

DEL ACUERDO DE PARÍS A LA EMERGENCIA CLIMÁTICA



CONSEJERÍA DE AGUA, AGRICULTURA,
GANADERÍA, PESCA Y MEDIO AMBIENTE

DIRECCIÓN GENERAL
DEL MEDIO NATURAL

CAMBIO CLIMÁTICO EN LA REGIÓN DE MURCIA

DEL ACUERDO DE PARÍS A
LA EMERGENCIA CLIMÁTICA
Trabajos del Observatorio
Regional del Cambio Climático

Realizado en Murcia,

© Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente

© De los textos: sus autores

ISBN: 978-84-09-26245-8

Déposito legal: MU 64-2021

Coordinador de la edición:

Francisco Victoria Jumilla

Jefe del Servicio de Fomento del Medio Ambiente y Cambio Climático

Coordinador del Observatorio Regional del Cambio Climático

Subdirección General de Patrimonio Natural y Cambio Climático

Dirección General del Medio Natural

Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente

Autores:

CAPÍTULO Nº 1

EL CAMBIO CLIMÁTICO, PRESENTE Y TENDENCIAS FUTURAS EN LA REGIÓN DE MURCIA.

J. E. Palenzuela Cruz, L. M. Bañón Peregrín, M. M.

Valcarcel Hernández, J. A. García Valero

Delegación Territorial de la Agencia Estatal de Meteorología en la Región de Murcia.

CAPÍTULO Nº 2

CAMBIO CLIMÁTICO Y RECURSOS HÍDRICOS.

EL ESTADO DE LA CUESTIÓN

Francisco Cabezas

Instituto Euromediterráneo del Agua

Departamento de Ecología e Hidrología de la Universidad de Murcia

CAPÍTULO Nº 3

EL SEGUIMIENTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS RESERVAS NATURALES

FLUVIALES

Jaime L. Fraile Jiménez de Muñana

Jefe de Servicio de Planificación Hidrológica.

Confederación Hidrográfica del Segura.

CAPÍTULO Nº 4

ESTUDIO DEL IMPACTO DE LAS INUNDACIONES EN LA SALUD

MEDIOAMBIENTAL INFANTO-JUVENIL EN EL MAR MENOR:

DISEÑO, PROTOCOLO

Y DATOS PRELIMINARES

Ortega García Juan Antonio (a), Pablo Párraga-

Avilés (a), Estefanía Aguilar Ros (a), Juan Jiménez-

Roset (b).

a Unidad de Salud Medioambiental Pediátrica, Departamento de Pediatría, Laboratory of

Environment

and Human Health, Institute of Biomedical Research

(IMIB-Arrixaca), Hospital Clínico Universitario

“Virgen de la Arrixaca”, Universidad de Murcia,

España.

b Unidad de Salud Mental del Mar Menor. Hospital

General Universitario “Los Arcos”, Pozo Aledo,

Murcia, España.

CAPÍTULO Nº 5

INCREMENTANDO LA RESILIENCIA AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LOS BOSQUES

COSTEROS: EL CASO DE LAS FORMACIONES MIXTAS

PINUS-TETRACLINIS.

J.M. Moya Pérez, M.A. Esteve Selma

Departamento de Ecología e Hidrología. Facultad de Biología. Universidad de Murcia.

CAPÍTULO Nº 6

RESPUESTA DE LAS FORMACIONES FORESTALES DE LA REGIÓN DE MURCIA A

LOS EVENTOS EXTREMOS DE SEQUÍA Y AL CAMBIO

CLIMÁTICO: ANTECEDENTES

Y ANÁLISIS DE LOS BOSQUES DE SIERRA ESPUÑA ANTE LA SEQUÍA 2013-2016.

M. A. Esteve Selma, M. F. Carreño Fructuoso,

Bárbara Selma Miralles, Juan Miguel Moya

Pérez

Departamento de Ecología e Hidrología. Universidad de Murcia.

CAPÍTULO Nº 7

OBSERVATORIO DE INNOVACIÓN AGROECOLÓGICA

FRENTE AL CAMBIO

CLIMÁTICO: RECUPERACIÓN DE FRUTALES

J.M. Egea Fernández1, D. González Martínez2, L.

Rodríguez Ortega1, J.M. Egea Sánchez1

(1) Departamento de Biología Vegetal (Botánica),

Facultad de Biología, Universidad de Murcia, Campus de Espinardo, 30100 Murcia.

(2) Oficina Comarcal Agraria Vega Media, Avd.

Gutiérrez Mellado no 17, 30500 Molina de Segura

CAPÍTULO Nº 8

CULTIVOS ADOPTABLES EN LA REGIÓN DE MURCIA

FRENTE AL CAMBIO

CLIMÁTICO: I. QUINOA

Lisbeth A. Miranda, J.M. Egea Sánchez, J.M. Egea

Fernández

Departamento de Biología Vegetal (Botánica), Facultad

de Biología, Universidad de Murcia, Campus de

Espinardo, 30100 Murcia.

CAPÍTULO N° 9

ESTUDIO DE LA TOLERANCIA A SALINIDAD Y SEQUÍA EN CULTIVOS PROMISORIOS (AMARANTO Y QUINOA).

Y. Estrada Fortes, M. B. Morales Pérez, F. B. Flores Pardo, M. C. Bolarín Jiménez1, I. Egea Sánchez.

Estrés abiótico, Producción y Calidad. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS – CSIC) (Murcia).

CAPÍTULO N° 10

CARACTERIZACIÓN DE VARIEDADES DE MORINGA, QUINOA Y AMARANTO DESTINADA A VALORAR FUTUROS USOS ALIMENTARIOS

G. Doménech Asensi, G. Ros Berruazo

Grupo de Investigación Nutrición y Bromatología (E098-02). Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia.

CAPÍTULO N° 11

ADAPTACIÓN BASADA EN ECOSISTEMAS, ABE: PROYECTO LIFE AMDRYC4, UN NUEVO PARADIGMA PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LA AGRICULTURA DE SECANO MEDITERRÁNEA.

María José Martínez Sánchez

Catedrática de Edafología y Química Agrícola, Coordinadora del Proyecto. Universidad de Murcia.

CAPÍTULO N° 12

LA DECLARACIÓN INSTITUCIONAL DE EMERGENCIA CLIMÁTICA Y LA APROBACIÓN DE LA PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA DE LA REGIÓN DE MURCIA

Francisco Victoria Jumilla

*Jefe del Servicio de Fomento del Medio Ambiente y Cambio Climático
Comunidad Autónoma de la Región de Murcia*

Manuel Martínez Balbi

*Técnico Responsable. Servicio de Fomento del Medio Ambiente y Cambio Climático
Comunidad Autónoma de la Región de Murcia*

CAPÍTULO N.º 13

INTEGRAR EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS PLANES Y PROYECTOS SOMETIDOS A EVALUACIÓN AMBIENTAL. EXPERIENCIA ADQUIRIDA. MÉTODOS Y

HERRAMIENTAS DESARROLLADOS

Francisco Victoria Jumilla

*Jefe del Servicio de Fomento del Medio Ambiente y Cambio Climático
Comunidad Autónoma de la Región de Murcia*

Manuel Martínez Balbi

*Técnico Responsable. Servicio de Fomento del Medio Ambiente y Cambio Climático
Comunidad Autónoma de la Región de Murcia*

CAPÍTULO N° 14

ACUERDOS VOLUNTARIOS PARA LA MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO. DIEZ ELEMENTOS BÁSICOS QUE CONSIDERAR **Francisco Victoria Jumilla**

*Jefe del Servicio de Fomento del Medio Ambiente y Cambio Climático
Comunidad Autónoma de la Región de Murcia*

Manuel Martínez Balbi

*Técnico Responsable. Servicio de Fomento del Medio Ambiente y Cambio Climático
Comunidad Autónoma de la Región de Murcia*

CAPÍTULO N° 15

LA INTEGRACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS PROCEDIMIENTOS DE CONCESIÓN DE LICENCIAS DE OBRAS Y DE ACTIVIDAD. DIEZ ELEMENTOS CLAVE PARA UNA ORDENANZA MUNICIPAL.

Francisco Victoria Jumilla

*Jefe del Servicio de Fomento del Medio Ambiente y Cambio Climático
Comunidad Autónoma de la Región de Murcia*

Manuel Martínez Balbi

*Técnico Responsable. Servicio de Fomento del Medio Ambiente y Cambio Climático
Comunidad Autónoma de la Región de Murcia*

CAPÍTULO N° 16

TRANSICIÓN HACÍA UNA ECONOMÍA NEUTRA EN CARBONO Y UNAS FINANZAS SOSTENIBLES

María Luisa Ballesta Gómez

*Socióloga del Cuerpo Superior Facultativo de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.
Responsable de asuntos de la UE en materia de medio ambiente.*

CAMBIO CLIMÁTICO EN LA REGIÓN DE MURCIA **DEL ACUERDO DE PARÍS A LA EMERGENCIA CLIMÁTICA**

Trabajos del Observatorio regional del Cambio Climático 2020

ÍNDICE

Presentación.....	9
Prólogo.....	11
Introducción.....	13
PRIMERA PARTE.	
SOBRE LAS TENDENCIAS OBSERVADAS EN EL CLIMA	17
CAPÍTULO N° 1.	
EL CAMBIO CLIMÁTICO, PRESENTE Y TENDENCIAS FUTURAS EN LA REGIÓN DE MURCIA.....	19
SEGUNDA PARTE.	
SOBRE LOS EFECTOS EN LOS RECURSOS HIDRICOS Y LAS CONSECUENCIAS DE LAS LLUVIAS TORRENCIALES.....	49
CAPÍTULO N° 2	
CAMBIO CLIMÁTICO Y RECURSOS HÍDRICOS. EL ESTADO DE LA CUESTIÓN	51
CAPÍTULO N° 3	
EL SEGUIMIENTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS RESERVAS NATURALES FLUVIALES	69
CAPÍTULO N° 4	
ESTUDIO DEL IMPACTO DE LAS INUNDACIONES EN LA SALUD MEDIOAMBIENTAL INFANTO-JUVENIL EN EL MAR MENOR: DISEÑO, PROTOCOLO Y DATOS PRELIMINARES.....	85
TERCERA PARTE.	
SOBRE LAS FORMACIONES FORESTALES, LA INNOVACIÓN AGROECOLOGICA Y LOS SUELOS Y LA AGRICULTURA DE SECANO	101
CAPÍTULO N° 5	
INCREMENTANDO LA RESILIENCIA AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LOS BOSQUES COSTEROS: EL CASO DE LAS FORMACIONES MIXTAS PINUS-TETRACLINIS.....	103
CAPÍTULO N° 6	
RESPUESTA DE LAS FORMACIONES FORESTALES DE LA REGIÓN DE MURCIA A LOS EVENTOS EXTREMOS DE SEQUÍA Y AL CAMBIO CLIMÁTICO: ANTECEDENTES Y ANÁLISIS DE LOS BOSQUES DE SIERRA ESPUÑA ANTE LA SEQUÍA 2013-2016.	111
CAPÍTULO N° 7	
OBSERVATORIO DE INNOVACIÓN AGROECOLÓGICA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO: RECUPERACIÓN DE FRUTALES	127
CAPÍTULO N° 8	
CULTIVOS ADOPTABLES EN LA REGIÓN DE MURCIA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO: I. QUINOA	139
CAPÍTULO N° 9	
ESTUDIO DE LA TOLERANCIA A SALINIDAD Y SEQUÍA EN CULTIVOS PROMISORIOS (AMARANTO Y QUINOA).....	149

CAPÍTULO Nº 10

CARACTERIZACIÓN DE VARIEDADES DE MORINGA, QUINOA Y AMARANTO DESTINADA A VALORAR FUTUROS USOS ALIMENTARIOS 165

CAPÍTULO Nº 11

ADAPTACIÓN BASADA EN ECOSISTEMAS, AbE: PROYECTO LIFE AMDRYC4, UN NUEVO PARADIGMA PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LA AGRICULTURA DE SECANO MEDITERRÁNEA. 177



CUARTA PARTE.

SOBRE LOS INSTRUMENTOS Y LAS POLITICAS 189

CAPÍTULO Nº 12

LA DECLARACIÓN INSTITUCIONAL DE EMERGENCIA CLIMATICA Y LA APROBACIÓN DE LA PLANIFICACIÓN ESTRATEGICA DE LA REGIÓN DE MURCIA..... 191

CAPÍTULO Nº 13

INTEGRAR EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS PLANES Y PROYECTOS SOMETIDOS A EVALUACIÓN AMBIENTAL. EXPERIENCIA ADQUIRIDA. MÉTODOS Y HERRAMIENTAS DESARROLLADOS 213

CAPÍTULO Nº 14

ACUERDOS VOLUNTARIOS PARA LA MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO. DIEZ ELEMENTOS BÁSICOS QUE CONSIDERAR 237

CAPÍTULO Nº 15

LA INTEGRACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS PROCEDIMIENTOS DE CONCESIÓN DE LICENCIAS DE OBRAS Y DE ACTIVIDAD. DIEZ ELEMENTOS CLAVE PARA UNA ORDENANZA MUNICIPAL. 249

CAPÍTULO Nº 16

TRANSICIÓN HACÍA UNA ECONOMÍA NEUTRA EN CARBONO Y UNAS FINANZAS SOSTENIBLES..... 285

ANEXOS

ANEXO 1
DECLARACIÓN INSTITUCIONAL DE EMERGENCIA CLIMÁTICA 305

ANEXO 2.
ESTRATEGIA DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO 307

ANEXO 3
GUÍA DE INCLUSIÓN DE LA MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS POLÍTICAS LOCALES 337

Prólogo

La Dirección General del Medio Natural es el centro directivo de la Administración Regional competente en materia de cambio climático. A nivel técnico, estas competencias se ejercen a través del Servicio de Fomento del Medio Ambiente y Cambio Climático, que a su vez coordina la comisión de expertos que constituye el Observatorio Regional del Cambio Climático.

Como es conocido, el cambio climático se genera como consecuencia de las emisiones de gases de efecto invernadero, con independencia de quien las produce. Las emisiones de un país, una vez dispersadas en la atmósfera, afectan a todo el planeta. Este carácter global convirtió en imprescindible la coordinación internacional, de la mano de Naciones Unidas a base de conferencias mundiales o conferencias de las partes (COP). En el año 2019, se celebró en Madrid la número 25 de estas reuniones o conferencias mundiales, de ahí el nombre de COP 25.

En el marco de la COP 25, hemos desarrollado numerosas actividades y el Presidente de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia presentó la Estrategia Regional de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático, dando así paso a su fase de información pública.

Transcurridas la fase de información pública la Estrategia Regional de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático, esta fue aprobada por Acuerdo de Consejo de Gobierno el 11 de junio de este año. El documento de partida fue elaborado por el Servicio de Fomento del Medio Ambiente y Cambio Climático. Durante 2018, se realizó una fase de consulta entre los departamentos del Gobierno Regional. Posteriormente, en la reunión del Observatorio Regional del Cambio Climático celebrada en junio de 2019, se informó y se tomó en consideración el documento resultante.

Desde la Dirección General del Medio Natural, queremos subrayar la importancia de la visión pluridisciplinar e interadministrativa que se produce desde el observatorio. El cambio climático es un asunto transversal que afecta a numerosas administraciones e instituciones. Por esta razón, en el caso de la Estrategia Regional y en el de otras iniciativas han sido muy importantes los debates y las aportaciones del Observatorio Regional del Cambio Climático.

Por último, siendo conscientes de la magnitud del esfuerzo que supone una publicación de estas características, quiero agradecer la dedicación y el esfuerzo personal a los autores y al servicio de Fomento del Medio Ambiente y Cambio Climático, que la ha coordinado.



Fulgencio Perona Paños

Director General del Medio Natural

Introducción

Desde el 11 de junio de 2020 la Administración Regional cuenta con una planificación estratégica en materia de cambio climático. Se trata de una hoja de ruta, en cuya formulación y debate intervino en varias ocasiones el Observatorio Regional del Cambio Climático¹.

La Estrategia Regional de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático se centra en el doble objetivo de reducir nuestras emisiones un 26% en 2030, en coherencia con las obligaciones impuestas por la Unión Europea a España, y de adaptar nuestra región a las nuevas condiciones que impone el cambio climático.

Sobre este segundo objetivo, de impulsar la adaptación y reducir nuestra vulnerabilidad como región, tratan las tres primeras partes en que se organiza este libro. La cuarta y última parte, dedicada a los instrumentos y las políticas, participa de los dos objetivos de la Estrategia y, especialmente, del objetivo de reducir nuestras emisiones un 26% en 2030.

La primera parte de este libro se centra en las tendencias observadas en el clima y se desarrolla por el equipo técnico de la Delegación Territorial de la Agencia Estatal de Meteorología en la Región de Murcia. La Delegación Territorial de la Agencia Estatal de Meteorología en la Región de Murcia y, en su representación, su director ha formado parte del Observatorio Regional del cambio Climático desde su creación en 2007. La Agencia Estatal de Meteorología como administración competente y especializada es el referente obligado para opinar sobre la situación actual del clima y los escenarios de clima futuro.

La segunda parte del libro está dedicada a uno de los grandes retos para la economía y la sociedad regional como es la disponibilidad de agua y la agresividad con el que se comportan las precipitaciones.

El efecto del cambio climático sobre los recursos hídricos naturales es una destacada preocupación desde la década pasada que llevo a la Administración del Estado a establecer a través del Reglamento de la Planificación Hidrológica y la Orden de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica, la obligación de considerar el cambio climático en la estimación de los recursos disponibles, a la hora de aprobar los Planes Hidrológicos de Cuenca.

También, un efecto destacable del cambio climático es la mayor agresividad de las precipitaciones y las consecuentes inundaciones.

En esta segunda parte, el capítulo 2 tiene por título "cambio climático y recursos hídricos. El estado de la cuestión" y su autor es Francisco Cabezas Calvo-Rubio, director del Instituto Euromediterráneo del Agua y miembro del Observatorio Regional del cambio Climático,

1 La Orden de 19 de febrero de 2007, de la extinta Consejería de Industria y Medio Ambiente, por la que se crea el Observatorio Regional del Cambio Climático establece entre sus objetivos actuar como órgano permanente de recogida y análisis de la información, promoviendo la investigación sobre los procesos de cambio y las medidas de adecuación y proponer, a partir de los datos recogidos, soluciones concretas.

es uno de los mayores expertos a nivel nacional en la gestión y evolución de los recursos hídricos.

También, el capítulo 3 está relacionado con el seguimiento de los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos en este caso sobre el estado ecológico de las aguas “el seguimiento del cambio climático en las reservas naturales fluviales”. Su autor Jaime L. Fraile Jiménez de Muñana es Jefe de Servicio de Planificación Hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Segura. Y es miembro del Observatorio Regional del cambio Climático en representación de este Organismo de Cuenca.

Como hemos comentado, uno de los efectos del cambio climático es el incremento en la frecuencia y en la torrencialidad de las precipitaciones con conocidos efectos en los últimos años y en especial en la zona costera del Mar Menor. El capítulo 4 de este libro lleva por título “Estudio del impacto de las inundaciones en la salud medioambiental infante-juvenil en el Mar Menor: diseño, protocolo y datos preliminares” En este capítulo el numeroso equipo de profesionales sanitarios coordinados por el doctor Juan Antonio Ortega García, que dirige la Unidad de Salud Medioambiental Pediátrica del Hospital Clínico Universitario “Virgen de la Arrixaca” y es miembro del Observatorio Regional del cambio Climático, analizan brillantemente el efecto que estos eventos climatológicos están teniendo sobre la salud.

La visión investigadora del Observatorio Regional desde la óptica de la Universidad se concentra en la tercera parte del libro orientada a las formaciones forestales, la innovación agroecológica y los suelos agrícolas y agricultura de secano.

En esta tercera parte, el profesor Miguel Ángel Esteve Selma, del Departamento de Ecología e Hidrología de la Facultad de Biología, coordina el equipo de investigadores que analizan la respuesta de las formaciones forestales de la Región de Murcia a los eventos extremos de sequía y al cambio climático. Por otra parte, José María Egea Fernández, catedrático del departamento de botánica encabeza los trabajos de innovación agroecológica para la adaptación al cambio climático. Por último, cerrando esta tercera parte, se encuentra el artículo centrado en la agricultura de secano y las potencialidades del suelo como sumidero de CO₂ de la catedrática de Edafología y Química Agrícola María José Martínez Sánchez que es también, como los dos anteriores, miembro del Observatorio Regional del cambio Climático. Todos ellos pertenecen a la Universidad de Murcia.

Por último, en la cuarta parte del libro, “los instrumentos y las políticas”, ocupan lugar destacado los recientes instrumentos de planificación e iniciativas aprobadas por la Comunidad Autónoma como la comentada Estrategia Regional de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático, pero también la declaración institucional de emergencia climática.

Es conocido que la suma actual de los compromisos de reducción presentados para el Acuerdo de París no es suficiente para garantizar que se cumplirá su principal objetivo de no rebasar a final de siglo la temperatura media mundial en 2 grados. Hacen falta compromisos de reducción de emisiones mucho más ambiciosos. Por esta razón, la Unión Europea ha adoptado el compromiso de alcanzar la neutralidad climática en 2050. Este

compromiso está siendo concretado como futura obligación legal para los estados miembros en la llamada Ley europea del clima presentada por la Comisión Europea en marzo de 2020.

Por esta razón, desde 2019 numerosos Estados han aumentado su ambición climática y se han comprometido a ser neutros en carbono en 2050, entre ellos España. Para lograrlo, nuestro país tiene que reducir una de cada tres toneladas de CO₂ en la próxima década. La declaración de emergencia climática de la Región de Murcia aprobada por acuerdo de consejo de gobierno el 4 de junio de 2020 adquiere también, el compromiso de ser neutros en carbono en 2050.

La declaración de emergencia climática de la Región de Murcia recoge, junto al de neutralidad climática a 2050, un segundo compromiso de *“reivindicar ante las instancias nacionales y europeas la necesidad de que en la asignación de fondos europeos se contemple la vulnerabilidad de las regiones ante el cambio climático.”*

El potencial de una región para hacer frente a estos impactos es su capacidad de adaptación. Esta depende de la fuerza de su economía y de las estructuras para responder con investigación y desarrollo a los nuevos retos.

Frente a las regiones del Norte, las regiones del Mediterráneo, y en general el sur de Europa, destacan por su baja capacidad de adaptación. Esta diferencia será un importante motor de desigualdades. El cambio climático incrementará la tradicional brecha entre el Norte y el Sur.

Con independencia de su vulnerabilidad ante el cambio climático, la economía regional se enfrenta a otro gran reto, la creciente exigencia en la reducción de emisiones. Como hemos señalado la lucha contra el cambio climático y la implantación de una economía baja en carbono es hoy para la Unión Europea uno de sus mayores desafíos y un gran reto para la Región que debe preparar la transición a esa nueva economía de forma ecoeficiente, es decir de la forma más rentable económica y ambientalmente posible.

La Región de Murcia aporta unas emisiones anuales de unos 10 millones de toneladas, de las que el 50 % proviene de 21 grandes instalaciones industriales, entre las que destaca la refinería de petróleo y varias centrales de producción eléctrica.

Para cumplir con los compromisos europeos, la Administración Regional es la encargada de aplicar una estricta normativa europea a esas 21 instalaciones industriales, a las que se les asignan derechos de emisión cada vez más reducidos. En los últimos años los derechos asignados solo cubren el 50% de las emisiones que realmente se realizan, lo que les supone una factura anual de más de 40 millones de euros en la adquisición de derechos de emisión. Se aplica así el principio de quien contamina paga.

Al resto de la economía corresponde el otro 50% de las emisiones y sin embargo no se les están exigiendo compromisos de reducción. Estos son los llamados sectores difusos, como el transporte, la industria, la agricultura y ganadería, la construcción y edificación, los servicios. Para conseguir impulsar la reducción de emisiones en estos sectores, la Estrategia, dedica la línea número 2, titulada *“impulsar acuerdos ambientales (acuerdos*

voluntarios) para la adaptación y mitigación” propone utilizar la figura del acuerdo ambiental para fomentar la asunción voluntaria de compromisos de reducción de emisiones. Señala que “mediante estos Acuerdos Ambientales, las organizaciones que se adhieren se comprometen a estimar sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de directa responsabilidad, es decir el denominado alcance 1 de su huella de carbono, y establecer medidas para reducirlas en un 26% de aquí al año 2030 y compensar aquellas que no pueden ser reducidas”.

En relación con este gran reto de la economía baja en carbono hay que mencionar también que, en España, la Ley 21/2013 obliga a tener en cuenta los efectos del cambio climático en el procedimiento de evaluación ambiental. Gracias a la aplicación de esta Ley en la región, cada año, 100 grandes proyectos de nuevas industrias, infraestructuras y planes de urbanismo son autorizados con la obligación de que compensen sus emisiones, en coherencia con las obligaciones establecidas por la Unión Europea a España, así como con la obligación de incluir medidas de adaptación, como evitar el sellado del suelo y luchar contra su impermeabilización.

También se analiza en esta última parte del libro algunos instrumentos técnicos a través de los cuales se puede integrar el cambio climático en las licencias municipales de obras y de actividad. Este objetivo lo introduce la Estrategia, en su línea de actuación 5. *“Aprovechar la obligación legal del “edificio de consumo de energía casi nulo para incorporar, a través de las licencias de obras, medidas de mitigación y adaptación”.*

Entre los sectores de nuestra economía no obligados al comercio de derechos de emisión, se encuentran las obras y actividades que se realizan gracias a la aprobación de los planes urbanísticos de competencias municipal y las licencias de obras y de actividad, que conceden los ayuntamientos. Intervenir en una fase tan temprana, como es la fase de proyecto, debe permitir una integración eficiente de las medidas necesarias y evitar de esta forma que siga creciendo nuestro déficit en mitigación y adaptación con cada proyecto que se autoriza.

Por último, cierra el libro el capítulo “Transición hacia una economía neutra en carbono y unas finanzas sostenibles”; excelente trabajo de nuestra compañera María Luisa Ballesta Gómez, socióloga del Cuerpo Superior Facultativo de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia y responsable de asuntos de la Unión Europea en materia de medio ambiente.

Francisco Victoria Jumilla

Jefe del Servicio de Fomento del Medio Ambiente y Cambio Climático y Coordinador del Observatorio Regional de Cambio Climático

PRIMERA PARTE.

SOBRE LAS TENDENCIAS OBSERVADAS EN EL CLIMA

CAPÍTULO N° 1

EL CAMBIO CLIMÁTICO, PRESENTE Y TENDENCIAS FUTURAS EN LA REGIÓN DE MURCIA.

J. E. Palenzuela Cruz, L. M. Bañón Peregrín, M. M. Valcarcel Hernández, J. A. García Valero

Delegación Territorial de la Agencia Estatal de Meteorología en la Región de Murcia.

1. ¿QUÉ ES EL CAMBIO CLIMÁTICO?

1.1. CONCEPTOS BÁSICOS

La Organización Meteorológica Mundial, OMM, define el clima como la medida del estado medio y la variabilidad de variables como la temperatura, viento o la precipitación, sobre un periodo de tiempo que va desde meses a miles o millones de años, y que caracterizan una región geográfica. El periodo normal es de 30 años.

El término clima se define en un sentido más amplio que solo la atmósfera, y se refiere a los 5 componentes del sistema climático: atmósfera, hidrosfera, criosfera, superficie terrestre y biosfera.

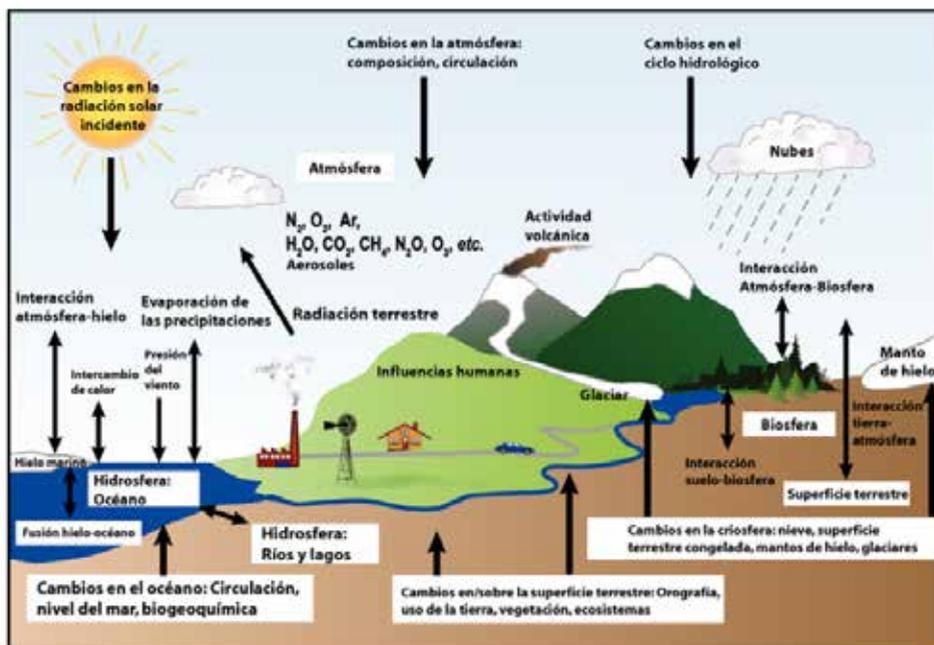


Figura N° 1. Componentes del sistema climático y sus interacciones. AR4 IPCC

El clima está sujeto a variabilidad tanto por su dinámica interna como por forzamientos externos: erupciones volcánicas, radiación solar (parámetros orbitales), composición atmosférica (gases y aerosoles que forman parte de la atmósfera), cambio en las características del suelo (albedo, rugosidad, evaporación), y actividad humana (composición de la atmósfera y cambios en usos suelo, etc.).

El artículo primero de UNFCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*) define cambio climático: "cambio en el clima atribuible directa o indirectamente a las actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima.

UNFCC distingue entre:

- Variabilidad natural del clima: cambios debidos a causas naturales, procesos internos o factores externos como factores astronómicos, solares, volcánicos, etc.
- Cambio climático por causas "antropogénicas": cambios en composición atmosférica, usos de suelo

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático de Naciones Unidas (IPCC) define cambio climático como la variación estadísticamente significativa del Sistema Climático en su estado medio y/o en su variabilidad, persistente por un largo periodo de tiempo (décadas o superior).

El efecto invernadero es un fenómeno atmosférico natural que permite retener parte de la energía proveniente del Sol al ser absorbida por algunos gases y el vapor de agua en la atmósfera. Los principales gases de efecto invernadero son el CO₂, NH₄ y N₂O.

El 30% de la radiación solar es devuelta al espacio (albedo), el resto es absorbida por atmósfera (23%) y superficie terrestre (47%).

La Tierra emite radiación infrarroja (RI) hacia el espacio. La presencia de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera que absorben RI hace que la temperatura en la superficie sea 33 °C mayor de lo que sería en ausencia de GEI (15 °C en lugar de -18 °C).

Las concentraciones atmosféricas de los gases de efecto invernadero dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) se han incrementado desde 1750 debido a las actividades humanas. En 2018, las concentraciones medias globales de estos gases eran 407.8 ppm, 1869 ppb y 331.1 ppb, y excedían el nivel preindustrial en un 47%, 159% y 23%, respectivamente (Boletín OMM GEI, 2019). Son los niveles más altos de GEI de los últimos 800.000 años (IPCC WGI 2013).

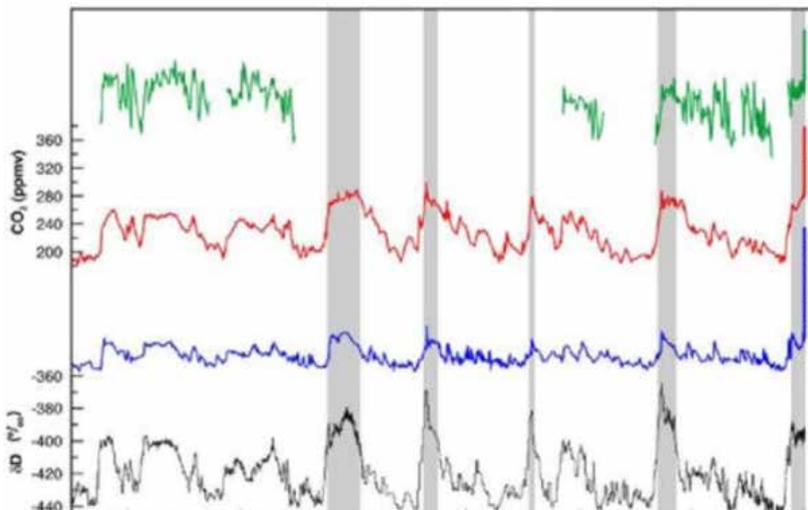


Figura N° 2. Reconstrucción de la concentración de distintos elementos químicos de la atmósfera relacionados con la temperatura durante los últimos 700.000 años, a partir de testigos de hielo (datos proxy) y observaciones recientes. Fuente IPCC 2013

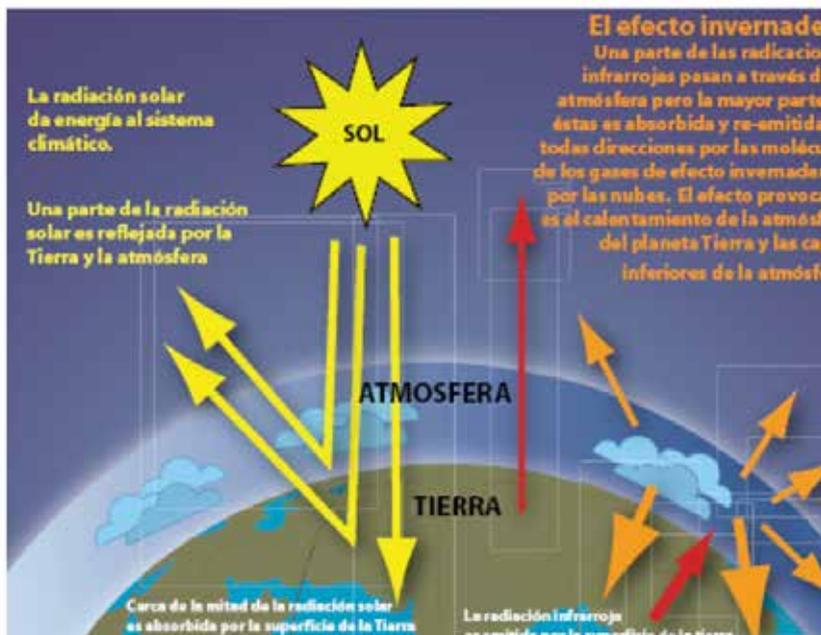


Figura N° 3. En situación de equilibrio el sistema Tierra-atmósfera devolvería al espacio la misma cantidad de energía, sin embargo la presencia en aumento de los GEI hace que esa energía devuelta sea algo inferior a la recibida del Sol, lo que implica un aumento de temperatura.

1.2. EL IPCC.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) es el principal órgano internacional encargado de evaluar el cambio climático. Se creó en 1988 a iniciativa del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM), para ofrecer al mundo una visión científica clara del estado actual de los conocimientos sobre el cambio climático y sus posibles repercusiones medioambientales y socioeconómicas.

En el mismo año, la Asamblea General de las Naciones Unidas hizo suya la decisión de la OMM y del PNUMA de crear conjuntamente el IPCC.

El IPCC es:

- Un órgano científico (miles de científicos de todo el mundo aportan contribuciones a la labor del IPCC, en calidad de autores, autores contribuyentes y revisores)
- Es un órgano intergubernamental (195 países).

En 2014, el IPCC finalizó el Quinto Informe de Evaluación, preparado por los tres Grupos de Trabajo. El Sexto Informe está previsto para 2022.

2. ¿QUÉ ESTAMOS OBSERVANDO?

Un aumento muy importante en la concentración de gases de efecto invernadero.

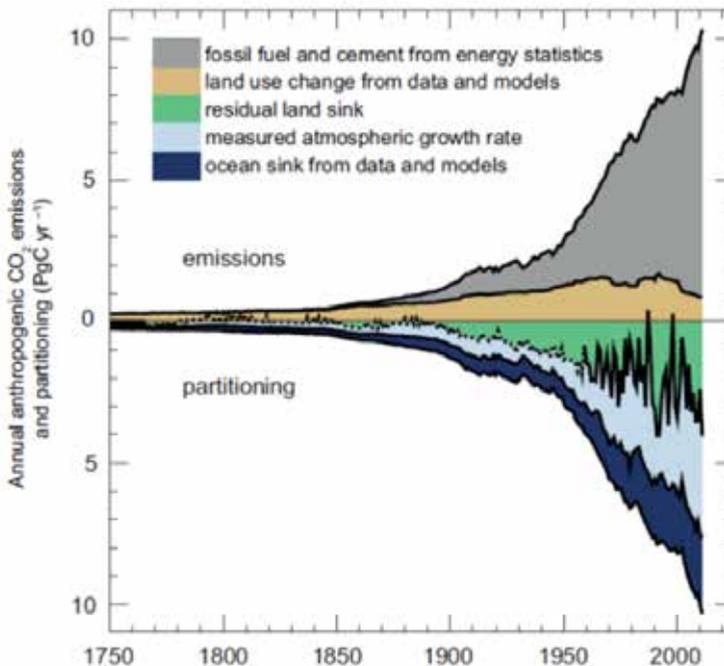


Figura N° 4. Emisiones anuales de CO₂ antropogénicas y fraccionamiento. IPCC AR5 WGI 2013

Aproximadamente la mitad de del CO₂ emitido permanece en la atmósfera a largo plazo (siglos) y la otra mitad es adsorbida por el océano y la biosfera.

Los análisis preliminares de un subconjunto de estaciones de monitorización de GEI indican que las concentraciones de CO₂ han alcanzado, o incluso excedido, 410 ppm a finales de 2019.

El CH₄ se destruye en la atmósfera, siendo su vida media de unos 9 años. Si se mantiene constante la emisión durante 9-10 años, la concentración atmosférica se estabilizará.

El 40% de las emisiones de CH₄ son de origen natural (humedales, termitas) y el 60% de origen antropogénico (rumiantes, combustibles fósiles, quema de biomasa, vertederos, arrozales).

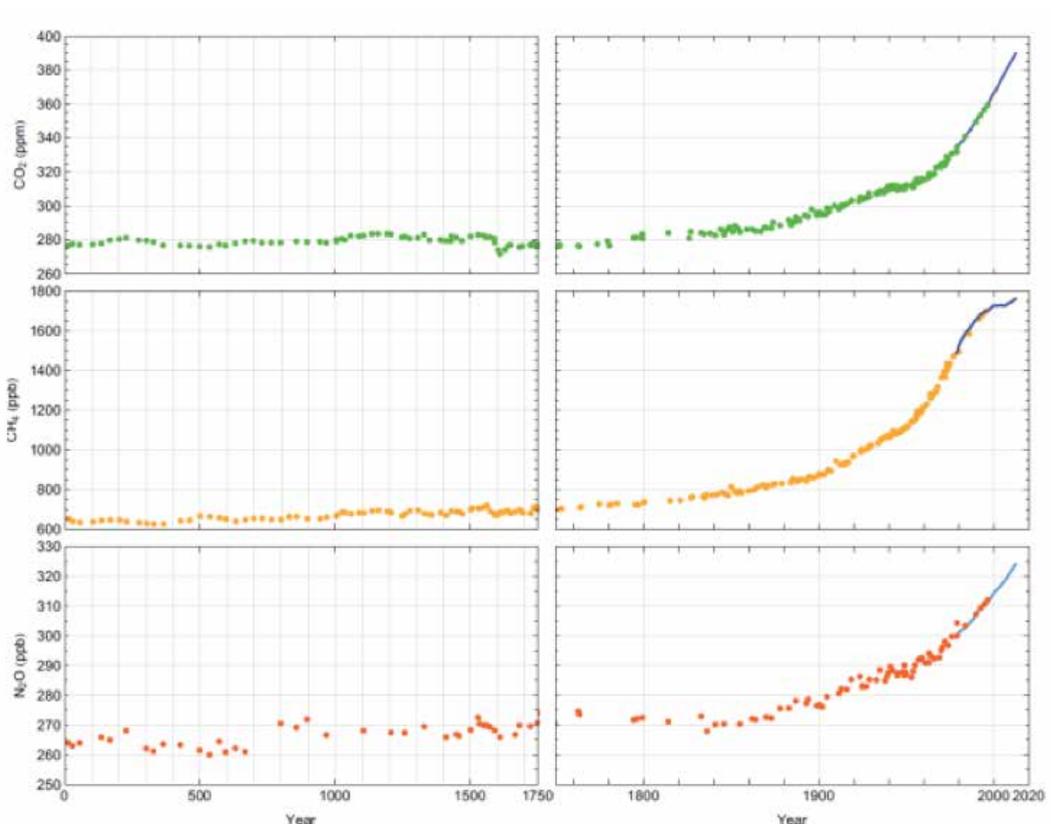


Figura N° 5. Concentraciones históricas de CO₂, CH₄ y N₂O atmosféricos durante la era industrial (derecha) y del año 0 al 1750 (izquierda), obtenidos del aire contenido en el interior de testigos de hielo y en nieve menos compacta (firn air) (símbolo de colores) y de medidas atmosféricas directas (línea azul), medidas en el observatorio Cape Grim. MacFarling-Meure et al. 2006.

El N_2O presenta una vida media aproximada en la atmósfera de 130 años, destruyéndose en la estratosfera por fotólisis, contribuyendo a la destrucción del ozono estratosférico.

El 40% de las emisiones son antropogénicas: agricultura (fertilizantes), combustión de combustibles fósiles y procesos industriales, quema de biomasa y biofuel, etc. El 60% de las emisiones son naturales: suelos bajo vegetación natural y océanos.

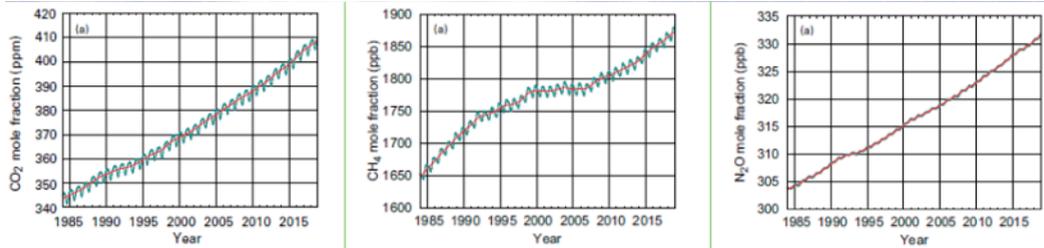


Figura N° 6. Evolución desde 1985 de la fracción molar de CO_2 (a la izquierda y en ppm), de CH_4 (centro) y N_2O (izquierda). Boletín OMM GEI 2019

El impacto de las emisiones de un gas de efecto invernadero en el incremento de dicho efecto dependerá de los siguientes factores:

- De la eficiencia radiativa de dicho gas (capacidad de absorber radiación infrarroja por molécula; por ejemplo, el CH_4 es mucho más eficiente por molécula que el CO_2).
- De las emisiones de dicho gas a la atmósfera (cantidad de dicho gas emitido a la atmósfera cada año).
- Del tiempo de vida medio de dicho gas en la atmósfera (la vida media será menor cuanto más intensos sean los procesos que destruyen o absorben dicho gas; por ejemplo, la vida media del CH_4 es mucho menor que la del CO_2).
- Del tiempo de respuesta del sistema climático. Por ejemplo, el tiempo de respuesta de la capa de mezcla del océano es de 8.4 años, mientras que el tiempo de respuesta del océano profundo es de 409.5 años. El tiempo de respuesta se refiere al tiempo que tarda en absorber el 63% de la energía que debe absorber, excedente.

El forzamiento del sistema climático respecto al nivel preindustrial debido al aumento de las concentraciones atmosféricas de GEI y de otros componentes, se mide en términos del Forzamiento Radiativo (FR: flujo neto radiativo hacia abajo en la tropopausa si todo lo que hay bajo ella está en el estado preindustrial, incluido vapor de H_2O , salvo las concentraciones de los forzadores)

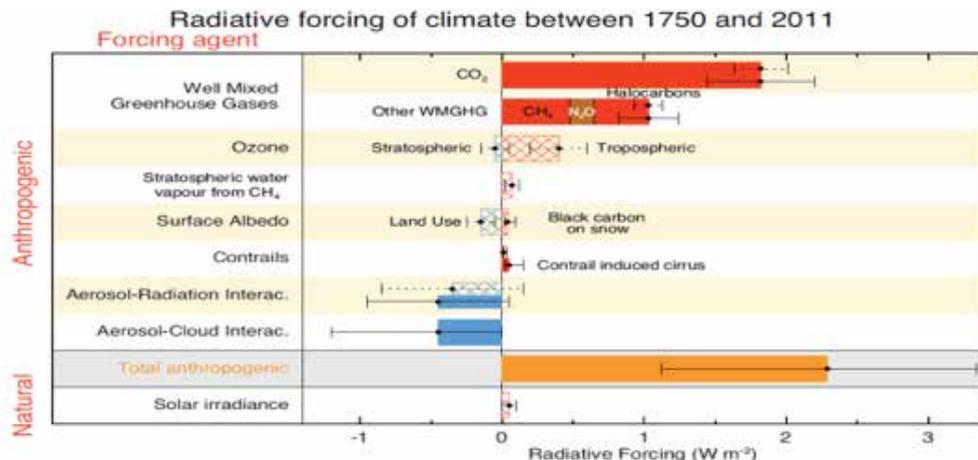


Figura N° 7. Gráfico de barras para el forzamiento radiativo de los diferentes forzadores entre 1750 y 2011. IPCC AR5. WGI 2013

La influencia humana en el clima ha sido la causa dominante (> 95%) de más del 50% del aumento observado en la temperatura en el periodo 1951-2010 (IPCC AR5. WGI 2013).

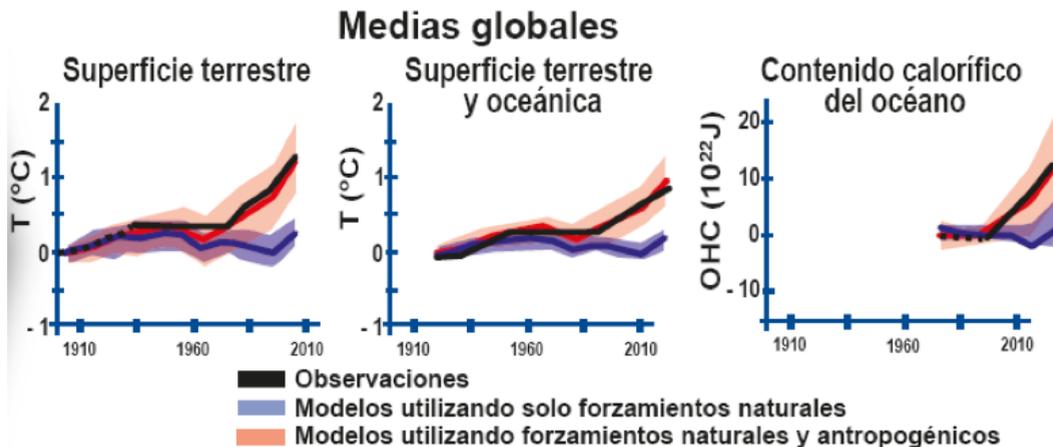


Figura N° 8. Comparación de las temperaturas medias globales en simulaciones realizadas para el siglo XX con modelos climáticos que incluyen solo forzamientos naturales y modelos que incluyen todos los forzamientos (naturales y antropogénicos).

3. LA INERCIA DEL SISTEMA CLIMÁTICO. ¿ES REVERSIBLE?

Los desequilibrios en el flujo de energía cuantificados por el forzamiento radiativo presentan retroalimentaciones en diferentes elementos del sistema climático, que pueden incrementar o frenar los efectos de dichos desequilibrios. Algunas retroalimentaciones son:

- Vapor de agua: Retroalimentación positiva, es un gas de efecto invernadero, el que más contribuye al efecto invernadero, su presencia no viene determinada por las emisiones, si no por las condiciones meteorológicas.
- Cubertura de hielo marino ártico/cobertura nivosa: Retroalimentación positiva, si aumenta la temperatura se derrite más hielo, lo que hace que disminuya el albedo, absorbe más radiación y aumenta la temperatura.
- Emisión de CH₄ y CO₂ atrapado en el permafrost: Al aumentar la temperatura se puede liberar (se estima casi el doble de carbono en el permafrost que en la atmósfera).
- Hidratos de metano: Presentes en el fondo marino a lo largo de los márgenes de los continentes, el calentamiento de los océanos puede desestabilizar el hidrato y la emisión de metano al océano que en su mayor parte llegaría a la atmósfera en forma de CO₂

Si consideramos los tiempos de respuesta del sistema climático y la vida media de los GEI, para los siglos posteriores las proyecciones en los diferentes escenarios no son optimistas. Existe una irreversibilidad del calentamiento a escala temporal humana

Muchos efectos del cambio climático persistirán durante siglos, incluso si las emisiones se detuviesen. El cambio climático está comprometido por las emisiones pasadas, presentes y futuras. Es decir, gran parte del incremento asociado a las concentraciones actuales de GEI aún está por llegar.

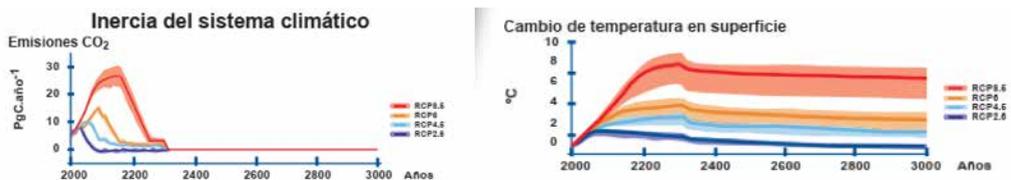


Figura N° 9. Inercia del sistema climático. Supuestos de emisiones de CO₂ ante diferentes escenarios (izquierda) frente a los incrementos térmicos asociados (derecha).

4. EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO (GLOBALES, ESPAÑA Y REGIÓN DE MURCIA)

4.1. GLOBAL

Temperatura

Según la declaración de la OMM sobre el estado del clima en 2019, la temperatura media mundial ha sido $1,1 \pm 0,1$ °C superior a los niveles preindustriales (1850-1900). El año 2019 muy probablemente sea el 2º más cálido en los registros, detrás del año 2016 que se caracterizó por un fuerte episodio de El Niño.

Los periodos 2015-19 y 2000-19 son el lustro y década más cálidos desde 1850.

Desde 1980, cada década sucesiva ha sido más cálida que las precedentes desde 1850.

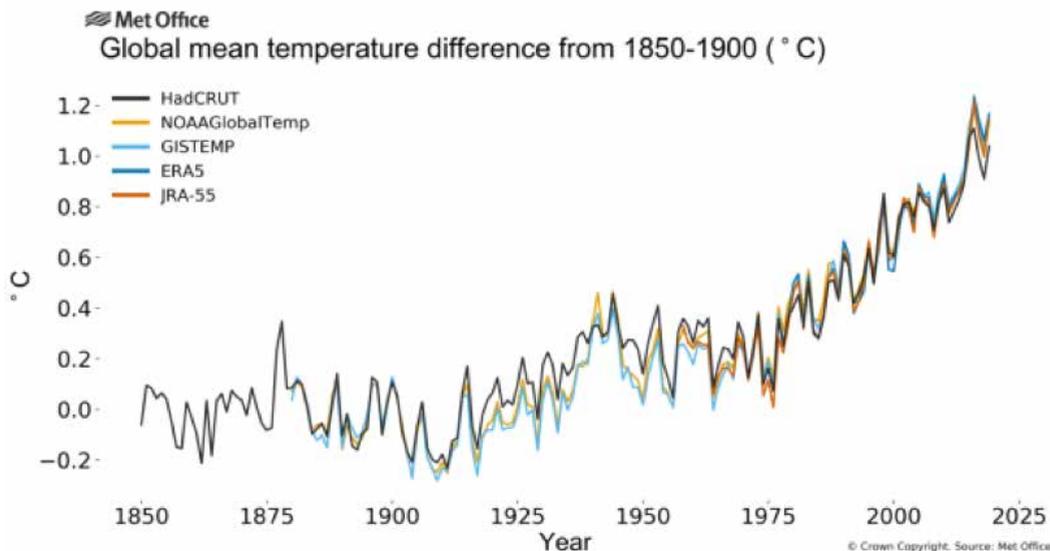


Figura N° 10. Diferencia de temperatura media anual global respecto de las condiciones preindustriales (1850-1900, en °C). Los dos reanalysis (ERA5 y JRA55) están alineados con las medidas in-situ (HadCRUT, NOAAGlobalTemp y GISTEMP) en el período 1981-2010. WMO Statement of the State of the Climate 2019 (2019)

Oceano (Aumento del nivel del mar se está incrementando)

El nivel del mar continúa ascendiendo a un ritmo acelerado. La elevación total del nivel medio global del mar desde 1993 (febrero) ha alcanzado los 90 mm, con una tasa media de aumento de $3,24 \pm 0.3 \text{ mm yr}^{-1}$ que se ha incrementado en los últimos años.

La tasa observada de aumento del nivel medio global del mar se ha incrementado desde $3,04 \text{ mm year}^{-1}$ durante la década 1997–2006 a $4,36 \text{ mm yr}^{-1}$ en la década 2007–2016

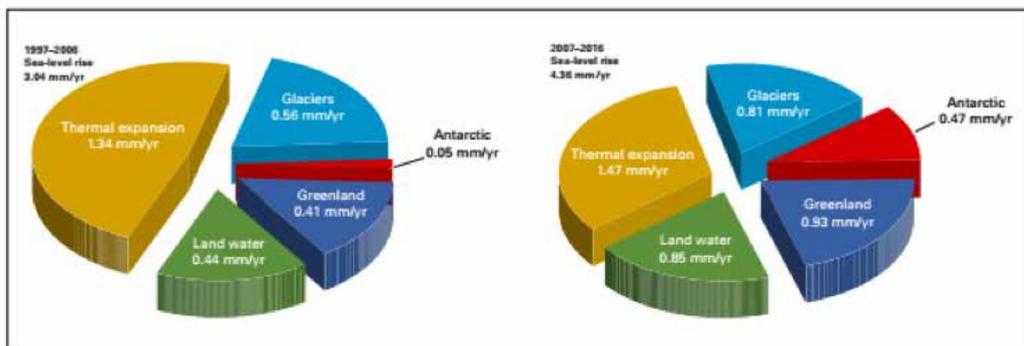


Figura N° 11. Contribuciones de los diferentes componentes a la tasa de elevación del nivel medio global del mar durante los periodos 1997-2006 (izda) y 2007-2016 (dcha). Global Climate 2015-2019 (WMO, 2019)

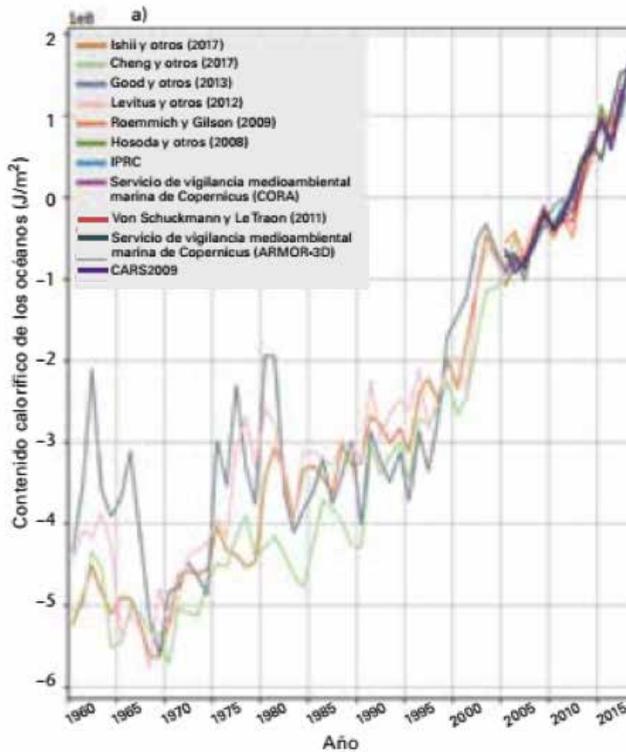


Figura N° 12. Contenido calorífico medio de los océanos en la superficie casi mundial (60° S-60° N) durante el período 1960-2018, obtenido a partir de los diferentes productos de temperatura subsuperficial. WMO Statement of the State of the Climate 2019 (2019)

Más calor atrapado en el océano, los océanos absorben más del 90% del exceso de energía que se acumula en el sistema climático.

Acidificación. Los océanos absorben alrededor del 30% de las emisiones de CO₂ a la atmósfera, atenuando los efectos del cambio climático. Sin embargo, el CO₂ reacciona con el agua cambiando la acidez de los océanos (disminución de su pH) afectando a la formación de conchas y de material óseo de algunos seres vivos marinos.

Criosfera. Disminución de la extensión del hielo marino, pérdida de masa de los glaciares, disminución de la cobertura de nieve en primavera, etc.

4.2. ESPAÑA

Temperatura. Aumento de la temperatura especialmente intenso durante la última década.

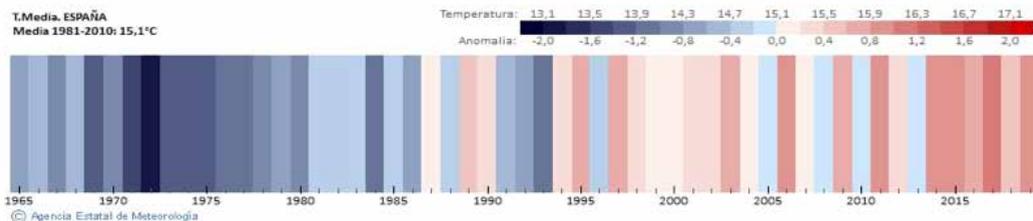


Figura N° 13. Gráfico de Hawkins: anomalía de la temperatura media anual en España desde 1965 (periodo de referencia 1981-2010).

Variabilidad anual de la temperatura media estacional, **tendencia al ascenso de la temperatura** especialmente intenso durante la última década, más apreciable en primavera y sobre todo en verano.

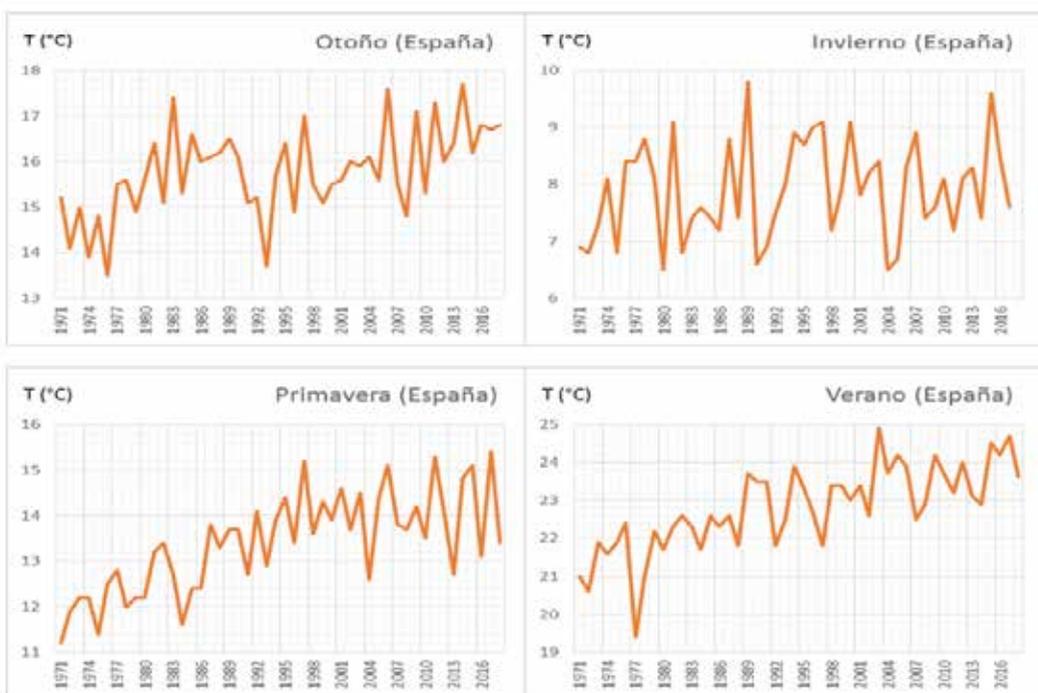


Figura N° 14. Evolución de las temperaturas medias estacionales en España.

Avance de los climas semiáridos. A partir de la clasificación climática de Köppen para tres periodos de referencia distintos (1961-1990, 1971-2000 y 1981-2010) se observa que los climas semiáridos han aumentado un 6% en España (30.000 km²).

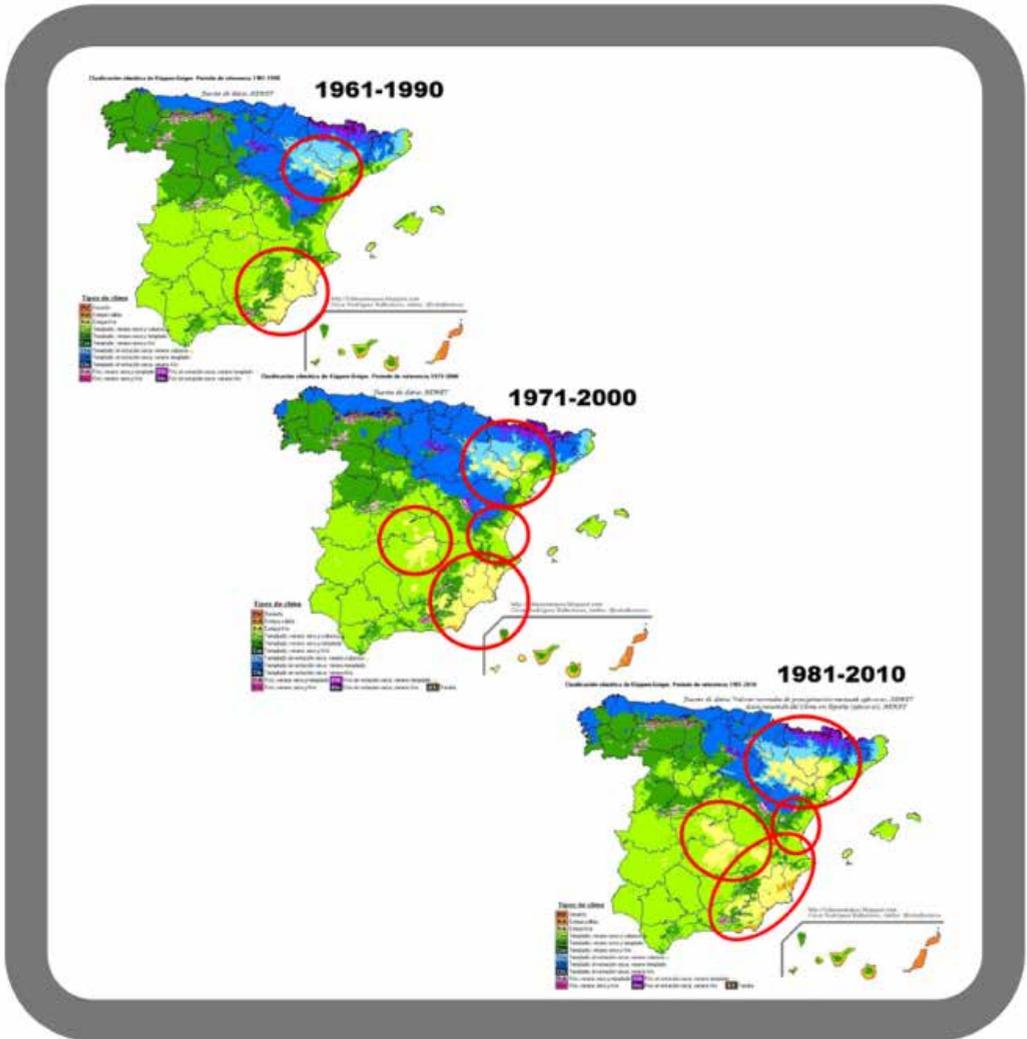


Figura N° 15. Clasificación climática Köppen durante distintos períodos de referencia.

Aumento del número de olas de calor y de su duración. Ola de calor: un episodio de al menos tres días consecutivos, en que como mínimo el 10% de las estaciones consideradas registran máximas por encima del percentil del 95% de su serie de temperaturas máximas diarias de los meses de julio y agosto del periodo 1971-2000.

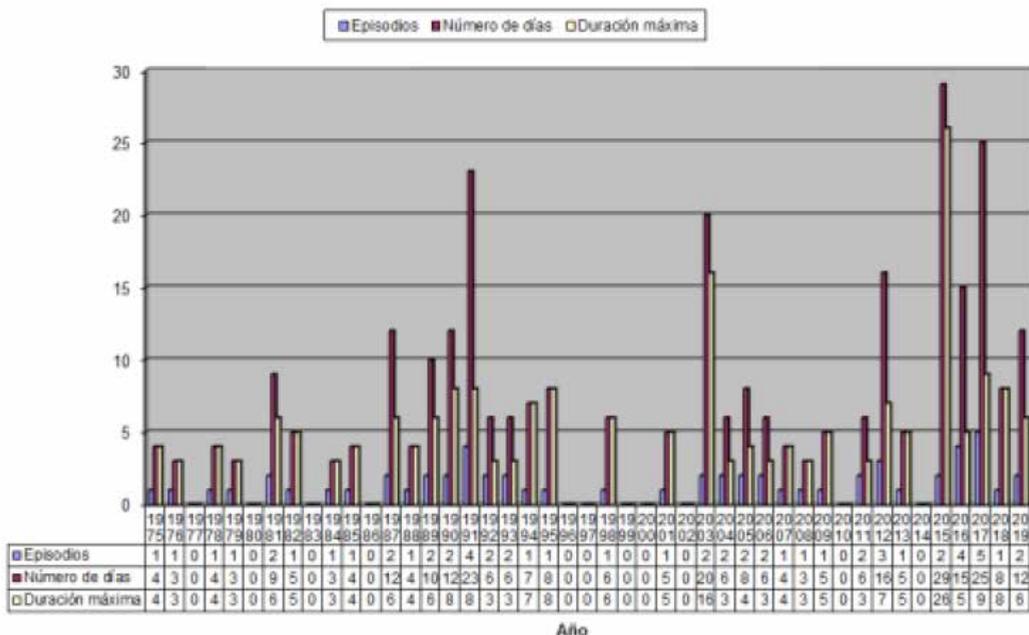


Figura N° 16. Episodios de ola de calor, número de días con ola de calor durante El verano y duración de La ola de calor más larga de cada verano, desde 1975.

Fenómenos meteorológicos extremos. Más frecuentes e intensos.

La frecuencia de paso de masas de aire que dan lugar a temperaturas anormalmente altas en junio es casi 10 veces superior en las dos primeras décadas del siglo XXI que en las dos últimas del siglo XX.

La frecuencia de paso de masas de aire extremadamente cálidas que dan lugar a efemérides de temperaturas y olas de calor en junio es más de 10 veces superior en las dos primeras décadas del siglo XXI que en las dos últimas del siglo XX

La diferencia de temperatura media de las masas de aire que en verano sobrevuelan el territorio de la Península, Baleares y Ciudades Autónomas entre la segunda década del siglo XXI y la de los ochenta del siglo XX, es 1.3 °C

Como ejemplo, cabe destacar el episodio de ola de calor del 26 de junio al 1 de julio de 2019. La masa de aire que afectó al norte y centro de la Península y otras zonas de Europa occidental ha sido la más cálida para un mes de junio y en algunos para todo el verano, al menos desde 1979.

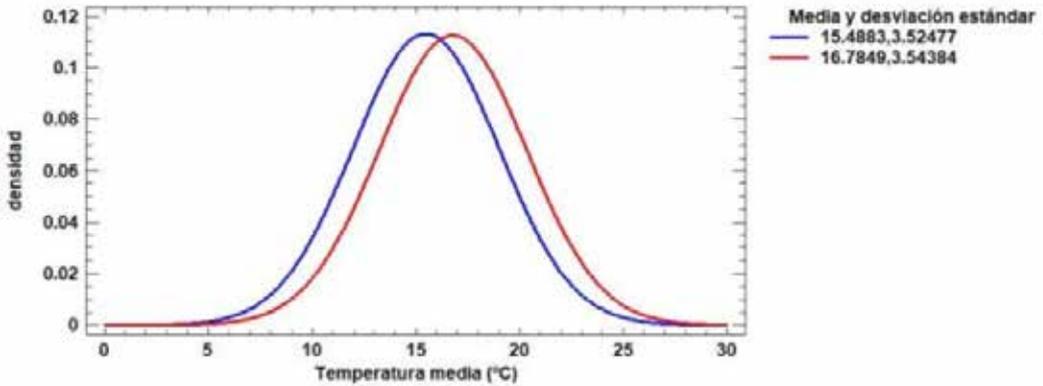


Figura N° 17. Temperatura media en 850 hPa en verano en España (Península y Baleares). Años ochenta del siglo XX (azul) y años diez del siglo XXI (rojo). Análisis completo J.A. Núñez (AEMET) en Blog de AEMET (<https://aemetblog.es/2019/07/02/analisis-de-la-ola-de-calor-de-junio-de-2019-en-un-contexto-de-crisis-climatica/>)

Tendencia al aumento de la precipitación máxima acumulada en 24 horas en la región mediterránea.

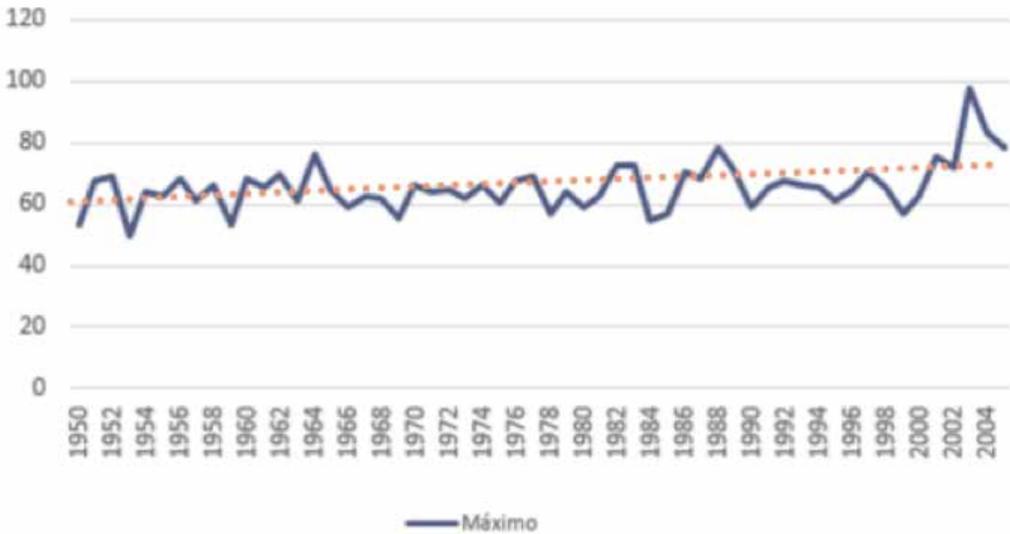


Figura N.º 18. Tendencia a acumulaciones de precipitación en 24 horas cada vez más elevadas en el área mediterránea. Este resultado da cuenta de un aumento de la torrencialidad en esa zona.

Temperatura del agua del Mediterráneo. La temperatura superficial del Mediterráneo aumenta a razón de 0.34 °C por década desde principios de los años 80. Datos de evolución diaria de la temperatura superficial del Mediterráneo desde 1982 hasta 2019.

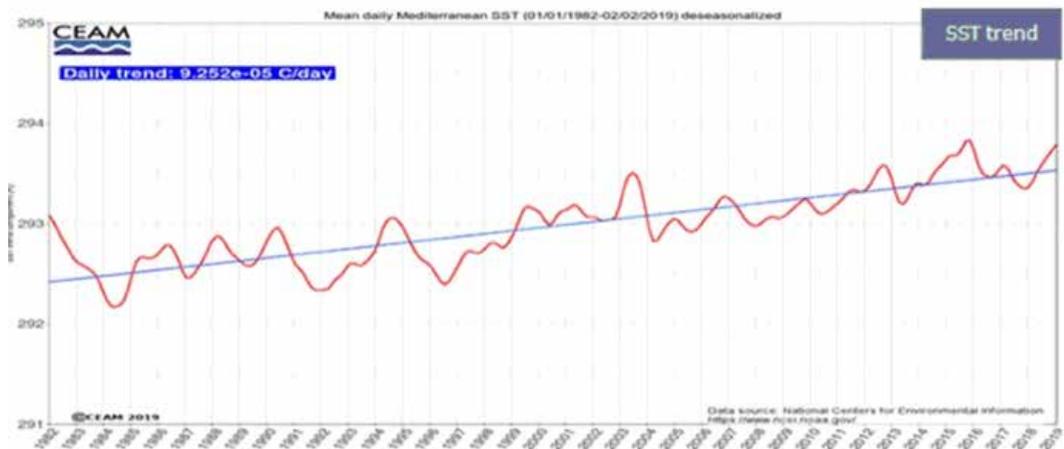


Figura N° 19. Temperatura media diaria de la superficie del Mediterráneo desestacionalizada entre 1/1/1981 y el 2/2/2019. Fuente: Centro de Estudios del Mediterráneo (CEAM)

4.3. REGIÓN DE MURCIA

Temperatura. Aumento de la temperatura especialmente intenso durante la última década.

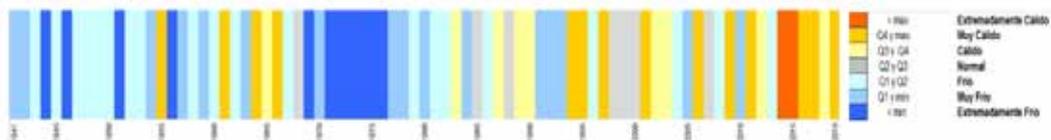


Figura N° 20. Diagrama de barras (variante del diagrama de Hawkins) que muestra que en la Región de Murcia en la última década de los últimos 79 años todos los años, excepto dos, han sido cálidos, o muy cálidos o extremadamente cálidos (periodo de referencia 1981-2010).

En el observatorio de Murcia, con datos desde 1984, nueve de los últimos diez años han sido cálidos, muy cálidos o extremadamente cálidos.

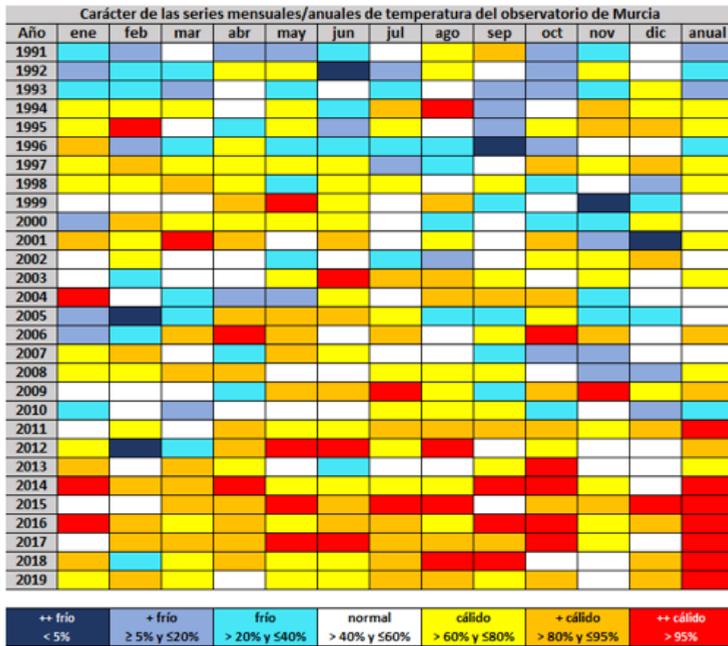


Figura N° 21. Caracteres térmicos mensuales y anuales en el observatorio de Murcia.

Para el caso de la temperatura media anual en el conjunto de la Región se puede considerar, de forma aproximada, un aumento de 0.11 ° C por década desde 1941

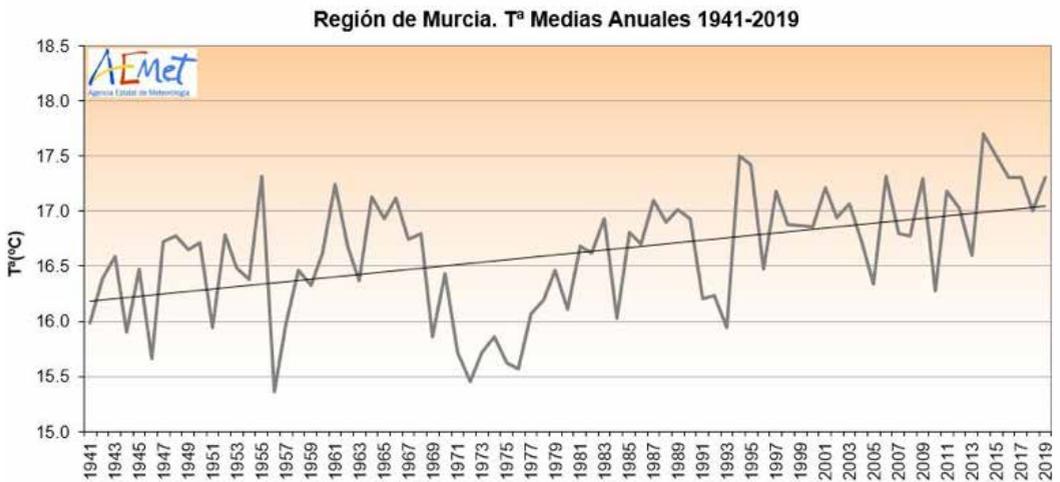


Figura N° 22. Evolución de la temperatura media anual en la Región de Murcia.

Para el caso de la temperatura media anual de máximas y mínimas en el conjunto de la Región, el ascenso observado es más importante para las mínimas, con un aumento de casi 0.15 ° C por década desde 1941.

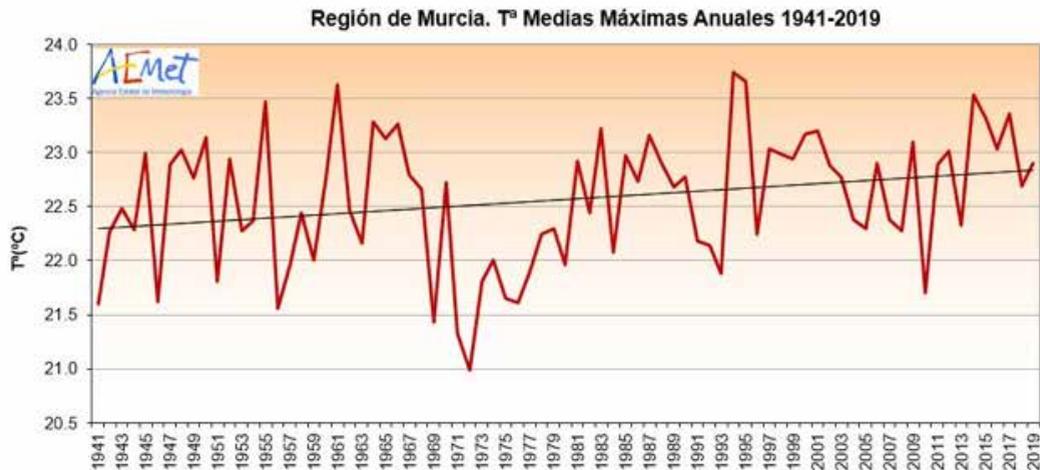


Figura N° 23 y 24. Evolución de la media anual de las temperaturas máximas (arriba) y mínimas (abajo) en la Región de Murcia.

Variabilidad anual de la temperatura media estacional, **tendencia al ascenso de la temperatura** más apreciable para el invierno y verano +0.15 y 0.13 ° C respectivamente.

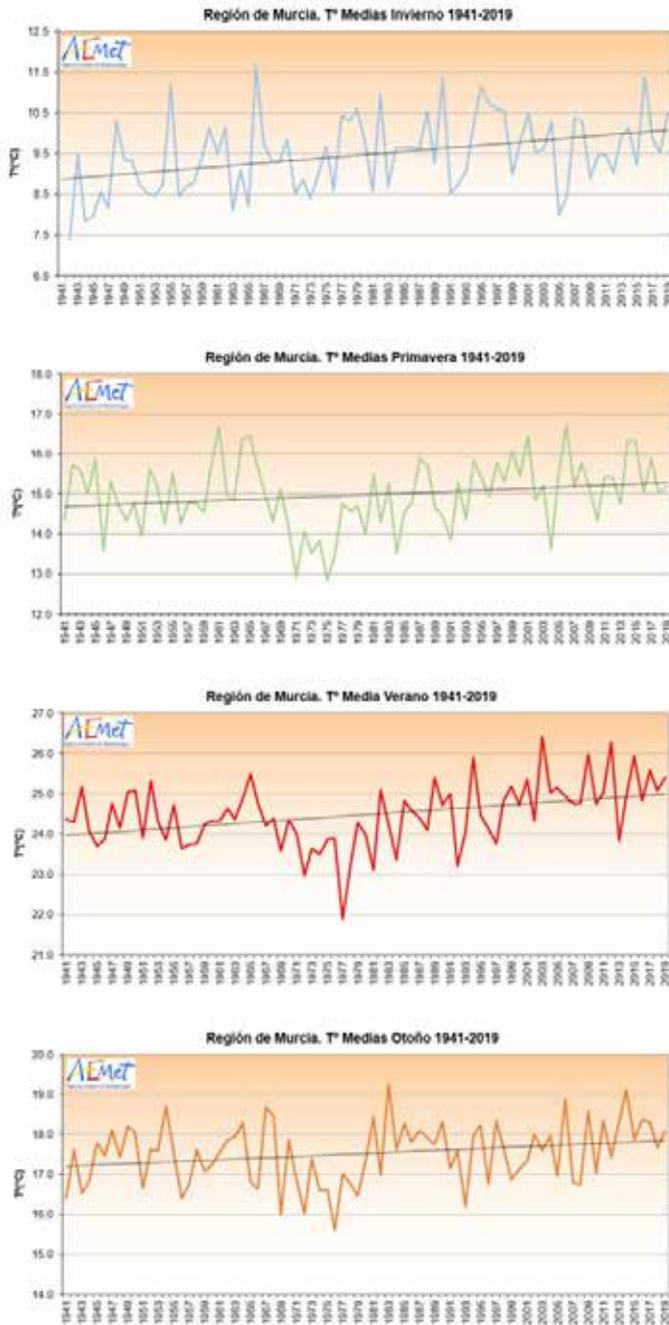


Figura N° 25, 26, 27 y 28. Evolución de la media estacional de las temperaturas medias en la Región de Murcia

Incremento en el número de noches tropicales (noches en las que la temperatura no baja de los 20 ° C).

Resultados para los observatorios de Alcantarilla (1942-2018) y San Javier (1945-2018), donde se ha pasado aproximadamente de 20 a 60 noches tropicales para Alcantarilla y de menos de 50 a más de 80 para San Javier.



Figura N° 29 y 30. Resultados para los observatorios de Alcantarilla (1942-2018) y San Javier (1945-2018), donde se ha pasado aproximadamente de 20 a 60 noches tropicales para Alcantarilla y de menos de 50 a más de 80 para San Javier.

¿Son más largos los veranos? Se viene observando en las últimas décadas que el verano climatológico comienza antes y finaliza después. Tras determinar unas temperaturas umbrales (inicio y fin de verano) para una serie de observatorios principales, se puede concluir para el caso del Observatorio Meteorológico de San Javier que los veranos son alrededor de 35-40 días más largos en la actualidad que a comienzos de la década de los años 70 del siglo XX

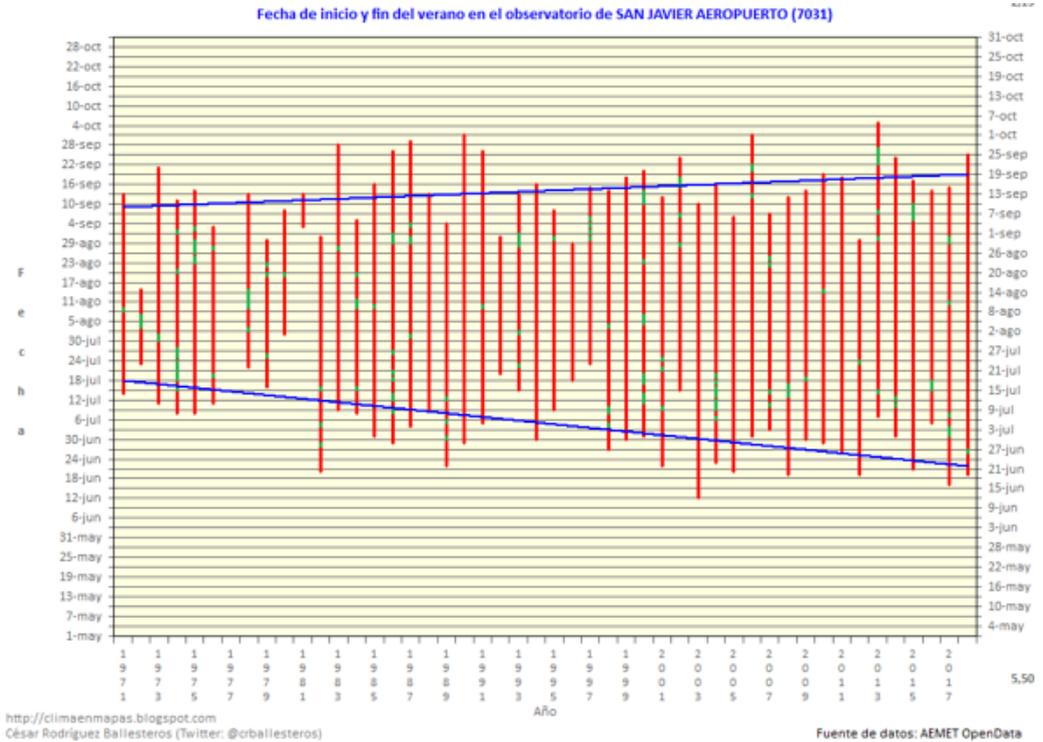


Figura N° 31. Evolución de las fechas de inicio y fin del verano en el observatorio de San Javier, Murcia. Fuente: <https://climaenmapas.blogspot.com/p/durverano.html>. C. Rodríguez

Disminución del número de días de heladas: Se viene observando en las últimas décadas que durante el invierno (DEF), el número de días en los que se observa el fenómeno de las heladas (en cualquiera de sus categorías: débiles, fuertes) está disminuyendo de forma significativa (casi unos 2 días menos de helada cada 10 años)

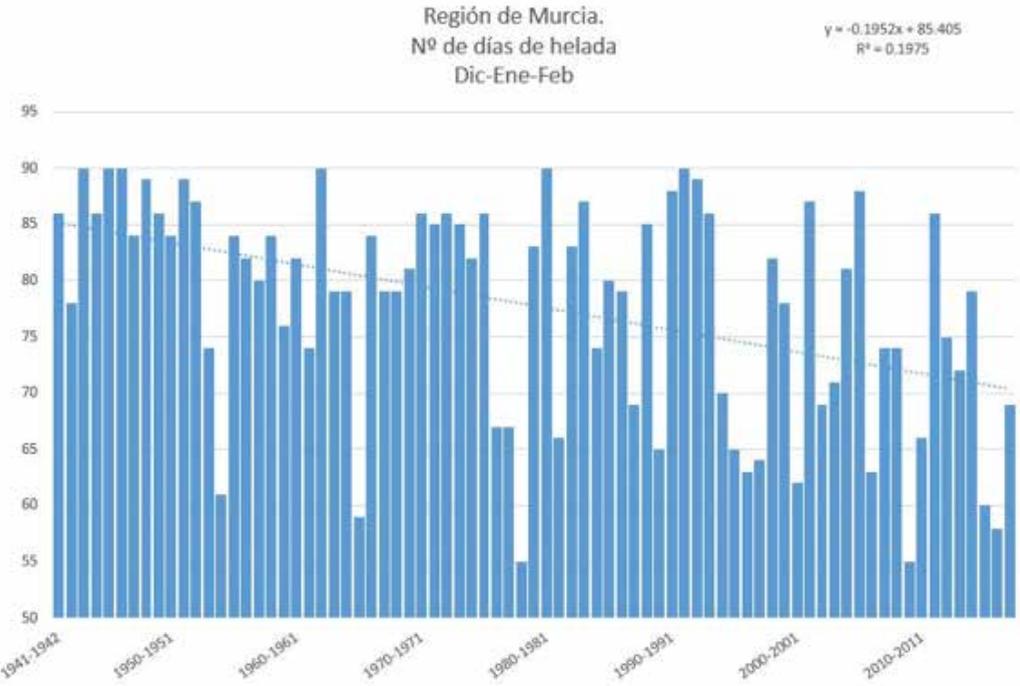
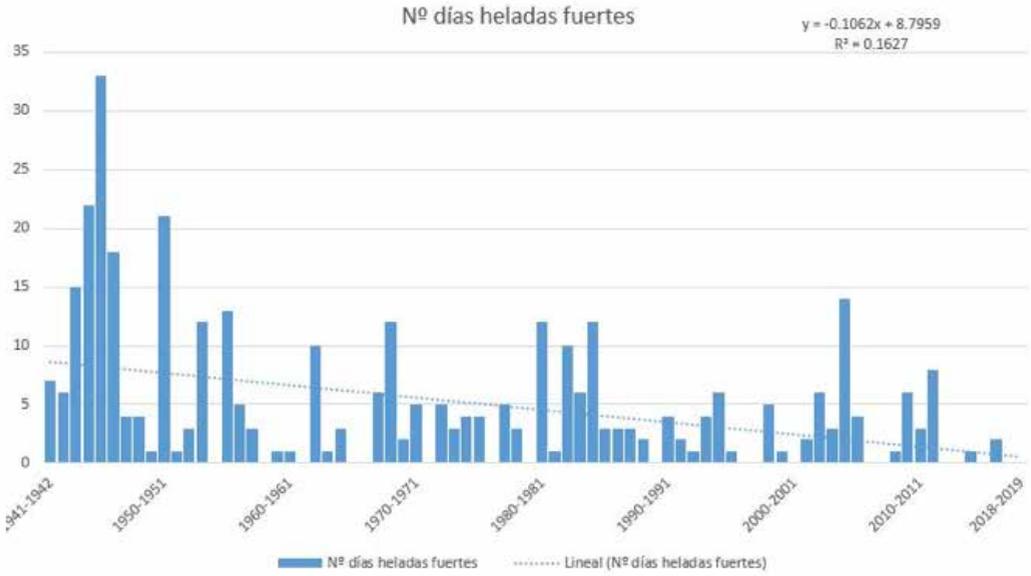


Figura Nº 32 y 33. Evolución del número de días de heladas fuertes (arriba) y todas (abajo) en el trimestre diciembre a febrero.

Disminución del número de días con precipitaciones en forma de nieve: En la estación de Cañada de la Cruz en Moratalla (1271 m.), se viene observando este hidrometeoro desde comienzo de la década de los años 70 del siglo pasado. Dichos datos ponen de manifiesto que la disminución del número de días con este tipo de precipitación ha sido significativa, aproximadamente 1 día menos cada 5 años.

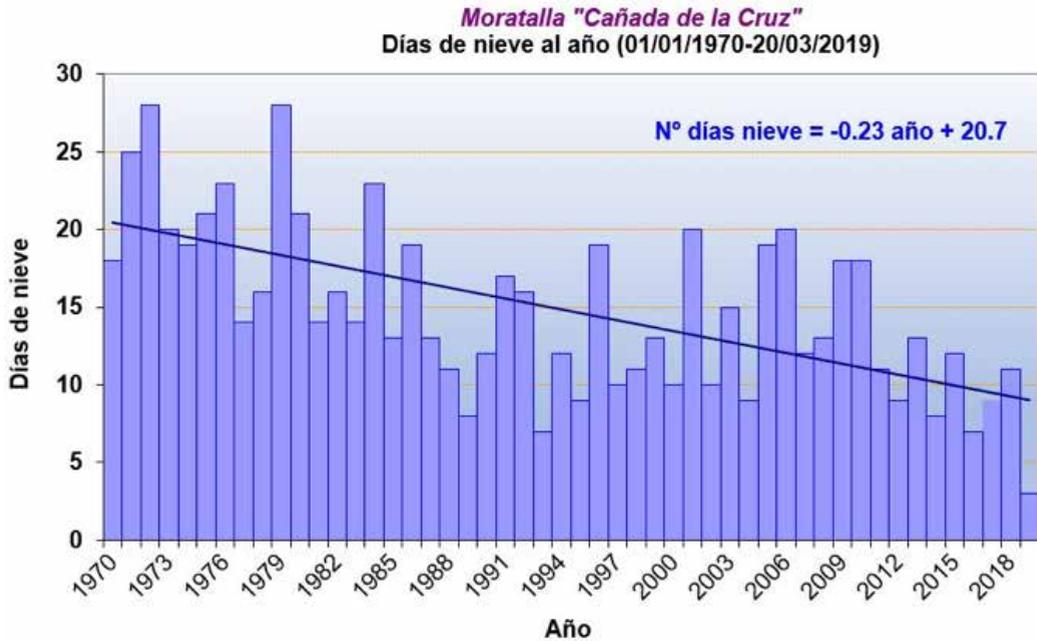


Figura N° 34. Evolución del número de días de nieve al año en la estación de Cañada de la Cruz, en Moratalla, Murcia.

Mantenimiento de los récords cálidos de temperatura máxima diaria. El número de récord de temperatura máxima diaria en el Observatorio de Alcantarilla (1950-2019), en un clima estable habría disminuido con el paso de los años, tanto en sus valores altos (récords cálidos) como en sus valores bajos (récords fríos) tendiendo a valores muy próximos a cero. Sin embargo, se observa una estabilización del número de récords cálidos, lo que pone de manifiesto la tendencia a un clima más cálido.

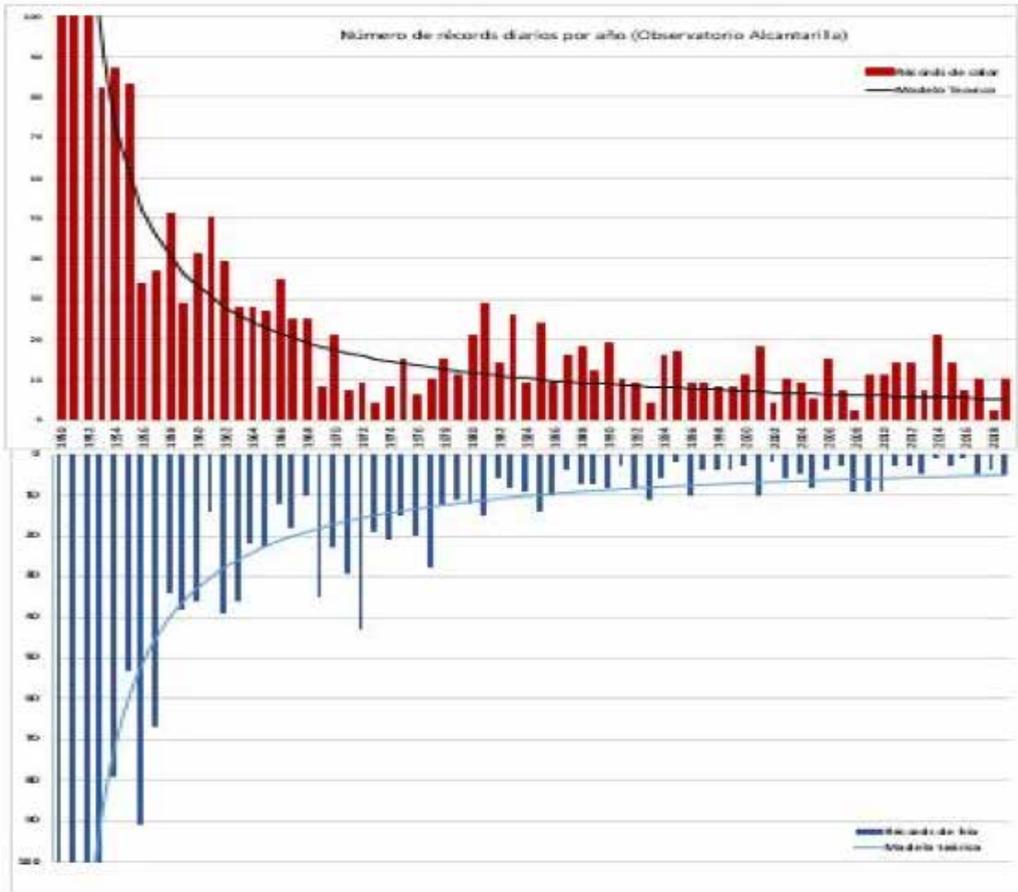


Figura N° 35. Evolución de los récords de temperatura máxima diaria más alta y más baja en el Observatorio de Alcantarilla en los últimos 80 años.

Incremento en el agua total contenida en la atmósfera sobre Murcia: A partir de datos calculados de reanálisis de modelos (Copernicus), se ha obtenido el agua total contenida en la atmósfera sobre Murcia, observándose una tendencia clara al aumento en las últimas décadas.

Figura N° 36. Evolución del agua total en la columna. Media móvil de 12 meses a partir de reanálisis del modelo ECMWF.

Precipitación (Evolución interanual) La precipitación sobre la Región de Murcia, como Región Mediterránea, presenta una enorme variabilidad interanual, sin embargo no se observan tendencias estadísticamente significativas en la cantidad sobre el conjunto de la Región de Murcia.

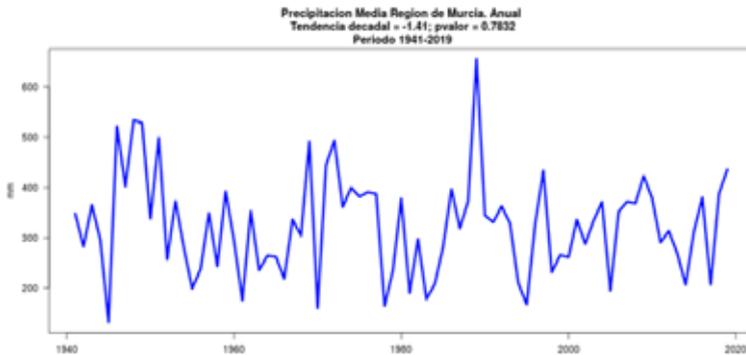
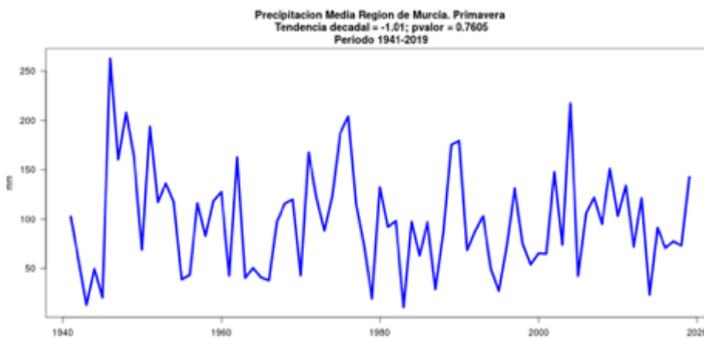
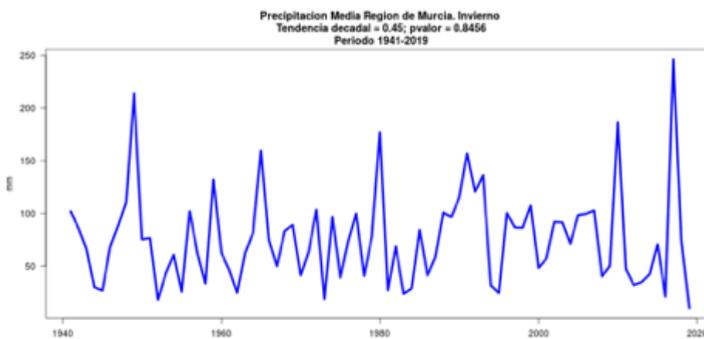


Figura N° 37. Evolución de la precipitación media anual en la Región de Murcia (mm).

Evolución interanual. La precipitación estacional sobre la Región de Murcia también presenta una gran variabilidad interanual. No se aprecian tendencias estadísticamente significativas, salvo en verano (tendencia muy pequeña de aproximadamente 3 mm/década menos).



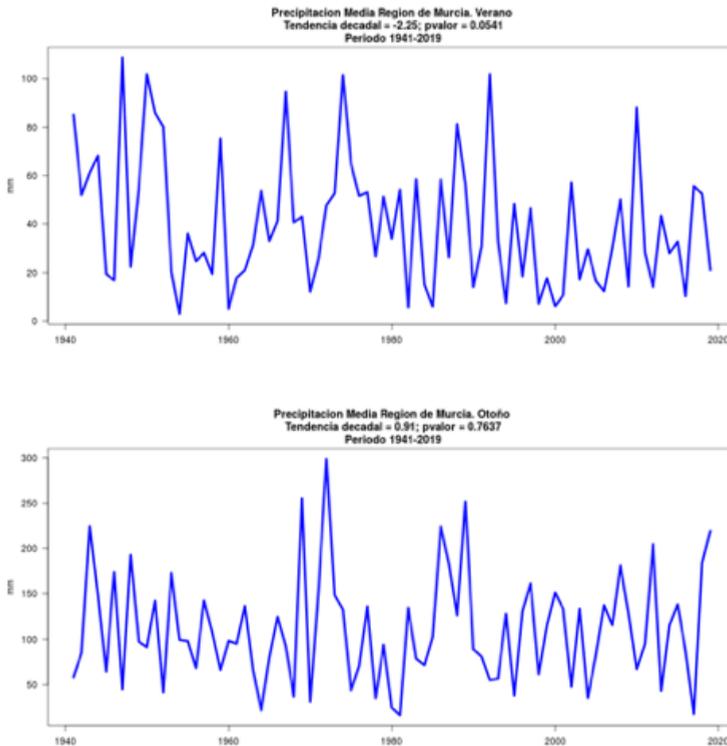


Figura N° 38, 39, 40 y 41. Evolución de la precipitación media estacional en la Región de Murcia.

Fenómenos extremos: precipitaciones intensas cada vez más frecuentes. Si se analiza la precipitación diaria desde 1951 hasta 2019 (septiembre) en la Cuenca Hidrográfica del Segura, se puede observar que los episodios de precipitaciones torrenciales son cada vez más frecuentes, especialmente en los últimos 30 años.

La metodología seguida ha consistido en:

1. Base de datos reticular (5x5 km) con precipitación diaria. Se ha obtenido a partir de las observaciones mediante interpolación óptima (utilizada en los análisis de modelos numéricos disponible en http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio_climat/datos_diarios?w=2)
2. Seleccionar los puntos de rejilla correspondientes al ámbito geográfico de la Cuenca Hidrográfica del Segura
3. Obtener los valores medios diarios de precipitación para toda la cuenca
4. Analizar la serie temporal resultante, obteniendo diversos parámetros como frecuencias de superación de umbrales (número de días con pcp superior a un valor), etc.

El número de días en que se superan ciertos umbrales de precipitación media diaria en la Cuenca del Segura se muestra a continuación:



Figura N° 42. Evolución del número de días con precipitación media diaria en la Cuenca del Segura superior a 30 mm.

Número de días al año en los que la precipitación media en la Cuenca del Segura ha sido superior a 30 mm

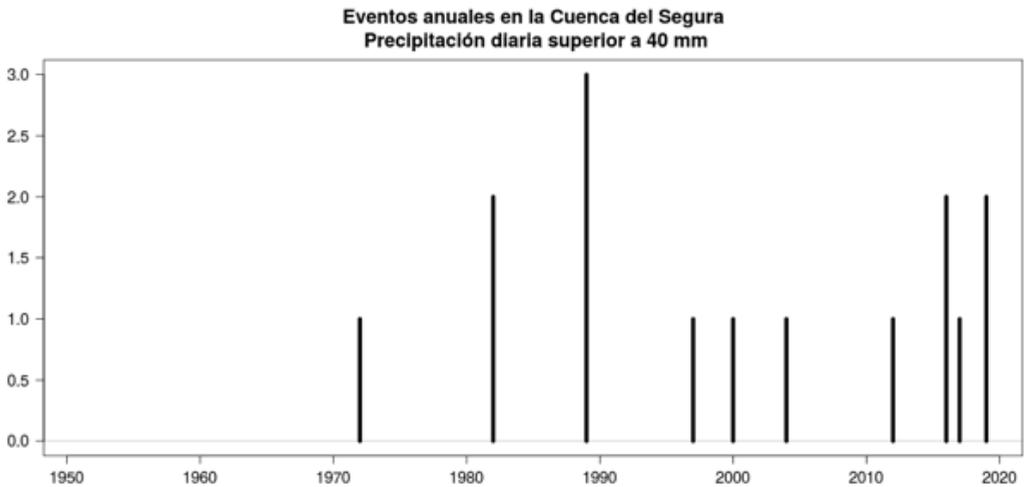


Figura N° 43. Evolución del número de días con precipitación media diaria en la Cuenca del Segura superior a 40 mm.

Número de días al año en los que la precipitación media en la Cuenca del Segura ha sido superior a 40 mm



Figura N° 44. Evolución del número de días con precipitación media diaria en la Cuenca del Segura superior a 50 mm.

Número de días al año en los que la precipitación media en la Cuenca del Segura ha sido superior a 50 mm

5. ¿CUALES SON LAS PROYECCIONES DEL CLIMA FUTURO EN LA REGIÓN DE MURCIA?

Las proyecciones regionalizadas de cambio climático se obtienen a partir de las proyecciones calculadas con modelos climáticos globales a las que se aplican técnicas de regionalización para obtener resultados a menor escala, necesarios para el análisis de los posibles impactos.

Las técnicas de regionalización se agrupan en dos grandes grupos: estadísticas y dinámicas. Las técnicas estadísticas relacionan los datos a gran escala de los modelos climáticos globales con datos climáticos a escala local o regional. Sin embargo, las técnicas dinámicas anidan modelos climáticos regionales en modelos climáticos globales.

Actualmente la regionalización estadística utiliza los métodos de análogos y regresión lineal múltiple, mientras que la regionalización dinámica utiliza los resultados del Proyecto Cordex (http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio_climat/result_graficos)

Los modelos climáticos tienen que tener en cuenta la evolución futura de las emisiones de gases de efecto invernadero y aerosoles, para ello se generan los escenarios de emisiones futuras (RCP, definidas por el FR asociado a sus emisiones)

Temperaturas máximas

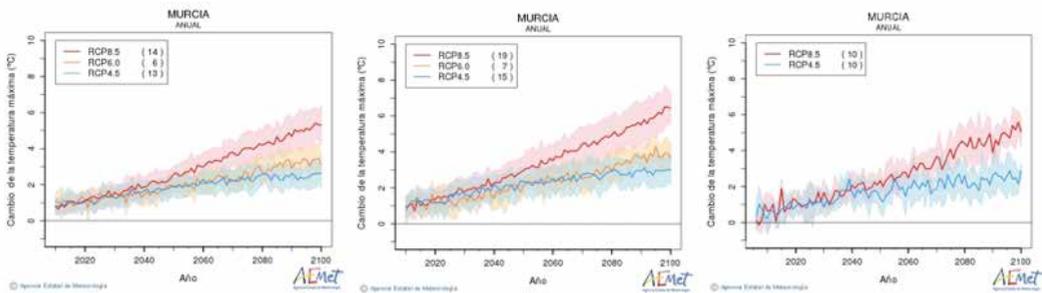


Figura N° 45. Proyecciones de la temperatura máxima anual en la Región de Murcia mediante el método de análogos (izquierda), regresión múltiple (centro) y dinámica (derecha).

Temperaturas mínimas (noches cálidas)

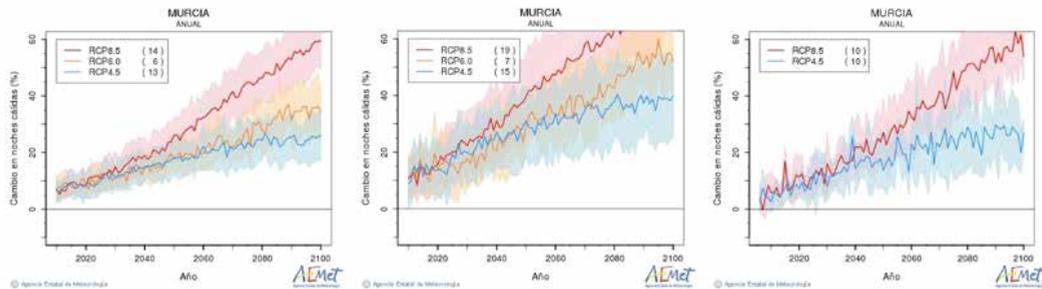


Figura N° 46. Proyecciones del número anual de noches cálidas en la Región de Murcia mediante el método de análogos (izquierda), regresión múltiple (centro) y dinámica (derecha)

Número de días de helada

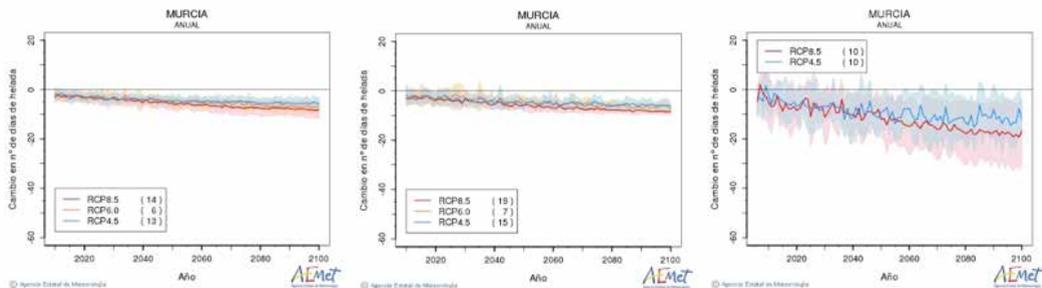


Figura N° 47. Proyecciones del número de días de helada anual en la Región de Murcia mediante el método de análogos (izquierda), regresión múltiple (centro) y dinámica (derecha)

Precipitación anual

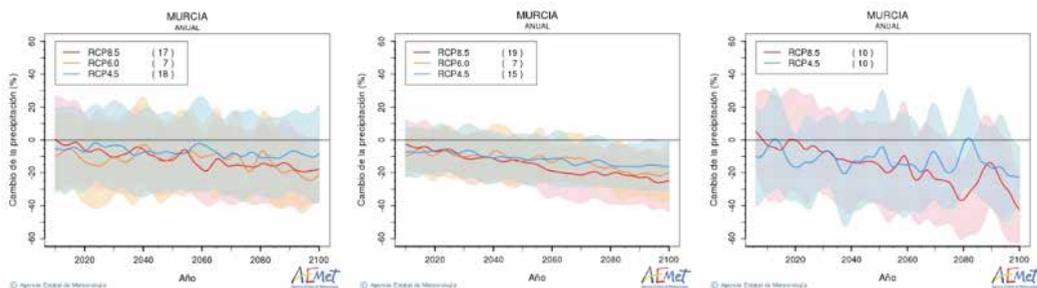


Figura N° 48. Proyecciones de precipitación anual en la Región de Murcia mediante el método de análogos (izquierda), regresión múltiple (centro) y dinámica (derecha).

Días con precipitación muy intensa

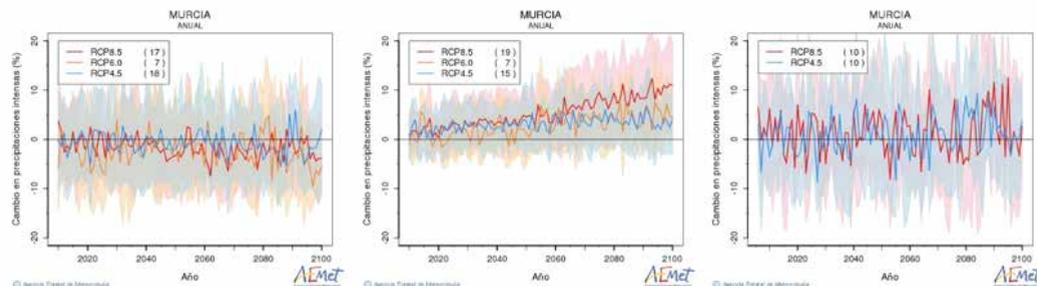


Figura N° 49. Proyecciones de las precipitaciones muy intensas anual en la Región de Murcia mediante el método de análogos (izquierda), regresión múltiple (centro) y dinámica (derecha).

Duración de los períodos sin precipitación o rachas secas.

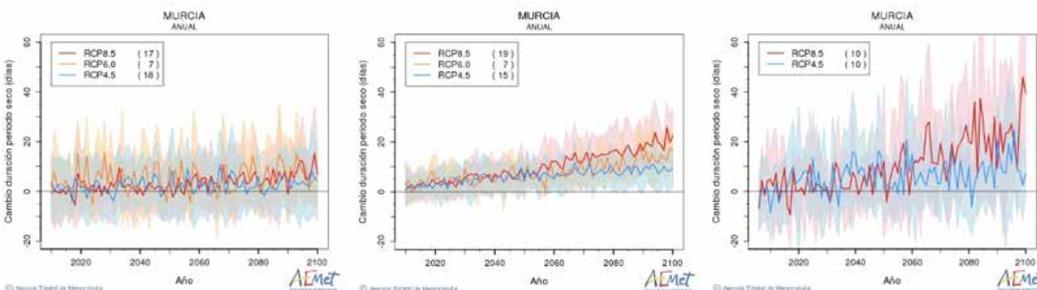


Figura N° 50. Proyecciones de la duración de los períodos o rachas secas anual en la Región de Murcia mediante el método de análogos (izquierda), regresión múltiple (centro) y dinámica (derecha).

Se puede acceder a los datos sobre escenarios a través del portal ADAPTECCA (Visor de escenarios de cambio climático desarrollado por la Oficina Española de Cambio Climático en el que ha participado AEMET).

http://escenarios.adaptecca.es/#&model=multimodel&variable=tasmax&scenario=rcp85&temporalFilter=YEAR&layers=AREAS&period=MEDIUM_FUTURE&anomaly=RAW_VALUE

Referencias:

- Bases físicas del cambio climático. Presentación en la Universidad de Oviedo, A. Gómez (2019)
- Boletín Organización Meteorológica Mundial sobre gases de efecto invernadero (2019).
- IPCC AR5 WGI (2013)
- IPCC SR15 (2019)
- OMM Declaración de la OMM sobre el estado del clima mundial en 2019 (WMO-No 1248, 2020)
- OMM The global climate in 2015-2019 (WMO-No 1249, 2020)
- IPCC The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate (2019)
- Análisis de la ola de calor de junio de 2019 en un contexto de crisis climática. J. A. Núñez <http://www.aemet.es/documentos/es/noticias/2019/Oladecalorjun2019.pdf>. (2019)

SEGUNDA PARTE.

**SOBRE LOS EFECTOS EN LOS RECURSOS HÍDRICOS
Y LAS CONSECUENCIAS DE LAS LLUVIAS
TORRENCIALES**

CAPÍTULO N° 2

CAMBIO CLIMÁTICO Y RECURSOS HÍDRICOS. EL ESTADO DE LA CUESTIÓN

Francisco Cabezas

Instituto Euromediterráneo del Agua

Departamento de Ecología e Hidrología de la Universidad de Murcia

INTRODUCCIÓN

La consideración de afecciones antrópicas sobre el ciclo hidrológico, superpuesta a las oscilaciones y variabilidad hidroclimática ordinaria a diferentes escalas temporales, introduce efectos cuantitativos y cualitativos sobre las diferentes fases del ciclo hidrológico que pueden llegar a ser muy relevantes desde el punto de vista socioeconómico y ambiental. La literatura existente sobre estos problemas ha tenido un crecimiento exponencial en los últimos años, y se trata de uno de los tópicos más activos en la actual investigación sobre hidrología y recursos hídricos.

Recientemente se ha puesto de manifiesto la posibilidad de abordar el problema desde dos diferentes puntos de vista. Por una parte, la previsión de hipotéticos impactos futuros según las previsiones de los escenarios climáticos globales, usualmente extendidos a todo el siglo XXI. Por otra parte, la verificación del cumplimiento de estas previsiones o identificación de cambios ya observados en variables hidrológicas registradas por las redes de observación.

En el primer caso, de *previsión de impactos*, se asumen los diferentes modelos, escenarios y previsiones sobre variables climáticas (p.e. precipitaciones y temperaturas) en el futuro, y se trasladan a variables hidrológicas (p.e. caudales de los ríos o evolución de acuíferos) mediante modelos de la respuesta hidrológica. Las hipotéticas situaciones futuras se contrastan con las actuales evaluando así los posibles impactos.

En el segundo caso, de *verificación de cambios*, se prescinde de los modelos, datos y previsiones climáticas sobre el futuro, y se centra el análisis en el registro de los datos hidrológicos realmente producidos, con el objetivo de identificar tendencias o saltos que pudiesen revelar, indiciariamente, posibles cambios climáticos.

Nótese que para el primer tipo de análisis se requiere de un registro de datos hidrológicos no necesariamente largo, bastando con que sea suficiente para la calibración de los modelos hidrológicos que se van a aplicar al hipotético clima futuro. Por el contrario, para el segundo tipo de análisis, se requiere un registro suficientemente largo como para observar posibles anomalías estadísticamente significativas en las series hidrológicas (en la forma de tendencias o saltos), y su eventual relación con anomalías climáticas. Inicialmente

limitados por la disponibilidad de datos, con el paso del tiempo esta disponibilidad de series largas y no alteradas aumenta, haciendo cada vez más posible este tipo de estudios.

El primer tipo de análisis tiene un carácter fundamentalmente especulativo, basado en escenarios supuestos, mientras que el segundo es exploratorio y se basa en realidades observadas.

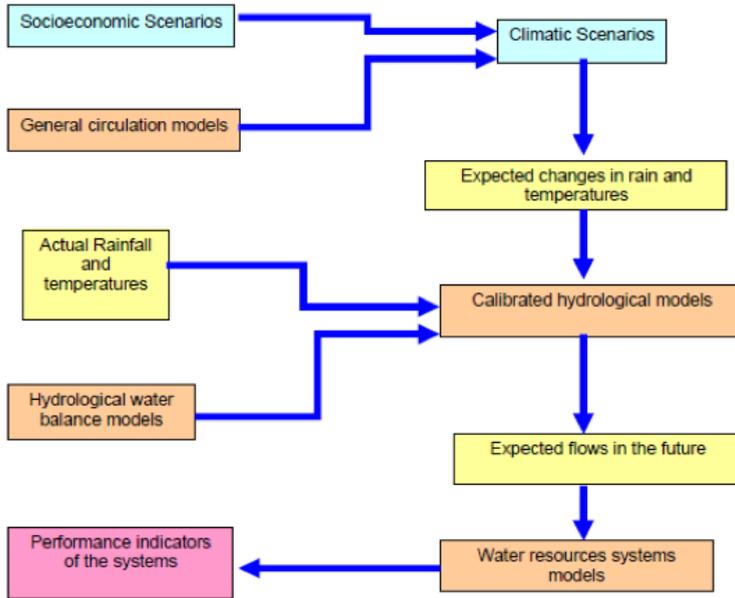
Seguidamente se resumen muy someramente algunos resultados derivados de distintas investigaciones recientes, y desde esta doble perspectiva de la previsión de hipotéticos impactos futuros, y de la verificación de cumplimiento de estas previsiones o identificación de impactos reales. Tras ello se apuntarán algunos efectos esperables sobre los sistemas hidrológicos, y posibles medidas de adaptación, y se concluirá finalmente con el examen de dos casos prácticos de cambios hidrológicos, asociados a posibles cambios climáticos, de especial relevancia para la Región de Murcia.

PREVISIÓN DE IMPACTOS

Metodológicamente, el proceso estándar de análisis de impactos hidrológicos del cambio climático es el de partir de las previsiones de cambio climático según los diferentes modelos de circulación global atmosférica (*General Circulation Model GCM*) y escenarios o trayectorias futuras, a diferentes escalas espacio-temporales, e introducir en los modelos hidrológicos estos resultados meteorológicos, básicamente precipitaciones y temperaturas, reescalados a las áreas de interés, observando los efectos de estos nuevos forzamientos sobre los procesos hidrológicos estudiados. Adicionalmente, y en una fase siguiente, puede evaluarse el impacto de estos cambios hidrológicos naturales sobre los sistemas de recursos hídricos, es decir, los sistemas que, además de los flujos naturales, contemplan el suministro y la utilización del agua.

Para valorar los escenarios climáticos futuros, desde el 5º Informe IPCC se emplean posibles trayectorias de concentración representativas (*RCP*) relativas a posibles concentraciones de gases de efectos invernadero, y no escenarios de emisiones como venía realizándose anteriormente. Las RCP empleadas se codifican con el forzamiento radiativo en el año 2100 (2.6, 4.5, 6.0, 8.5 W/m²).

La figura adjunta muestra un esquema básico del proceso descrito.



Proceso de evaluación de impactos

Un problema importante es el de reescalado de los resultados de los escenarios climáticos globales, con resoluciones hoy groseras e inadecuadas para considerar situaciones locales o fenómenos extremos, a las escalas espacio-temporales de interés. Este problema, conocido como *downscaling*, puede abordarse por *métodos físicos*, reejecutando los cálculos de la circulación climática a una escala espacial de mayor detalle y empleando las salidas de los modelos globales como condiciones de contorno de esta reejecución, o por *métodos estadísticos*, para los que se han desarrollado distintos algoritmos. Los métodos estadísticos pueden a su vez dividirse en tres tipos: generadores climáticos, tipificación, y funciones de transferencia. La reciente literatura sobre estos métodos es extensa.

Además de *tendencias* hidroclimáticas, graduales y previsibles en mayor o menor grado, puede haber también impactos en la forma de *saltos* en torno a una fecha concreta, no previsibles, asociados por ejemplo a transiciones caóticas bruscas entre estados atmosféricos. Más adelante se mostrarán ambos tipos de cambios en los ejemplos de la Región de Murcia.

Los estudios realizados sobre estas cuestiones son muy numerosos y cubren diferentes escalas temporales y espaciales, ofreciendo resultados no siempre coincidentes. Algunas previsiones básicas de impactos hidrológicos por el cambio climático son las resumidas seguidamente.

Precipitaciones medias

Se ha observado una tendencia media global en el planeta de aumento en 0.24 mm/año en las últimas décadas, si bien los valores son muy variables según la región y el periodo considerados. Los escenarios futuros apuntan a esperar mayores valores medios de precipitaciones en el hemisferio norte a altas latitudes, sobre todo en otoño e invierno. En España se espera un régimen variable, con reducciones en verano.

La variabilidad climática decadal es mayor que los posibles efectos de variación asociada al cambio climático, lo que dificulta la imputación al mismo de los cambios futuros.

Desde el punto de vista de su impacto sobre los sistemas de recursos hídricos, hay que señalar que más significativo que el valor medio de las lluvias puede ser el de su estacionalidad, o posibles desplazamientos de los periodos húmedos anuales. Ello puede afectar a los balances de escorrentías mensuales y al régimen de innivación, también condicionante de las escorrentías estacionales.

Precipitaciones extremas

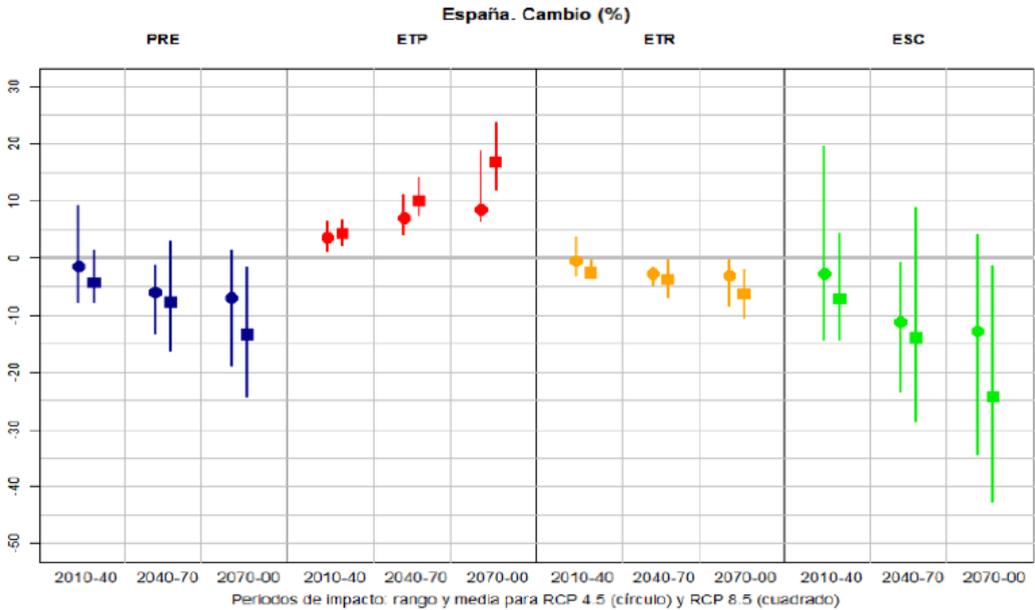
Se prevé un incremento de la irregularidad e intensificación de los máximos que implicará el agravamiento de las crecidas y fenómenos extremos, difícil de evaluar por la escala espacial de predicción de los modelos climáticos, en general no adecuada para fenómenos de muy alta intensidad y dominios espaciales reducidos.

La posible no estacionariedad de lluvias máximas requerirá la reconsideración de los valores de diseño actuales y de las metodologías empleadas para su determinación, incorporando explícitamente estas circunstancias. Posteriormente se mostrará un ejemplo de esta situación.

Evaporación y evapotranspiración

De importancia clave para los secanos, es muy amortiguada para los regadíos. En general el aumento de temperaturas hará que la evapotranspiración potencial (*ETP*) tienda a aumentar, pero la evapotranspiración real (*ETR*) está controlada por la disponibilidad de agua por lo que no aumentará significativamente, e incluso podría disminuir.

En España, el trabajo global más completo y reciente sobre estas cuestiones es el realizado por el CEDEX para el MAPAMA en 2017, de el que se ha tomado la figura adjunta. En ella se muestran las previsiones medias globales para España de cambios porcentuales futuros, derivadas de distintos modelos, con dos diferentes RCP (4.5 y 8.5), y en tres diferentes horizontes temporales, para cuatro componentes básicas del ciclo hidrológico: precipitaciones, *ETP*, *ETR* y escorrentías totales. Cada barra muestra la amplitud y su valor medio.



Alteraciones globales esperables en el régimen hidrológico

Aportaciones fluviales

La lógica global fundamental es que un incremento de temperaturas aumentará la saturación de vapor de la atmósfera –su capacidad de retener vapor de agua-, lo que aumenta las precipitaciones y, en consecuencia, aumenta las escorrentías. Simplificadamente, un planeta más caliente tendrá una atmósfera más húmeda.

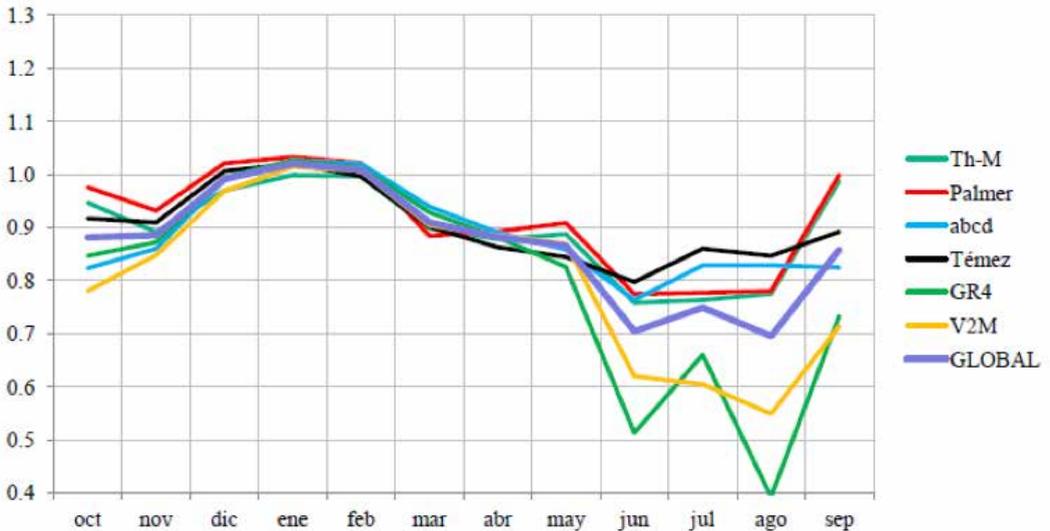
Asimismo, un aumento de temperaturas aumenta la evapotranspiración dando lugar a la denominada *intensificación* del ciclo hidrológico. Esta lógica global tiene sin embargo muchas matizaciones y circunstancias particulares que pueden corregirla, como han puesto de manifiesto numerosos estudios.

Así, a escala planetaria la previsión es que puede haber modificaciones regionales significativas en las aportaciones fluviales de las próximas décadas, pero sin que se detecte una tendencia generalizada de forma indudable en ningún sentido. También se constata que los valores medios pueden permanecer relativamente estables, pero los extremos (tanto máximos como mínimos) pueden experimentar alteraciones.

Además del mencionado estudio del CEDEX, se han realizado muchos otros trabajos analizando estas cuestiones. Así p.e., empleando diferentes modelos, Cabezas obtuvo en 2015 para las aportaciones fluviales los resultados medios mensuales para España mostrados en la figura adjunta, en la que se representan los coeficientes mensuales correctores medios de los valores futuros, para diferentes modelos hidrológicos.

Como puede verse:

- En España se observa un ligero decremento global (reducciones medias globales del orden del 10% a mediados del siglo XXI), pero con diferencias espaciotemporales significativas.
- En Invierno (dic-feb), los recursos hídricos naturales medios serán similares a los actuales para todos los modelos.
- En Verano (jun-sep), se observan diferencias apreciables entre modelos, aunque todos indican reducciones importantes de caudal (30% medio global peninsular).
- Se observa una fuerte estacionalidad de los caudales, por lo que modificaciones de este régimen estacional podrían suponer alteraciones significativas sobre los sistemas de recursos hídricos.
- Por zonas puede también haber diferencias apreciables, lo que sugiere la realización de posibles análisis distribuidos de detalle, aunque las incertidumbres de partida no son superables y tales detalles podrían ser meros experimentos numéricos, con un soporte físico muy débil.
- Como regla global simplificada, podría admitirse que las aportaciones se mantienen en invierno (DEF), descienden gradualmente a lo largo de la primavera (MAM), y son un 30% inferiores en verano (JJA), volviendo a subir gradualmente en el otoño (SON) hasta alcanzar nuevamente los valores invernales.



Coeficientes correctores medios de las aportaciones según diversos modelos mensuales

Recarga de acuíferos

Aún manteniendo sus cuantías medias, la mayor concentración de lluvias implicará una mayor torrencialidad y por tanto menor recarga de los acuíferos. Se produce un efecto combinado con la cubierta vegetal, con mayor capacidad de retención de humedad.

Aunque el fenómeno es complejo y variable según las circunstancias, en general menores lluvias supondrán menores recargas, y de forma no lineal.

Capacidad de los embalses y regulación

Pueden darse dos efectos diferentes aunque concurrentes. Esquemáticamente la cadena de causalidades sería:

1^{er} efecto: Mayor torrencialidad de lluvias → mayor poder erosivo → mayores arrastres de sedimentos a los embalses → reducción de su capacidad útil.

2^o efecto: Mayores caudales punta → mayores riesgos de inundación → mayor necesidad de resguardos en las presas → menor capacidad útil de los embalses.

Los 2 efectos combinados tienden a reducir la capacidad útil disponible en los embalses, agravando en consecuencia las necesidades de regulación.

Evaporación de embalses y balsas

Una mayor temperatura supondrá mayor evaporación, lo que implicará mayores pérdidas de recursos en los embalses y balsas.

Se puede dar además un efecto combinado con las alteraciones de los vientos, que además transportarán y redistribuirán sustancias y contaminantes.

Modificación de las demandas hídricas

Según los diferentes tipos de demandas, los efectos son diferentes y de distinta predictibilidad:

- Urbanas: en principio habrá unos mayores consumos estacionales en las ciudades, pero esta tendencia se puede paliar mediante prácticas de drenaje urbano más sostenible y eficiente (sistemas SUDs, etc).
- Industriales: hay una apreciable incertidumbre respecto a necesidades futuras pero por otras circunstancias socioeconómicas, no vinculadas al cambio climático, que no se espera que sea crítico en este sentido.
- Agrícolas: hay dos efectos contrapuestos: mayor ETP → mayor dotación requerida por los cultivos, pero esto puede verse compensado por el aumento del CO₂ atmosférico → mayor cierre de estomas → menor consumo por las plantas. Se están desarrollando experimentos para estudiar estos efectos opuestos en atmósferas controladas (invernaderos). El saldo final es incierto, aunque en general se asume que las demandas aumentarán, a igualdad de variedades de cultivo. No obstante, las incertidumbres debidas a los cultivos futuros, variedades, mercados, etc. son muy superiores a las debidas al cambio climático.

De forma general, puede decirse que el cambio climático inducirá modificaciones en las demandas hídricas que pueden ser importantes pero no son anticipables. Es esperable que las demandas globalmente aumentarán, pero los factores socioeconómicos determinarán su evolución en mucho mayor medida que el cambio climático. Incluso circunstancias puntuales sobrevenidas y por completo inesperadas, como el covid-19, pueden tener impactos relevantes sobre las demandas hídricas, con efectos disruptivos, y en órdenes de magnitud no despreciables.

Calidad del agua

En este aspecto hay 4 factores básicos a considerar: las cargas químicas a los ríos y acuíferos (puntuales o difusas), las cargas de sedimentos, las temperaturas del agua y los caudales.

- Cargas químicas, no dependen del cambio climático, sino que se relacionan con los vertidos, la generación de nutrientes, tóxicos, etc.
- Cargas de sedimentos, tenderán a incrementarse por mayores arrastres debidos a la intensificación de las lluvias extremas.
- Temperaturas tenderán a aumentar, pero con influencia limitada.
- La alteración de los caudales es en general la mayor afección. A igualdad de emisiones, menores flujos → mayores concentraciones de contaminantes. Mayores intensidades de lluvias → mayores cargas contaminantes a las masas de agua.

Ecosistemas

Los impactos esperables son múltiples, diversos y complejos, en la forma de tendencias y saltos no lineales y no predecibles de forma general. Ante tal incertidumbre, un criterio fundamental es el de la necesidad de monitorización, modelación y seguimiento de indicadores ambientales, y la disposición de un modelo de gestión adaptativa.

La previsible reducción de caudales fluviales mínimos modificará las condiciones de los ecosistemas a ellos asociados, forzando su necesaria adaptación, y exigiendo una reconsideración conceptual y normativa de esta cuestión.

Sería necesario avanzar en el conocimiento de estas alteraciones de los mínimos, cuantificar sus valores, y desarrollar las necesarias estrategias de adaptación.

Inundaciones

La previsible intensificación de lluvias extremas implicará mayores crecidas e inundaciones, con mayores daños socioeconómicos asociados. Las soluciones han de venir por la combinación de la ordenación territorial, de forma prioritaria, junto con posibles actuaciones de defensa y, como en el caso de los caudales mínimos, una reconsideración conceptual y metodológica que incorpore de forma explícita la posible no estacionariedad de los extremos hidrológicos. Conceptos tradicionales como el de periodo de retorno habrán de ser reinterpretados y adaptados a estas nuevas bases.

El aumento del nivel del mar contribuiría a este empeoramiento, al elevar los niveles del agua en los límites aguas abajo de los cauces (condición de contorno inferior).

Garantías de suministro. Seguridad hídrica

La alteración de escorrentías supondrá en general una mayor amenaza a la seguridad de suministros, que dependerá de:

- Las infraestructuras existentes de almacenamiento y transporte
- La gestión de los sistemas en situación ordinaria y en sequías
- Las incertidumbres de futuro respecto a los usos del agua
- Los mecanismos técnicos e institucionales de resiliencia y adaptación

Síntesis de previsiones para España

La diversidad de situaciones hidrológicas en España y de vulnerabilidad de sus sistemas es grande, pero en general es esperable una menor disponibilidad de recursos hídricos, para atender demandas similares o crecientes, y con infraestructuras con menor capacidad. La resultante de todo ello es que habrá una situación futura adversa para la seguridad de suministro, que empeorará con el tiempo, y que requiere adoptar medidas de adaptación. Más adelante se expondrán con mayor detalle, pero puede avanzarse que estas medidas son de 2 tipos:

Normativas: previsiones legales, que arrancan con la iniciativa pionera del LBAE, de reducción de aportaciones futuras para los planes hidrológicos; adopción de medidas normativas que aumenten las eficiencias de los sistemas; mecanismos económicos; reformas institucionales; reglas de explotación de los sistemas que incorporen posibles cambios hidrológicos de forma adaptativa, etc.

Técnicas: aumento de conectividad y almacenamiento en los sistemas para mantener los niveles actuales de servicio (niveles de garantía de suministro y de protección frente a crecidas); aumento del uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas; aumento de recursos no convencionales; aumentos de eficiencia por modernizaciones y mejoras de redes; etc.

En definitiva, y como es bien sabido, los problemas del agua presentan internacionalmente, y también en España, una creciente complejidad técnica e institucional, y el cambio climático es un elemento que se suma e incrementa esta complejidad. Podemos suponer que, en general, no será el elemento principal que induzca alteraciones radicales de los sistemas de recursos hídricos, pero exige ser tenido en cuenta de forma explícita y disponer mecanismos eficaces de anticipación y de adaptación.

VERIFICACIÓN DE IMPACTOS

Como se indicó, una segunda perspectiva para el análisis del cambio climático en hidrología es la de verificar si tales previsiones se van cumpliendo en la realidad, y si los registros hidrológicos apuntan señales de alteración inducida por este cambio. A medida que pasa el tiempo se va disponiendo de más datos y de registros de mayor longitud que permiten realizar tales verificaciones de impactos con creciente fiabilidad.

Puede decirse que, con carácter general y atendiendo a aspectos puramente climatológicos, hay numerosas evidencias indicativas del cumplimiento de estas previsiones climáticas (aumento de temperaturas, alteración/intensificación de precipitaciones, etc.), pero sería deseable abordar con similar detalle esa verificación en el campo específico de los recursos hídricos, y específicamente en los datos de los caudales fluviales. De este modo, y a la luz de los datos hidrológicos registrados en las estaciones de medida, la cuestión fundamental es ¿puede afirmarse que se está produciendo un cambio estadísticamente significativo en estas observaciones, atribuible a cambios climáticos?

Hay tres dificultades principales para responder a esta pregunta:

- La longitud y calidad de registros. Las series climáticas más largas se inician en España en torno a 1830, y las foronómicas en 1910. Además, estos registros antiguos suelen presentar problemas de no homogeneidad y fiabilidad que hacen que deban emplearse con cautela. Las colecciones de series hidrológicas más largas, y relativamente completas y fiables, apenas tienen 60/70 años, por lo que es difícil, si no imposible, discernir un efecto estructural (no estacionariedad) de la propia variabilidad muestral de los datos a escalas hiperanual y multidecadal.
- La mayoría de los registros disponibles de caudal (ríos y manantiales) no son de régimen natural sino alterado, por lo que no sirven para inferir cambios naturales en los regímenes de caudales fluviales. Para este objetivo solo pueden emplearse con confianza datos de aforo si el régimen es natural o próximo al natural o, tratándose regímenes alterados, solo en casos excepcionales, en los que la afección es bien conocida y puede ser restituida de forma fiable.
- La respuesta hidrológica es el resultado de la interacción de diferentes efectos climáticos, en ocasiones contrapuestos, lo que puede dificultar discernir la causa.

Pese a estas dificultades (alteraciones diversas y escasa longitud de series), desde los años 90 del pasado siglo se viene intentado analizar la evolución de los caudales fluviales en muchos lugares del mundo, existiendo hoy muy numerosos trabajos al respecto. Algunos resultados de estos trabajos, relativos a distintos ámbitos espaciales, son:

El mundo

2004, Labat y otros encuentran tendencias en las escorrentías mundiales globalmente crecientes.

2005, Milly y otros observan tendencias decrecientes en los flujos de África sub-sahariana, sur de Europa, sur de América y sur de Australia. Observan también tendencias crecientes en la cuenca de La Plata en Sudamérica, partes de Norteamérica y norte de Eurasia. En el sur de Europa, las tendencias observadas son a decrecer las escorrentías.

2008, Milliman y otros no observan una tendencia histórica global en los caudales de 137 ríos representativos de casi la mitad del caudal global, lo que contrasta con anteriores investigaciones.

2009, Dai y otros, han mostrado que utilizando datos de los 925 mayores ríos del mundo, responsables del 73% de toda la escorrentía global, hay 45 que muestran reducciones estadísticamente significativas, mientras que 19 muestran aumentos. Este resultado es consistente con el anterior.

En síntesis, y como puede verse, no hay consenso científico generalizado sobre lo que está sucediendo a escala global con las aportaciones fluviales, aunque sí parece haberlo sobre los lugares del planeta donde han aumentado (latitudes altas en el norte y muchas regiones ecuatoriales) y donde han disminuido (de forma dispersa, por todos los lugares).

Estas tendencias parecen seguir lo sucedido con las precipitaciones, aunque aumentando la variabilidad. La ausencia de patrones globales hace que sea necesario estudiar la situación a escalas regionales, para las que hay, como se apuntó, numerosos estudios.

En cualquier caso, se considera prudente tener en cuenta, de forma cautelara, estas proyecciones del pasado en las evaluaciones de recursos hídricos futuros.

Europa

2010, Stahl y otros, estudiaron 441 cuencas europeas en los últimos 40 años, observando un patrón generalizado de tendencia al descenso de aportaciones en el sur de Europa.

Otros estudios sugieren también un aumento en el norte de Europa, confirmando un comportamiento pivotal del continente.

España

1998, en el borrador del LBAE se constató el denominado efecto 80 (reducción de caudales en distintas cuencas peninsulares, con un salto aparente en torno a 1980), con causas y alcance aún no bien caracterizado. Posteriormente volveremos sobre ello.

2000, PHN, se observó una reducción de aportaciones del Ebro, explicable en gran medida por aumento de los aprovechamientos en la cuenca y no imputable plenamente a cambio climático.

2004, MCT constató una disminución de los caudales históricamente aportados por el río Taibilla, concluyendo que hay una reducción significativa de los caudales de ese río que se atribuyen al efecto combinado de menores lluvias y mayores temperaturas.

2004, Témez mostró que el periodo 1980-1994 incluye los 15 años más secos en España desde el comienzo de los aforos, a comienzos del siglo XX, en estaciones de cabeceras del Júcar, Segura, Tajo y Guadalquivir. Observando las lluvias, solo hay un periodo comparable anterior: el de 1967-1879. Puesto que se produjo un fenómeno similar en el pasado, no cabe atribuir con seguridad la anomalía presente a cambio climático.

2012, Lorenzo-LaCruz y otros, estudiaron 187 subcuencas en la península ibérica (periodo 1945-2005) mostrando una tendencia clara decreciente en las aportaciones totales anuales, de invierno y de primavera, sobre todo en las cuencas del sur. Los cambios de estacionalidad pueden deberse al efecto de embalses. El hecho de que haya tendencias

crecientes en verano y otoño apunta al efecto de los embalses, y no al cambio climático, como causa de este comportamiento.

2013, Perez-Martin, Thurston y Estrela mostraron que en el Júcar se observan reducciones de las aportaciones en Alarcón y Contreras del 40% en los últimos 30 años, no explicable por variabilidad muestral, y con punto de cambio en 1980. Hay una reducción fundamental de flujos de cabecera en febrero y marzo, pero no se detecta un cambio similar en zonas próximas a la costa. Este comportamiento sería explicable por cambios de los patrones de lluvia en las cabeceras. El efecto de cambios de uso del suelo es marginal, pudiendo suponer reducciones de las aportaciones de apenas un 2%.

2013, J. Martinez-Fernandez y otros señalaron que en 74 cuencas de régimen cuasi-natural en España, se observa que la mayoría presentan decrecimiento en los caudales, con los mayores descensos en primavera y verano.

2013, Cabezas confirmó, en los estudios para el Memorándum Tajo-Segura, un descenso significativo en las aportaciones entrantes a la cabecera del Tajo y, por tanto, en las disponibilidades trasvasables al Segura. Se trata de un caso bien documentado de problema real, no especulativo, vinculado al cambio global, y de gran trascendencia socioeconómica, sobre el que volveremos más adelante.

Análogamente a las escorrentías fluviales, se han estudiado también las tendencias históricas observadas en otros aspectos del ciclo hidrológico, con distintos resultados de interés. Así, hay una evidencia global abrumadora del aumento de las lluvias extremas diarias en las últimas décadas. A escala subdiaria la información disponible es mucho menor, si bien parece observarse un aumento de mayor magnitud que el de la escala diaria. En cuanto a caudales máximos, no hay evidencias globales y el aumento de lluvias extremas no necesariamente se traduce en el aumento de los caudales de inundación.

SÍNTESIS DE EFECTOS SOBRE LOS SISTEMAS DE RECURSOS HÍDRICOS

Como se ha mostrado, desde la perspectiva hidrológica el cambio climático introduce modificaciones en el ciclo hidrológico que pueden ser evaluadas mediante el empleo de modelos de circulación atmosférica, cuyas salidas se utilizan como entradas de los modelos hidrológicos. Estas modificaciones previstas pueden a su vez verificarse, salvo eventos disruptivos, a medida que se va disponiendo de registros más largos.

Desde la perspectiva de los sistemas de recursos hídricos, las alteraciones inducidas por el cambio climático afectan a muchos de sus aspectos, pero no son el único impacto esperable, ni quizá el más importante. De forma esquemática, para el caso español, las principales dinámicas y forzamientos son:

- Modificaciones de la cubierta vegetal y usos de suelo. Abandono de tierras desde los años 50 → revegetación natural // reforestación artificial → mayores coberturas vegetales → mayor retención de humedad → mayor ET → menores caudales en los ríos

- Desarrollo de los aprovechamientos urbanos y regadíos desde mediados del pasado siglo → mayores detracciones del sistema natural → menores caudales circulantes por los ríos, y distorsiones de los retornos a cauces o acuíferos
- Junto con el anterior, desarrollo de presas y embalses → modificaciones del régimen estacional de caudales, alteraciones del flujo base y de las crecidas
- Desarrollo de las aguas subterráneas → bombeos que acaban afectando a los ríos → menores caudales circulantes y con regímenes afectados. Reducciones de los flujos mínimos y caudales base.

Todos estos efectos conjuntos permiten hablar de un Cambio global, de mayor alcance que el cambio climático, que afectará a las condiciones de seguridad hídrica y los servicios ecosistémicos en las diferentes cuencas, y que en general no ha sido estudiado de forma sistemática, con criterios comunes homogéneos, para el conjunto del país.

Como ya se anticipó, en paralelo a la mejora y sistematización de este conocimiento cabe avanzar en medidas de adaptación a los cambios, medidas que pueden tipificarse como de tipo técnico y de tipo normativo-institucional, algunas de las cuales se describen brevemente a continuación.

Cabe apuntar que aunque estas medidas son en principio independientes del cambio climático, y podrían desarrollarse al margen y de forma independiente, los previsibles impactos de ese cambio podrían exacerbar la necesidad de medidas de adaptación como las sugeridas.

1.1. ADAPTACIONES TÉCNICAS

Desde el punto de vista técnico, cabe sugerir diversas actuaciones:

1. Mejoras de eficiencia técnica, que incrementen la resiliencia de los sistemas de recursos hídricos –almacenamientos y conexiones-, ahorro y modernización de redes, infraestructuras, recursos convencionales y no convencionales.
2. Buenas prácticas de uso y gestión. Optimización de sistemas. Mayor uso conjunto. Incorporación explícita de las previsiones del cambio climático en la planificación hidrológica.
3. Integración y asimilación de datos. Formación de una Base de datos global, de acceso público y gratuito, sobre recursos hídricos (meteorología, aforos, piezómetros, calidad del agua, cartografía digital de usos y recursos, productos radar y de teledetección, redes de tiempo real, seguimiento de sequías, etc.). Definición de una colección de referencia hidrológica (red de estaciones y datos), de calidad contrastada, para seguimiento del cambio climático (series largas /fiables/no afectadas). Informes periódicos de seguimiento.
4. Estudios a escala global, con criterios y metodologías homogéneos para toda España, a partir de los datos de la planificación y de otras fuentes diversas. Tal homogeneización no solo ha de abordar la disponibilidad hidrológica de recursos, sino aspectos

energéticos y económicos, y no solo disponibilidad de agua, sino crecidas, inundaciones e impactos sobre ecosistemas.

5. Mejora y desarrollo de herramientas para estas evaluaciones, promoviendo la adopción de estándares técnicos de aplicación en todo el país que consideren e incorporen nuevas realidades como la posible no estacionariedad de los datos, nuevos criterios de diseño, etc.

1.2. ADAPTACIONES NORMATIVAS E INSTITUCIONALES

Desde el punto de vista normativo e institucional, puede también sugerirse:

1. Reformas institucionales. Favorecer la integración territorial y resiliencia de sistemas al margen de los límites políticos. Favorecer nuevos mecanismos de cooperación en los sistemas de recursos hídricos inter/intracomunitarios.
2. Revisión concesional. Si el cambio climático reduce los recursos hídricos del país, ello debiera trasladarse a las concesiones, asignaciones y reservas existentes. Se trata de un problema jurídico global, que en algunos casos puede ser irrelevante y en otros determinante, y sobre el que actualmente no existe un criterio explícito y único.
3. Cesiones de derechos. Revisión y adaptación del marco vigente. Posible creación de un centro público nacional único, gestor de todas las transacciones, más allá del ámbito limitado de una demarcación. Explorar nuevas vías (p.e. contratos de opciones) que favorezcan la robustez y capacidad de adaptación de los sistemas frente a incertidumbres futuras.
4. Sistemas integrados. Superar problemas legales actuales (cánon y tarifa de objetivo único, etc.) y desarrollar nuevos mecanismos y protocolos objetivos de funcionamiento (regulación tipo Memorándum, progresivamente extendido).
5. Nuevos sistemas integrados estatales (p.e. redes de desaladoras), sin necesidad de asignación permanente a usuarios concretos. Creación de la regulación jurídica necesaria para esta nueva figura.
6. Reforzamiento de la organización administrativa para estos desarrollos. Creación/adaptación de un Centro nacional único, de apoyo a la Administración del agua, integrando las unidades administrativas competentes ya existentes, que mantenga la base de datos global sobre agua, y desarrolle los estudios y estándares apuntados, con especial incidencia en el seguimiento de cambios hidroclimáticos.
7. Impulso a I+D+i en cambio climático, especialmente orientada a los efectos sobre los recursos y sistemas hídricos. Programas específicos sectoriales y territoriales.

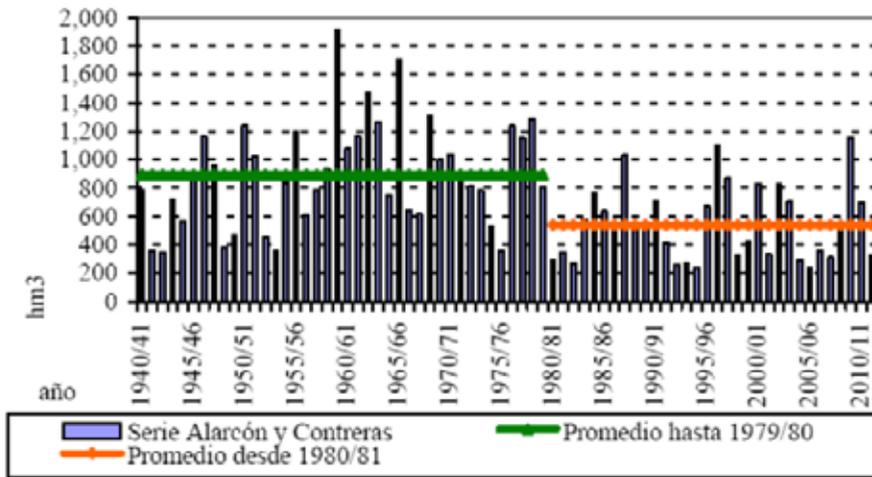
DOS CASOS RELEVANTES PARA LA REGIÓN DE MURCIA

Para concluir esta revisión general, se mostrarán dos casos prácticos de posibles impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos, de especial relevancia para la Región de Murcia.

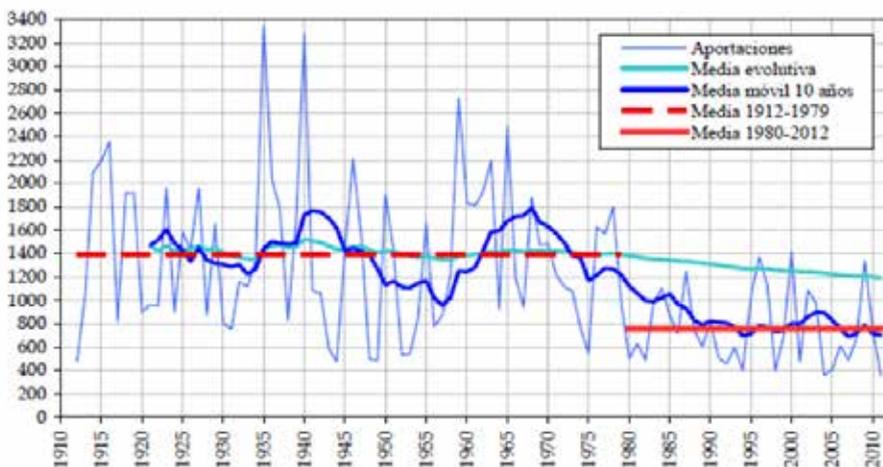
Obviamente, ninguna seguridad científica puede haber hoy respecto al origen causal de estas situaciones, pero son buenos ejemplos de efectos indiciariamente atribuibles a cambios climáticos, y con efectos socioeconómicos muy relevantes para estos territorios.

1.3. EL EFECTO 80

Un fenómeno de cambio de régimen hidrológico de gran interés, puesto de manifiesto por vez primera en el Libro Blanco del Agua en España, es el que allí se denominó como el *efecto 80*. Tal efecto consiste en una no homogeneidad hidrológica, no debida a tendencias sino a salto, y no necesariamente vinculada a afecciones antrópicas locales, que se manifiesta como una aparente reducción, en torno a 1980, de las aportaciones fluviales en régimen natural en buena parte del área peninsular, abarcando al menos amplias zonas de las cuencas del Tajo, Júcar y Segura, así como a otras áreas relativamente próximas del ámbito sureuropeo y norteafricano. Las figuras adjuntas (Pérez-Martín et al., 2013; Cabezas, 2013), construidas con las series de aportaciones en los puntos señalados, ilustran claramente el fenómeno descrito.



Efecto 80 en la cuenca del Júcar



Evolución de aportaciones y efecto 80 en la cabecera del Tajo

Se observa en efecto esta aparente reducción de caudales, en la forma de un salto en la serie temporal en torno al año 1980, lo que dio nombre al fenómeno en el mencionado LBAE, y dio lugar a que en las prescripciones de la planificación hidrológica, desde 2006, se propusiera formalmente adoptar el año 1980 como origen de las series de cálculo para el análisis de los sistemas hídricos, y se distinguiera, a estos efectos de la planificación, entre las que se denominaron *series cortas* (desde 1980) y las *series largas* (completas).

Pese a su indudable importancia práctica, el fenómeno no ha sido todavía suficientemente caracterizado. El hecho de que se observe en distintos lugares permite descartar que el salto se deba a errores locales de medición y hace que deba considerarse un fenómeno de carácter regional, afectando a un territorio cuya extensión y límites aún no han sido bien determinados.

Ante la falta de evidencia de una reducción general de precipitaciones o aumento de temperaturas que explique el cambio, y la inviabilidad de alteraciones simultáneas y cuasi-instantáneas –muy pocos años- de los usos del suelo a gran escala, posibles causas son el cambio del régimen estacional de precipitaciones y temperaturas, alteraciones del ciclo hidrogeológico no bien identificadas, o fluctuaciones caóticas del sistema climático que da lugar a oscilaciones en sus valores medios a diferentes escalas temporales.

Una consecuencia directa de este efecto es la notable reducción de aportaciones en cabecera del Tajo, con la consiguiente reducción de la disponibilidades trasvasables al Segura, apreciablemente inferiores a las inicialmente previstas, induciendo importantísimos efectos socioeconómicos sobre estas áreas receptoras, y poniendo de manifiesto la necesidad de adaptación a esta nueva realidad, continuando la línea de innovaciones planteadas por el Memorandum de 2013, hoy vigente.

4. La DANA de 2019

Otro caso de interés, y también indiciariamente atribuible a alteraciones climáticas, es el de la reciente depresión aislada en niveles altos (*DANA*) que afectó a buena parte del sureste peninsular.

En efecto, este episodio de *DANA*, producido en septiembre de 2019, ocasionó unas lluvias intensas de tal magnitud que el conocimiento y consideración de estos nuevos datos, y otros también recientes de alta intensidad, podría afectar a las estimaciones estadísticas hoy aceptadas sobre lluvias máximas en el área afectada y, en consecuencia, a los correspondientes caudales de avenidas de diseño en ese área.

Para contrastar esta posibilidad en el ámbito territorial de la Región de Murcia, con resultados previsiblemente extensibles a un área mayor, se realizaron por Cabezas (2019) dos análisis. El primero de ellos consistió en un tanteo simple en una cuenca ficticia tipo del área del Campo de Cartagena para los periodos de retorno de 100 y 500 años, empleados rutinariamente en los estudios de avenidas, que permite valorar la relevancia del posible efecto en ese territorio y para una cuenca representativa. El segundo, y para contrastar la validez de esas conclusiones en un territorio más extenso, consistió en un análisis preliminar de las lluvias máximas diarias en la cuenca del Segura para los periodos de retorno

de 100 y 500 años, y se aplicaron a diferentes cuencas reales en la Región de Murcia, con diferentes superficies, umbrales de escorrentía, e hipótesis de lluvia máxima.

Los resultados obtenidos en ambos análisis permitieron obtener las siguientes conclusiones:

1. Los nuevos datos disponibles tras los episodios lluviosos en la Región de Murcia de diciembre de 2016 y septiembre de 2019 son de tal magnitud relativa que podrían influir apreciablemente en la estimación de parámetros de la distribución estadística de lluvias máximas diarias y, en consecuencia, en la evaluación de caudales de avenida resultantes de aplicar la normativa vigente. Estos caudales podrían haber quedado manifiestamente del lado de la inseguridad.
2. Puede comprobarse que en la cuenca tipo del primer caso, y a igualdad del resto de condiciones, el incremento de caudales máximos para periodos de retorno de 100 y 500 años es significativo, con valores del orden de un 30, 35% respectivamente superiores a los previos. Para las cuencas representativas del segundo caso se observan también incrementos de caudales máximos con valores medios del 14 y 18% respectivamente. Estos valores medios ocultan heterogeneidades espaciales y de datos por lo que han de contemplarse con la debida cautela, pero apuntan en todo caso, al margen de su magnitud concreta, a un esperable aumento de los caudales máximos de diseño por la mera incorporación al cálculo de los datos más recientes de lluvias extremas, al menos en algunos sectores del área estudiada. Existe por tanto fundamento técnico suficiente para llamar la atención sobre este problema y recomendar su consideración formal por las autoridades competentes.
3. Entre las hipótesis admitidas en los cálculos realizados está la del mantenimiento de las curvas intensidad-duración-frecuencia de tormentas hoy vigentes y procedentes de estudios anteriores. Las extraordinariamente elevadas intensidades observadas en la DANA-2019 permiten cuestionar la validez de este supuesto y aconsejan también una revisión de las curvas actuales, fundamentales para la estimación de los caudales de diseño.
4. Puesto que los episodios de DANA son de alcance regional, más allá de la comarca del Campo de Cartagena y de la propia Región de Murcia, puede suponerse que estos resultados son aplicables a un ámbito territorial mayor, y debieran generalizarse desde luego a toda la Región de Murcia-Alicante y, por extensión, a toda la demarcación del Segura, sin perjuicio de una necesaria revisión para todo el país. Áreas como las del Júcar, el Sur y Cataluña han experimentado situaciones similares y previsiblemente tendrán el mismo problema.
5. Los caudales de diseño hoy empleados para el dimensionamiento de presas y encauzamientos previstos en el vigente Plan de Gestión del Riesgo de Inundación de 2015 podrían verse afectados por la situación expuesta. Es el caso de las presas de Las Moreras, Lébor, Nogalte, Béjar, Tabala, Arroyo Grande, La Torrecilla o diversos encauzamientos, cuyo dimensionamiento y funcionalidad pueden verse afectados por estos cambios hidrológicos. Dado que ese Plan se encuentra en proceso de revisión, en ésta debieran tenerse en cuenta las circunstancias señaladas.

6. Los mapas hoy vigentes del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables han quedado previsiblemente obsoletos, al menos en esta área geográfica del su-este peninsular, y las áreas inundables derivadas ($T=100$, $T=500$) no son las que hoy se obtendrían empleando los mismos procedimientos técnicos pero incluyendo los nuevos datos hidrológicos disponibles. Esto puede tener importantes consecuencias técnico-jurídicas en el diseño de alternativas de defensa y en la ordenación territorial.
7. La posible no estacionariedad de los registros hidrológicos de valores extremos -derivada o no del cambio climático- debe tenerse en cuenta en la planificación de zonas inundables, y ello podría requerir una reconsideración y adaptación no solo de los datos sino también de las metodologías en uso. Conceptos tradicionales y bien asentados como el de periodo de retorno dejarían de tener sentido y habrían de ser reinterpretados.
8. Sin perjuicio de una primera actualización urgente de la información estadística sobre precipitaciones extremas en el área de Murcia-cuenca del Segura, se recomienda abordar un estudio detallado y sistemático de esta situación, a escala nacional, que proporcione conclusiones firmes y permita proponer criterios estables, homogéneos y bien fundamentados sobre el problema. La revisión podría iniciarse de forma inmediata en la zona especialmente afectada de la Región de Murcia-cuenca del Segura, y debiera considerar tanto las distribuciones regionales de lluvias máximas diarias como las relaciones intensidad-duración-frecuencia de tormentas aplicables en la zona.
9. Dado que con motivo de la DANA-2019 se van a reconsiderar diferentes infraestructuras de defensa contra inundaciones, movilizando inversiones que pueden ser considerables, se recomienda en todo caso reevaluar los análisis hidrológicos y redimensionar estas infraestructuras conforme a los nuevos datos estadísticos y criterios indicados.

Aunque, como ya se ha señalado, no existe evidencia científica de que estas situaciones de efecto 80 y DANA sean debidas al cambio climático, sin duda son indiciarias de alteraciones hidrológicas singulares, con impactos socioeconómicos muy importantes, que deben ser expresamente consideradas tal y como se ha sugerido, y que requieren, en todo caso, de un permanente esfuerzo de seguimiento y adaptación.

CAPÍTULO N° 3

EL SEGUIMIENTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS RESERVAS NATURALES FLUVIALES

Jaime L. Fraile Jiménez de Muñana

Jefe de Servicio de Planificación Hidrológica. Confederación Hidrográfica del Segura.

1. INTRODUCCIÓN

La Directiva Marco del Agua, del año 2000, supuso un cambio de dirección en los objetivos de la planificación hidrológica y la gestión del dominio público hidráulico en España, pasando de un modelo centrado en la atención de las demandas a otro en el que cobraba igual relevancia el logro de los objetivos ambientales. En el caso de las masas de agua mejor conservadas, un nuevo instrumento empezó a aplicarse en 2016 para la protección de su buen estado: las Reservas Naturales Fluviales (en adelante RNF), figura clave para la protección y conservación de aquellos tramos fluviales que no han sido alterados por la acción humana.

El marco jurídico de las RNF ha sido desarrollado por el Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre de 2016, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH), y por los acuerdos de Consejo de Ministros que crean el Catálogo Nacional de Reservas Hidrológicas. Este Catálogo incluye 222 RNF, de ellas 135 en demarcaciones hidrográficas intercomunitarias, y 87 en demarcaciones hidrográficas intracomunitarias. Esto supone más de 3000 kilómetros de tramos fluviales. De ellas, la RNF del Río Chicamo es la única que se encuentra en la Región de Murcia, ámbito territorial del Observatorio Regional de Cambio Climático.

El agua depende del clima, y cualquier alteración en éste provocará cambios en el ciclo hidrológico. En los informes del IPCC se habla de cambios en el régimen de precipitaciones y la cubierta de nieve, en el régimen de caudales y de aumento de la estacionalidad, y de la severidad y la frecuencia de sequías e inundaciones en algunas regiones de Europa, especialmente la región mediterránea (EEA, 2017; EEA, 2014; IPCC, 2014; MIMAM, 2005; EC, 2009). Diversos estudios indican que los sistemas fluviales se verán afectados en sus múltiples funciones y características biológicas y ecológicas afectando a su biodiversidad (Dudgeon et al., 2006; Woodward et al., 2010).

El cambio climático genera un efecto en el balance hídrico, el cual a su vez incide sobre distintos procesos fluviales (régimen hídrico, estabilidad del canal, estructura del substrato del lecho fluvial, etc.) y la calidad del agua, afectando a todos sus descriptores, especialmente a la temperatura. Estos cambios condicionan la permanencia de las comunidades biológicas e introducen cambios en su estructura y dinámica (Brittain, 2008). Es necesario establecer referencias y medidas tendentes a mejorar la resiliencia de los ríos.

Las RNF son tramos de ríos con escasas presiones antrópicas y localizados en entornos vulnerables al cambio climático, casi siempre en las cabeceras de los ríos. Los ecosistemas fluviales son extremadamente sensibles al cambio, y por eso las RNF constituyen un gran laboratorio para el seguimiento de los impactos del cambio climático.

El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC, 2006) a través de su Tercer Programa de Trabajo, lanzó la iniciativa PIMA Adapta-AGUA, para mejorar el conocimiento y el seguimiento de los impactos del cambio climático, aumentando la resiliencia del sistema. Entre sus acciones y líneas estratégicas, se contempla la realización de un seguimiento del impacto climático en las RNF.

El presente escrito trata de resumir las líneas directrices para la realización de ese seguimiento, establecidas en un documento aún inédito, titulado 'Protocolo de seguimiento sobre el efecto del cambio climático en las Reservas Naturales Fluviales: Marco metodológico', elaborado por la Dirección General del Agua del Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO) en 2019.

2. BASE JURÍDICA

Según el artículo 244 quáter del RDPH, las reservas hidrológicas deberán quedar sometidas a medidas específicas de protección, por lo que una vez declarada una reserva hidrológica deben definirse las medidas de gestión que aseguren su adecuada protección. La gran heterogeneidad en las características de las RNF declaradas, hace necesario dotar a las reservas de unas directrices comunes coherentes, y que a la vez que incorporen las peculiaridades de cada demarcación hidrográfica.

Estas directrices se establecen en el documento "Líneas estratégicas para la gestión de las Reservas naturales fluviales", que indica que la red de RNF debe aportar escenarios adecuados para el seguimiento del cambio global en aquellos tramos con una nula interferencia de perturbaciones antrópicas en los distintos contextos hidrológicos españoles.

El Real Decreto 817/2015, (RDSE), establece los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales, y obliga a disponer, entre otros, de un programa de vigilancia que incluya estaciones que permitan evaluar tendencias a largo plazo en el estado de las masas de agua debidas a cambios en las condiciones naturales, de cara a establecer condiciones de referencia específicas para cada tipo de masa. Es el llamado Subprograma de referencia.

Por su parte, el Real Decreto 818/2018, sobre medidas para la reducción de las emisiones nacionales de determinados contaminantes atmosféricos (en adelante RDEN), establece que el Ministerio creará una red de lugares de seguimiento que sea representativa de los hábitats de agua dulce, naturales y seminaturales y tipos de ecosistemas forestales, con el fin de realizar el seguimiento de los efectos negativos de la contaminación atmosférica en los ecosistemas.

En este contexto, la Red de Referencia se plantea como un instrumento óptimo para el seguimiento de los efectos del cambio climático en el estado ecológico de las aguas. Los

puntos de muestreo se ubican en masas de agua inalteradas y sin presiones antropogénicas significativas. Por ello, además de ser más vulnerables, permiten identificar las alteraciones atribuibles potencialmente al cambio climático.

3. IMPACTOS PREVISTOS

El cambio climático es una de las cinco presiones principales que generan la pérdida de la biodiversidad a nivel global, siendo los otros cuatro la pérdida de hábitats, la sobreexplotación, la contaminación y las especies exóticas invasoras (MITECO, 2019).

Diferentes estudios de impacto del cambio climático sobre los ecosistemas fluviales en España dan una perspectiva pesimista. A pesar de la gran dispersión de resultados y la gran variabilidad regional y estacional, hay un consenso en la disminución de los recursos hídricos, con mayores reducciones hacia el sur. También se prevé un en el régimen de temporalidad: unos ríos pasarán de permanentes a estacionales, y otros de estacionales a efímeros. Por ello se espera que la biodiversidad de muchos de ellos se reduzca y que sus ciclos biogeoquímicos queden alterados (CEDEX, 2017; EC; 2009; MIMAM, 2006; OECC, 2012).

Los resultados del “Estudio de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua,” desarrollado por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (2017; 2012) sugieren que se producirá:

- un descenso de la precipitación,
- un aumento de la evapotranspiración potencial,
- un descenso de la evapotranspiración real
- un descenso de la escorrentía,

A pesar de las disparidades en estas tendencias según la cuenca hidrográfica y los escenarios, se prevé una reducción paulatina de los recursos hídricos disponibles, y un incremento en las temperaturas, lo que afectará a la dinámica del ecosistema fluvial.

Destaca la situación del SE peninsular, donde incluso ligeras reducciones de la precipitación pueden tener un fuerte impacto en la escorrentía (CEDEX, 2017; MIMAM, 2005).

Como consecuencia de los cambios descritos, se espera un avance de la deforestación y desertificación, mayor riesgo de inundación y un incremento del aporte de sedimentos a los ríos. También cabría esperar una demanda mayor de recursos hídricos, lo que afectará negativamente a los ríos. Finalmente, los incendios dependen directamente de factores climáticos (temperatura, precipitación, viento, humedad atmosférica, vegetación, suelo) y de los usos del suelo, por lo que se espera un aumento en su frecuencia e intensidad a consecuencia del cambio climático. Esto podría incrementar la entrada los ríos de sedimentos y de contaminantes asociados a las cenizas.

4. OBJETIVOS DEL SEGUIMIENTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS RESERVAS NATURALES FLUVIALES

El objetivo principal de la red de seguimiento del Cambio Climático en las RNF es obtener datos a largo plazo para evaluar los posibles efectos del cambio climático en los ecosistemas fluviales. Esto se traduce en los siguientes objetivos específicos:

- Mejorar el conocimiento sobre los efectos que cambio climático puede estar teniendo en los sistemas fluviales.
- Conocer la afección y grado o magnitud que dichos cambios tienen en diferentes componentes del ecosistema fluvial y estudiar su dinámica temporal.
- Relacionar los posibles cambios detectados por la red de seguimiento con los efectos del cambio climático.
- Trasladar esta mejora de conocimiento sobre los ecosistemas fluviales para adaptar las medidas de conservación y restauración fluvial hacia los cambios detectados y los escenarios climáticos previsibles, intentando minimizar sus efectos adversos.
- Fomentar la gobernanza, la difusión e intercambio de información para el conjunto de la sociedad, especialmente para las entidades y profesionales que trabajan en este ámbito (trabajo en red con otras redes de seguimiento).
- Proponer medidas específicas para las zonas identificadas como “refugios climáticos”, tramos de cabecera y otros espacios fluviales cuyo microclima y cuyas características, que pueden jugar un papel importante en la pervivencia de determinadas especies o ecosistemas.
- Mejorar la gestión de las reservas como corredores ecológicos, en función del papel que juegan en los desplazamientos de las especies animales y vegetales especialmente más vulnerables por el cambio climático.

5. SELECCIÓN DE RNF PARA EL SEGUIMIENTO

Se han seleccionado provisionalmente de entre las intercomunitarias 36 RNF que cumplen con una serie de criterios de selección (ausencia de presiones significativas, existencia de figuras de protección adicionales, estado de conservación y representatividad de los tipos de ríos presentes en la red). Las RNF seleccionadas representan todas las cuencas intercomunitarias y múltiples tipologías de río, aunque lógicamente la mayoría son ríos permanentes con régimen pluvial mediterráneo. En 16 de las 36 reservas propuestas existe un punto de la red de referencia; y 8 de las RNF tienen estación de aforo. En cuanto a figuras de protección, 5 reservas están dentro de un Parque Nacional y 20 dentro de un Parque Natural.

El siguiente esquema ilustra el proceso de preselección de RNF a incluir en la red de seguimiento del cambio climático:

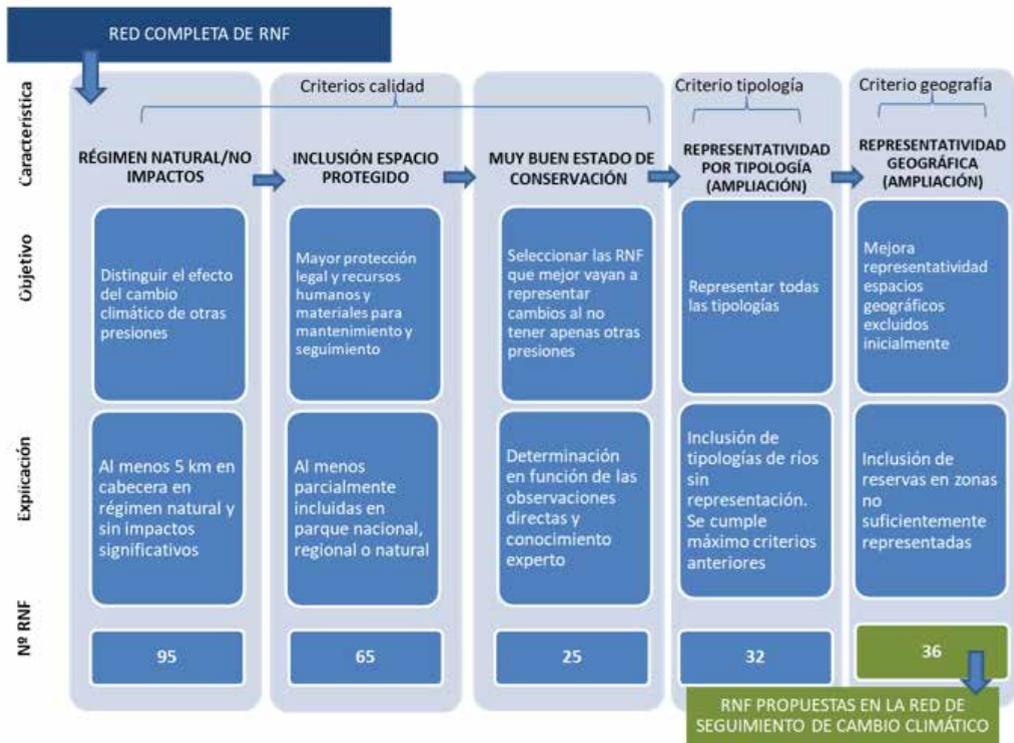


Figura 1: Esquema del proceso de selección de las RNF a integrar en la red de seguimiento de cambio climático.

De las RNF presentes en la cuenca del Segura, se han preseleccionado para el seguimiento del Cambio Climático las siguientes:

- ES070RNF143 Río Tus desde su cabecera hasta el balneario de Tus
- ES070RNF147 Arroyo de la Espinea
- ES070RNF149 Río Chícamo (desde su nacimiento hasta El Partidor)

De ellas, únicamente el Río Chícamo se encuentra en la Región de Murcia, habiéndose elegido especialmente por el criterio de representatividad por tipología (Ríos Mediterráneos Muy Mineralizados).

6. ESCALAS ESPACIALES PARA EL SEGUIMIENTO

Una vez seleccionadas las RNF, se procede a definir la superficie de la cuenca de la RNF que se encuentre exenta de alteraciones antrópicas significativas, para lo que se identifica un punto de cierre (coincidente o no con el punto de cierre de la propia RNF), aguas arriba

del cual no existan presiones de origen antrópico. Para su determinación se emplean los resultados de los trabajos previos de caracterización de las RNF, recomendaciones de personal del organismo de cuenca o de las áreas protegidas con las que solapa y cualquier otra información disponible relevante.

A continuación se define un tramo de control de unos 500 metros aguas arriba desde la ubicación del punto de cierre, en el que se monitorizará la hidromorfología y la vegetación de ribera. La anchura del tramo será dependiente del cauce activo o bien de la ribera topográfica.

Finalmente se define una “sección de control” en el punto de cierre de la cuenca libre de presiones en la que se desarrolla un seguimiento más intensivo, concentrando la toma de datos de todos los indicadores (hidrología, vegetación, geomorfología, calidad de las aguas, etc.) con el fin de poder llegar a establecer correlaciones entre dichos datos, siendo muy importante la precisión de los mismos.

Dentro de estas premisas, en cada RNF, se definirán estos niveles en función de aspectos locales como la accesibilidad y operativa de las localizaciones.

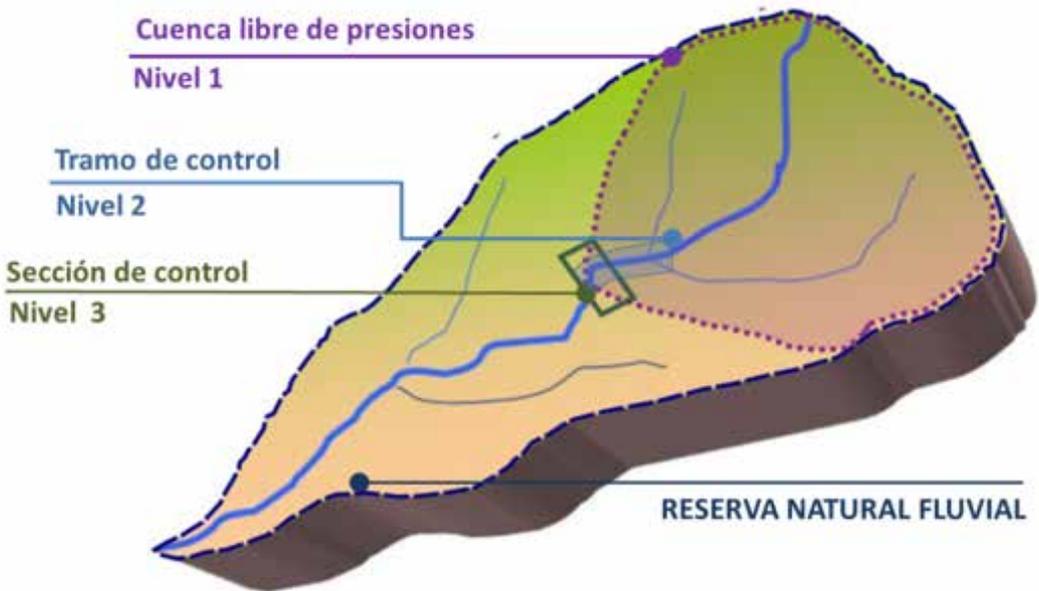


Figura 2: Niveles de la escala espacial de seguimiento.

7. MARCO TEMPORAL

El seguimiento del cambio climático en las RNF se plantea a largo plazo, de forma que permita observar patrones y tendencias de variación de las características fluviales y su posible relación con el cambio climático. La toma de datos tendrá diferente frecuencia en

función de la naturaleza del parámetro de observación y la instrumentación elegida, pero el tratamiento y emisión de informes de resultados se realizaría en dos periodos: anual y sexenalmente.

La periodicidad anual es la adecuada para el seguimiento de parámetros que experimentan una considerable variación interanual y cuya medición se puede automatizar: hidrología, meteorología, físico-química y ecología del agua, y diferentes eventos como incendios o cambios en los usos del suelo. La periodicidad sexenal se destina a informes que incorporen datos brutos o sintetizados sobre aspectos que requieren una escala temporal mayor: estructura y composición de la vegetación de la ribera o cambios en la geomorfología fluvial.

Si existieran datos históricos (climáticos, régimen de caudales, calidad de agua, etc.), se recomienda realizar un análisis de la serie completa para identificar tendencias, tratando de valorar si el cambio climático es el responsable de posibles variaciones observadas con respecto al periodo histórico previo analizado.

8. METODOLOGÍA PARA TOMA DE DATOS

La metodología para la toma de datos será diferente para cada una de las escalas espaciales de seguimiento. Para el nivel 1, análisis de datos cartográficos de toda la RNF y de su cuenca, mientras que para nivel 2 y 3 (intensivo) se añade la toma de datos de campo.

En resumen, se contemplan las siguientes metodologías de toma de datos:

- Análisis cartográfico, teledetección y LIDAR
- Toma de datos automática, especialmente para datos meteorológicos y foronómicos
- Toma de datos manual de campo, especialmente para seguimiento de vegetación de ribera, hidromorfología, y determinados parámetros de calidad de las aguas.

9. PARÁMETROS DE SEGUIMIENTO

Se proponen para cada uno de los principales componentes del medio fluvial (meteorología, hidrología, geomorfología, vegetación de ribera, estado físico-químico y biológico y perturbaciones antrópicas y eventos extremos) una serie de indicadores a observar, elegidos atendiendo a los principios de sensibilidad al cambio, replicabilidad futura y viabilidad técnica y económica. De los datos brutos capturados se podrán derivar diferentes variables e índices de seguimiento.

Tabla 1: Parámetros de seguimiento a medir para cada uno de los componentes del medio fluvial de acuerdo al PSCC-RNF.

COMPONENTES DEL MEDIO FLUVIAL	PARÁMETRO DE OBSERVACIÓN
METEOROLOGÍA	Temperatura Precipitación Nieve Humedad Radiación solar
HIDROLOGÍA	Caudales Permanencia hidrológica Aguas subterráneas
GEOMORFOLOGÍA FLUVIAL	Morfometría del cauce en planta Perfil transversal del río Tipo y estructura de los sedimentos
VEGETACIÓN DE RIBERA	Dimensiones de la zona ribereña Composición específica Cobertura Dendrometría Estado fitosanitario Fenología
ESTADO FÍSICO-QUÍMICO Y BIOLÓGICO DEL AGUA	Temperatura del agua Oxígeno disuelto Conductividad Macroinvertebrados Macrófitos Diatomeas Especies invasoras
PERTURBACIONES Y EVENTOS	Usos del suelo Incendios forestales

10. TRATAMIENTO Y EXPLOTACIÓN DE LA INFORMACIÓN

La aplicación del seguimiento generará gran cantidad de datos tanto brutos como procesados, además de informes a escala de RNF y a escala de red, por lo que será necesario un sistema de coordinación, almacenamiento, procesamiento de la información y difusión.

Una posibilidad es la creación de aplicaciones informáticas para la gestión de bases de datos o la organización de bases de datos geográficas. El uso de un SIG puede favorecer la disponibilidad de la información sobre la evolución de la propia red, facilitando el

intercambio de información entre los profesionales de las diferentes administraciones a través de aplicaciones comunes.

Los datos registrados automáticamente y tomados en campo también deberán ser recogidos de manera centralizada y validados. Por ejemplo, los datos generados por las estaciones meteorológicas se enviarán vía GSM, GPRS y satélite a un centro de control y éste deberá validar los datos y almacenarlos. Para la toma de datos en campo, se fomentará el uso de aplicaciones móviles, que permiten agilizar el procesado de datos, datos que también deberán centralizarse y validarse.

La difusión se debe canalizar a través de diferentes medios, entre los que cabría destacar Adaptecca, plataforma de intercambio y consulta de información en materia de adaptación al cambio climático o el propio portal oficial del actual Ministerio de Transición Ecológica. Igualmente importante será la difusión al público en general a través de las webs de los organismos de cuenca, y una difusión más activa mediante cooperación interadministrativa con otras administraciones implicadas en la gestión de las RNF.

Anteriormente se han citado los informes anuales y sexenales. El informe anual incluirá el seguimiento de aquellos parámetros cuya toma de datos sea automática o aquellos cuya información se recopila a través de campañas de frecuencia mensual. El informe sexenal, será el informe completo de resultados, donde se incorporen los informes anuales y aquel conjunto de parámetros de observación cuya escala de cambios requiere una toma de datos más espaciada, como por ejemplo la geomorfología. Este informe será más amplio y exhaustivo y se analizarán las relaciones causa-efecto de variación de los parámetros analizados.

11. CONCLUSIONES

La existencia de una red de RNF ofrece la posibilidad de llevar a cabo un seguimiento sobre los efectos del cambio climático en el ecosistema fluvial, de manera que permita monitorizar y detectar cambios para anticiparse a efectos adversos y mitigarlos. Existen a nivel nacional e internacional precedentes en materia de seguimiento ecológico y seguimiento del cambio global y climático que resultan antecedentes relevantes para sentar las bases metodológicas y la selección de los potenciales parámetros de observación. Se entiende que la influencia antrópica en las RNF es mínima por lo que los cambios a largo plazo que se observen van a venir determinados por el cambio climático. No obstante, se es consciente de las limitaciones; en primer lugar, en la necesidad de series temporales de datos suficientemente largas para observar tendencias relevantes, y adicionalmente la dificultad de distinguir en ocasiones entre los efectos del cambio climático y el cambio global (contaminación, llegada de especies exóticas invasoras, etc.).

El estudio para el seguimiento del cambio climático en las RNF se propone desde una perspectiva a largo plazo, de forma que permita observar patrones y tendencias de variación de las características fluviales y su relación con el cambio climático. El conjunto de parámetros propuestos podrá convertirse en variables de seguimiento o indicadores en función de las necesidades futuras a escala de RNF o a escala de red en materia de estandarizar

resultados. La información obtenida se podrá complementar con un análisis histórico para establecer los valores de referencia y periodo de control de estas RNF. Asimismo, también se considera relevante establecer en el futuro un sistema de gestión y explotación de la información que permita acceder, controlar y difundir la información de manera coordinada y atendiendo al concepto de gobernanza.

Bibliografía

AEMET y OECC (2018). *Cambio Climático: Calentamiento Global de 1,5°C*. Agencia Estatal de Meteorología y Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio para la Transición Ecológica, Madrid.

AEMET (2008). *Generación de escenarios regionalizados de cambio climático para España*. Agencia Estatal de Meteorología. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.

AEMET (2016). *Proyecciones climáticas para el siglo XXI*. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.

Aparicio, M., Ballarín, D., Codorníu, A., Fernández, A., García, J., González, G., García, J.H., Ibisate, A., Magdaleno, F., Manuel, X., Martínez, C., Luis Núñez, J., Ollero, A., Pérez, A., Puig, A., Javier-Sánchez, F. (2015). *Protocolo para la caracterización hidromorfológica de masas de agua de la categoría ríos en España*. II Congreso Ibérico de Restauración Fluvial - RESTAURARIOS 2015.

Brittain, J.E. (2008). *Mayflies, biodiversity and climate change*. En: F.R. Hauer, J.A. Stanford & R.L. Newell (eds.) *International Advances in the Ecology, Zoogeography, and Systematics of Mayflies and Stoneflies*. pp. 1-14. University of California Press, Berkeley.

CEDEX (2010). Estudio de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua. Ficha 1: Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural. Informe Técnico Centro de Estudios Hidrográficos - CEDEX, Tomo único, clave CEDEX 42-407-1-001. Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica del Ministerio de Fomento.

CEDEX (2012). *Estudio de los Impactos del Cambio Climático en los Recursos Hídricos y las Masas de Agua. Informe Final*. Encomienda del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Secretaría de Estado de Medio Ambiente. Dirección General del Agua. Madrid, diciembre de 2012.

CEDEX. (2017). *Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos y sequías en España*. Informe Técnico Centro de Estudios Hidrográficos - CEDEX, Tomo único, clave 42-425-0-001. Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica del Ministerio de Fomento, Madrid.

DIRECTIVA 2000/60/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas

DIRECTIVA 2007/60/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 23 de octubre de 2007 relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación.

Dworak, T. y Leipprand, A. (2007). *Climate Change and the EU Water Policy: Including Climate Change in River Basin Planning*. Support to the CIS working group on Climate change and Water. Ecologic Institute, Viena.

Dudgeon, D., et al. (2006). *Freshwater Biodiversity: Importance, Threats, Status and Conservation Challenges*. Biological Reviews, 81, 163-182.

<https://doi.org/10.1017/S1464793105006950>

EC (2009). Guidance document No. 24. *River basin management in a changing climate*. European Communities, Bruselas.

EC (2011). *Climate change impacts and adaptation: reducing water-related risks in Europe*. Proceedings of the EU-ISDR Int. Workshop, Brussels, 6-7 July 2010, EUR Report, EUR 10-620 EN.

EC (2016). *Adapting the management of Water and Environmental Resources in response to Global Change*. Disponible en:

http://ec.europa.eu/environment/water/adaptation/index_en.htm

EC (2019). *Impact Assessment and support studies for the Blueprint to safeguard Europe's water resources*. European Commission; Water-Blueprint. Available at:

https://ec.europa.eu/environment/water/blueprint/ia_en.htm

EEA (2014). Adaptive strategies to mitigate the impacts of climate change on European freshwater ecosystems. AceProject | Climate-ADAPT. European Environment Agency, 2014

EEA, 2015. *Evaluating the Impacts of Global Change on European Freshwater Ecosystems*. AceProject | Climate-ADAPT. European Climate Adaptation. European Environment Agency, 2015.

EEA (2017). *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report*. EEA Report No 1/2017. European Environment Agency, 2017.

EEA (2018). *Climate impacts on water resources*. European Environment Agency. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/archived/archived-content-water-topic/water-resources/climate-impacts-on-water-resources>

EUROPARC España. 2018. *Las áreas protegidas en el contexto del cambio global: incorporación de la adaptación al cambio climático en la planificación y gestión*. Segunda edición, revisada y ampliada. Ed. Fundación Interuniversitaria Fernando González Bernáldez para los espacios naturales. Madrid. 168 págs.

Estela Monreal, T. y Francés Mahamud, M. (2008). *Datos sobre la nieve y los glaciares en las cordilleras españolas. El Programa ERHIN (1984-2008)*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Dirección General del Agua.

García, C., Gómez-Pujol, L., Morán-Tejeda, E. y Batalle, R.J. (Eds.) (2018): *Geomorfología del Antropoceno. Efectos del cambio global sobre los procesos geomorfológicos*. Universitat de les Illes Balears, Sociedad Española de Geomorfología, Palma, 4092 pp.

Giorgi, Filippo & Lionello, P. (2007). *Climate change projections for the Mediterranean region*. *Global and Planetary Change*.63.90-104. 10.1016/j.gloplacha.2007.09.005.

González del Tánago, M. y García de Jalón, D. (2007). *Restauración de ríos: guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 317 pp.

Gonzalez del Tánago, M.; Criado, R.; Hernández, E.; Arrojo, P.; Ramos, B. (2008). *Inundaciones y cambio climático*. En: "El cambio climático en España y sus consecuencias en el sector del Agua". Universidad Rey Juan Carlos, Aqualia, Madrid, España, pp. 53-66. ISBN 9788469165287.

González del Tánago (2010). *El sistema fluvial formas y procesos los ríos en buen estado ecológico*. Curso sobre restauración de ríos. Curso sobre RESTAURACIÓN DE RÍOS. Sevilla, 15,16 y 23 de Marzo, 2010.

Hidalgo, R. (2016). *La Red Natura 2000 y el Cambio Climático. Seminario 'Integración de la adaptación al cambio climático en la planificación y la gestión de las áreas protegidas en España'* (Valsain, 4-5 abril 2016). Disponible en: http://www.redeuroparc.org/system/files/shared/Cambioglobal/seminario_1/n2000_y_cambio_climatico.pdf

Horvath, B.; Quevauviller, P. (2010) *Adaptation to climate change in river basin management planning in the EU –policy context and research trends*. WFD Lille 2010. Disponible en: https://circabc.europa.eu/webdav/CircaBC/env/wfd/Library/framework_directive/implementation_conventio/management_conference/Mon%201500%20Horvath%20and%20Quevauviller.pdf

IPCC (2014). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 págs.

IPCC (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press.

- IPCC (2019). *Climate Change and Land: An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Ginebra, Suiza. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/report/srcl/>
- Kilsby, C.G., Large, A.R.G., Newson, M.D., Orr, H.G. y Walsh, C.L. (2009). Incorporating climate change in river typologies for the Water Framework Directive. Environmental Agency, United Kingdom, Bristol.
- Kilsby, C.G.; Tellier, S.S.; Fowler, H.J. y Howels, T.R. (2007). Hydrological impacts of climate change on the Tejo and Guadiana Rivers. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 11: 1175-1189.
- Luna, Y., López, J.A. y Guijarro, J.A. (2012). *Tendencias observadas en España en precipitación y temperatura*. *Revista Española de Física* 26: 12-17.
- Magdaleno, F., Martínez, R. y Roch, V. (2010). Índice RFV para la valoración del estado del bosque de ribera. *Ingeniería Civil* 157: 85-96.
- MAGRAMA (2016). *Cambio Climático: Informe de síntesis Guía Resumida del Quinto Informe devaluación del IPCC*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.
- MAGRAMA (2017). *Cuarto Informe de Seguimiento del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.
- MAPAMA (2016). Seguimiento de la productividad primaria de los ecosistemas de la Red de Parques Nacionales mediante técnicas de Teledetección. Informe técnico. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.
- MAPAMA (2017). Líneas estratégicas para la gestión de las Reservas Naturales Fluviales. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 36 pp.
- MAPAMA (2017). Plan de Seguimiento y Evaluación de la Red de Parques Nacionales. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Fecha de actualización: Enero 2016.
- MAPAMA (2017). Taller sobre inundaciones y cambio climático: Constitución del grupo de I+D+i de inundaciones. PIMA Adapta. Ministerio de Agricultura Y Pesca, Alimentación Y Medio Ambiente. Secretaría de Estado de Medio Ambiente Dirección General del Agua Subdirección General de Gestión Integrada del Dominio Público Hidráulico. Madrid. 21 de junio de 2017.
- Martín-Vide, J. (2004). *Spatial distribution of daily precipitation concentration index in Peninsular Spain*. *International Journal of Climatology*, 24: 959-971.
- Martín-Vide, J.; Olcina, J. (2001). *Climas y tiempos de España*. *Revista de geografía*, ISSN 1132-1202, N° 14, 2004, págs. 208-213

Mestre, I., Casado, M. J., y Rodríguez, E. (2015). *Tendencias observadas y proyecciones de cambio climático sobre España*. Capítulo 2: 87-98. En Herrero A & Zavala MA, editores (2015) *Los Bosques y la Biodiversidad frente al Cambio Climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.

MIMAM (2005). *Principales conclusiones de la evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático*. Oficina española de Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, España.

MIMAM (2006). *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático- Marco para la coordinación entre Administraciones Públicas para las actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático*. Oficina Española de Cambio Climático. Secretaria General para la Prevención de la Contaminación y del Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente.

MITECO (2019). *Catálogo Nacional de Reservas Hidrológicas*. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/Catalogo-Nacional-de-Reservas-Hidrologicas/Default.aspx>

MITECO (2019). *ERHIN- Evaluación de recursos hídricos procedentes de la innivación*. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/evaluacion-de-los-recursos-hidricos/ERHIN/>

MITECO (2019). *Plan PIMA Adapta Agua (2015-2020)*. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/agua/planes-y-estrategias/plan-pima-adapta-agua.aspx>

MITECO (2019). *Protocolo de caracterización hidromorfológica de masas de agua de la categoría ríos.M-R-HMF-2019*. Edita. Ministerio para la Transición Ecológica. 119 pp. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/protocolo-caracterizacion-hmf-abril-2019_tcm30-496596.pdf

Morata-Gasca, A. (2014). *Guía de escenarios regionalizados de cambio climático sobre España a partir de los resultados del IPCC-AR4*. Agencia Estatal de Meteorología. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Agencia Estatal de Meteorología. Madrid, 2014. Disponible en:

http://www.aemet.es/documentos/es/conocerlas/publicaciones/Guia_IPCC/Guia_IPCC.pdf

Nikulin, G., Kjellström, E., Hansson, U., Strandberg, G. y Ullerstig, A. (2011). *Evaluation and future projections of temperature, precipitation and wind extremes over Europe in an ensemble of regional climate simulations*. Tellus A, 63; 41–55.

OAPN (2015). *Red de Seguimiento del Cambio Global en la Red de Parques Nacionales Informe de resultados para el periodo: 1 de enero de 2008 - 30 de junio de 2015*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Disponible en:

https://www.miteco.gob.es/es/red-parques-nacionales/red-seguimiento/resultados-2014-rscg_tcm30-377618.pdf

OECC. (2012). *Evidencias de los impactos del cambio climático en España. Plan Nacional de Adaptación al Cambio climático*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Oficina Española de Cambio Climático. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/CC_Efectos_evidencias_tcm30-101271.pdf

OECC. (2014). *Cambio Climático: Impactos, Adaptación y Mitigación. Guía resumida del Quinto informe de Evaluación del IPCC*. Grupo de Trabajo II. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, 2014.58 pp.

OECC. (2018). *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Cuarto Informe de Seguimiento*. Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio de Transición Ecológica, 2018. 185 pp.

OECD, 2013. *Water and Climate Change Adaptation: Policies to Navigate Uncharted Waters*. OECD Studies on Water, OECD Publishing. Disponible en:

<http://dx.doi.org/10.1787/9789264200449-en>.

Ollero, Alfredo. (2011). *Los cauces fluviales como indicadores de cambio global: propuesta metodológica*. Zubía. Monográfico 23. 200.

Pascual, D., López-Bustins, J.A., Pla, E. y Terradas, J. (2014). *Impacts of climate change on water resources in the Mediterranean Basin*. Hydrological Sciences Journal. DOI: 10.1080/02626667.2014.947290.

Petisco, E., Ramos, P. y Martín, J.M. (2012). *Extremos de temperatura y precipitación para el siglo XXI en España. Cambio Climático; extremos e impactos*. Actas del 8º Congreso de la Asociación Española de Climatología.

Pletterbauer F., Melcher A., Graf W. (2018). *Climate Change Impacts in Riverine Ecosystems*. In: Schmutz S., Sendzimir J. (eds) *Riverine Ecosystem Management*. Aquatic Ecology Series, vol 8. Springer, Cham

Quevauviller, Philippe. (2011). *WFD River Basin Management Planning in the Context of Climate Change Adaptation -Policy and Research Trends*. European Water. 34.

Red de Seguimiento del Cambio Global (2017). *Observar de cerca el cambio global en los parques nacionales españoles*. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

Ruza-Rodríguez, J. (2008). *El concepto de estado ecológico: indicadores biológicos utilizados. Proceso de establecimiento de objetivos ambientales: Las condiciones de referencia y el ejercicio de intercalibración europea*. Jornada sobre estado ecológico y gestión del agua. Nuevas reglas del juego en la gestión del agua. 15 de Octubre de 2008.

TRAGSA (2018). *Caracterización de las Reservas Naturales Fluviales y propuesta de medidas de gestión*. Informe inédito. .

TRAGSA (2018). Protocolo de Seguimiento de Cambio Climático en la Red de Reservas Naturales Fluviales. Documento de trabajo.

Woodward, Guy & Perkins, Daniel & Brown, Lee. (2010). *Climate change and freshwater ecosystems: Impacts across multiple levels of organization*. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 365. 2093-2106. 10.1098/rstb.2010.0055.

CAPÍTULO N° 4

ESTUDIO DEL IMPACTO DE LAS INUNDACIONES EN LA SALUD MEDIOAMBIENTAL INFANTO-JUVENIL EN EL MAR MENOR: DISEÑO, PROTOCOLO Y DATOS PRELIMINARES

Ortega García Juan Antonio ^a, Pablo Párraga-Avilés ^a, Estefanía Aguilar Ros ^a, Juan Jiménez Roset ^b

^a *Unidad de Salud Medioambiental Pediátrica, Departamento de Pediatría, Laboratory of Environment and Human Health, Institute of Biomedical Research (IMIB-Arrixaca), Hospital Clínico Universitario "Virgen de la Arrixaca," Universidad de Murcia, España.*

^b *Unidad de Salud Mental del Mar Menor. Hospital General Universitario "Los Arcos," Pozo Aledo, Murcia, España.*

Autor correspondencia. JA Ortega-García ortega@pehsu.org

Keywords: environmental health; health-related quality of life; climate change, pollution; floods.

1. INTRODUCCIÓN.

Las inundaciones son el desastre natural más frecuente que afecta tanto a países de bajos como de altos ingresos económicos, con una importante carga de morbilidad planetaria. En los últimos 30 años, han provocado la muerte de más de 200.000 personas (1). Las inundaciones constituyen el 47 por ciento de todos los desastres relacionados con el clima, y ha crecido paulatinamente el número anual de inundaciones al año pasando de las 121 al año al inicio del siglo, hasta las 171 anuales en la última década (2).

Con frecuencia se tiende a separar falsamente los aspectos de la contaminación ambiental con los del Cambio Climático o emergencia climática. Sin embargo, ambos factores, están unidos en su destino, porque comparten el origen y muchos de los efectos en los ecosistemas y la salud humana (3). Tanto la contaminación de los ecosistemas como la emergencia climática tienen su origen en una forma de vida basada en 'producir y generar basura', en el consumo desaforado, y en cuyo trasfondo está una energía global basada en el consumo de combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas) y sus derivados (plásticos...). Las inundaciones son con frecuencia la gota que colma el vaso en el deterioro de los ecosistemas por las actividades humanas.

La situación del Mar Menor en la Región de Murcia, España, es un ejemplo del paradigma de la relación entre actividades humanas e inundaciones. La Región de Murcia, es una región mediterránea del Sureste de España, que cuenta con la mayor laguna salada de Europa. Situada como zona de alto riesgo para los efectos de la emergencia climática en Europa, la presión de las actividades humanas a través de una agricultura intensiva, la contaminación química del acuífero, la presión urbanística y la vulnerabilidad social y política han sido claves para contaminar el ecosistema de la ribera litoral del Mar Menor.

La emergencia climática, el ambiente construido y uso del territorio constituyen factores medioambientales clave para entender sucesos como las inundaciones provocadas durante los episodios de lluvias asociados a la Depresión Aislada en Niveles Altos (DANA) en 2019.

Desde hace años son numerosas las voces que han alertado sobre los efectos específicos de la emergencia climática y la contaminación de los ecosistemas en la población pediátrica (4). El conocimiento e investigación de los impactos en salud contribuyen a afrontar el problema de la emergencia climática y avanzar para atender a la infancia y adolescencia, una de las poblaciones más vulnerables. (4,5).

La edad pediátrica comprende un período de desarrollo en el que existen características anatómicas, fisiológicas, metabólicas y conductuales propias que la hace especialmente vulnerable a los fenómenos asociados al Cambio Climático Global (5,6). En la **tabla 1** aparecen las características de vulnerabilidad infanto-juvenil a los riesgos medioambientales. La Organización Mundial de la Salud (OMS) reconoce que, pese a que los menores de 5 años son sólo el 12% de la población, reciben el 43% de la carga de enfermedades de causa ambiental (7). De hecho, se estima que de la morbilidad atribuida a la emergencia climática hasta un 88% recae en menores de 5 años (8).

Tabla 1. Características que determinan la vulnerabilidad de la infancia a los contaminantes medioambientales

Inmadurez biológica (anatómica y funcional)
Mayor consumo energético-metabólico
Comportamiento social y Conductas propias
Mayores expectativas de vida
Impacto de la menor estatura
Nula capacidad de decisión

La OMS definió en 1993 la salud medioambiental (SMA) como (9): a) los aspectos de la salud humana, incluyendo la calidad de vida, determinados por las interacciones de los agentes medioambientales físicos, químicos, biológicos, psíquicos y sociales, y b) los aspectos teóricos y prácticos para evaluar, corregir, controlar, modificar y prevenir los factores o agentes medioambientales que afecten negativamente la salud de generaciones presentes y futuras.

Bienestar humano y Mar Menor en la Estrategia Regional

En el establecimiento de las bases para la Estrategia de Gestión Integrada de Zonas Costeras del Sistema Socioecológico del Mar Menor y su entorno se identifica como elemento clave el 'bienestar humano'. Incluso señalan 3 aspectos socioambientales directamente sobre la salud: la contaminación de las aguas lagunares y del acuífero, la degradación de hábitats naturales y pérdida de biodiversidad y el aumento de la vulnerabilidad

al cambio climático **(10)**. En la reciente declaración ambiental estratégica nos lo vuelve a recordar y señala en la visión de la Estrategia: 'que el Mar Menor alcance y mantenga un buen estado ambiental de manera que los múltiples servicios que este ecosistema le ofrece al bienestar humano puedan utilizarse de nuevo de forma equitativa y duradera **(11)**.

La evaluación del bienestar o la Calidad de Vida Relacionada con la Salud (CVRS) constituye una medida multidimensional del bienestar en el ámbito sanitario que incluye tanto, funcionamientos positivos, como negativos; que se centra más en la persona que en la enfermedad e incorpora la percepción subjetiva del paciente como un dato prioritario en la evaluación de sus resultados sanitarios, en sus dimensiones físicas, psicológicas, cognitivas y sociales **(12-14)**.

2. IMPACTOS EN LA SALUD DE LAS COMUNIDADES INUNDADAS: EVIDENCIAS CIENTÍFICAS.

En las inundaciones se han descrito tres periodos con diferentes impactos en salud: una primera fase de días o pocas semanas a la inundación en la que son importantes las tareas de rescate y emergencia, otro de semanas o meses en el que se alcanza una restauración funcional de la comunidad y un tercer periodo a largo plazo en el que se alcanza la restauración de las áreas inundadas. Las inundaciones son un desastre ambiental, y una experiencia traumática para las comunidades con implicaciones e impactos en salud inmediatos. Sin embargo, los estudios científicos muestran con frecuencia una latencia o retraso en el inicio de los síntomas, siendo los efectos a largo plazo más importantes de lo que a priori se esperaban. Los estudios sobre el impacto a corto y largo plazo en la salud de las inundaciones contribuyen a establecer y planificar estrategias que anticipación, mitigación y prevención a posibles efectos en la salud en futuros episodios, aumentan la resiliencia de las comunidades afectadas y ayudan en la priorización de la toma de decisiones **(15)**.

Los impactos en la salud por las inundaciones varían entre las poblaciones y depende de la vulnerabilidad de la población y el tipo de inundación **(2)**.

Numerosos trabajos previos han intentado cuantificar el impacto en la salud por las inundaciones. Recientemente han sido revisados por el Comité de Salud Medioambiental de la Asociación Española de pediatría **(16)**. En la **figura 1 y 2** anexa aparecen recogidos las amenazas secundarias y un resumen de los efectos en la salud de la infancia y adolescencia.

Dos terceras partes de las muertes en todas las edades asociadas a las inundaciones son por ahogamiento, y el otro tercio se debe a las intoxicaciones por monóxido de carbono, electrocución, fuego, infartos de miocardio y accidentes **(17)**. Las inundaciones se han asociado a un mayor riesgo de accidentes, epidemias de enfermedades infecciosas, malnutrición, disminución en el número de nacimientos y al incremento/agravamiento de enfermedades crónicas **(18,19)**. Los efectos psicológicos observados en las poblaciones expuestas son: trastorno de estrés postraumático (TEPT), ansiedad, depresión, insomnio, trastornos del sueño e ideación suicida **(20,21)**. En el largo plazo, las evidencias todavía limitadas sugieren una transición hacia el incremento de las patologías crónicas como trastornos neurológicos de discapacidad, infarto agudo de miocardio, enfermedades crónicas

respiratorias y digestivas, deterioro de la salud mental, deterioro de la calidad de vida relacionada con la salud (CVRS), etc.

La exposición prenatal a las inundaciones, habitualmente atribuido al estrés vivenciado por las gestantes, se ha relacionado con un mayor riesgo de bajo peso al nacer, obesidad infantil o resistencia insulínica durante la adolescencia (16).

Las inundaciones pueden ser causa de migración para comunidades enteras.

Son muchos los reportes que recogen el sentimiento de pérdida personal, material, familiar, pero también colectiva. La herida producida por un desastre natural trunca el desarrollo y prosperidad inmediatos de la comunidad afectada, por lo que planificar estrategias que estimulen la resiliencia comunitaria mitigaría sus efectos (18).

Amenazas secundarias para la salud por las inundaciones



CSM-AEP 2020

Figura 1. Amenazas secundarias para la salud por las inundaciones (16).

Efectos por las inundaciones

Efectos el periodo inmediato (días o alguna semana)

- Mortalidad
 - Ahogamientos
 - Accidentes
- Intoxicaciones
- Alergias
- Hipotermia
- Picaduras/mordeduras
- Enfermedades infecciosas
- TEPT

Efectos a medio/ largo plazo

- Discapacidad
- Enfermedades crónicas
 - Cardiovascular
 - Respiratorias
 - Obesidad/diabetes
 - Respiratorias
- Bajo peso al nacimiento/Prematuridad
- Abortos /mortinatos
- Malnutrición infantil
- Deterioro salud mental:
 - TEPT
 - Ansiedad, depresión
 - Suicidio
 - Trastornos del sueño
 - Psicosis
- Abuso de drogas
- Abuso de fármacos

Figura 2. Efectos observados en la salud por las inundaciones (16).

3. HIPÓTESIS Y BASES CIENTÍFICAS DEL ESTUDIO

El buen manejo de los desastres medioambientales requiere la recolección y análisis de datos. Los efectos de los desastres medioambientales en la salud de las poblaciones son cuantificables. Es esencial un mejor conocimiento de la salud medioambiental en estos episodios para determinar los insumos, equipos y personal necesarios para dar una respuesta adecuada a corto y largo plazo. Es necesario impulsar métodos apropiados de investigación para evaluar el impacto en la salud por las inundaciones y el deterioro de los ecosistemas para mejorar las decisiones políticas sobre la infancia y medio ambiente. Estudiar el estado de la salud medioambiental y CVRS tras el episodio de las inundaciones constituye una oportunidad única que aporta indicadores de salud contribuyendo a mejorar la resiliencia de los ecosistemas naturales y de los programas de salud y comunitarios ante el Cambio Climático. Proteger el Mar Menor y proteger la salud de las poblaciones de jóvenes ribereñas es insoluble e inseparable.

Nuestro objetivo es estudiar el estado de la salud medioambiental y el impacto en la CVRS -global, física, psicosocial, emocional, social y escolar- por las inundaciones (tras la DANA-13/9/2019) en la población infantil y juvenil del Mar Menor en comparación con un grupo control. Y evaluar la influencia en esta asociación de características sociodemográficas, medioambientales y de estilos de vida.

4. DISEÑO DEL ESTUDIO

Estudio epidemiológico comparativo entre población expuesta a una catástrofe y otra no expuesta.

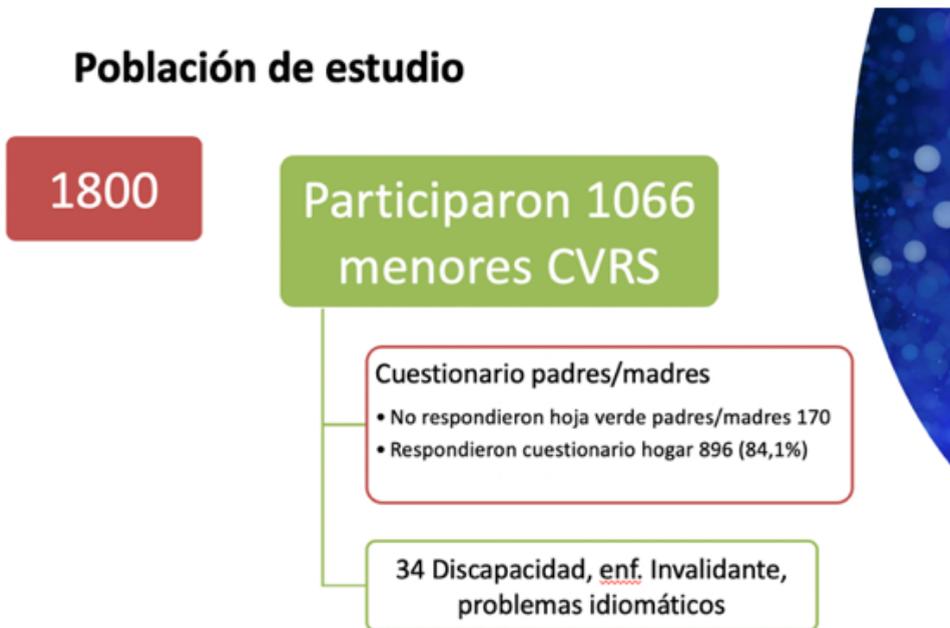
4.1 POBLACIÓN DE ESTUDIO

Diseño realizado por la Unidad de Salud Medioambiental Pediátrica del Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca (IMIB-Arrixaca), en colaboración con la Asociación Española de Pediatría. Los participantes son menores de 7 a 18 años de los centros escolares e instituto de Los Alcázares.

- Colegio público Al-kazar
- Colegio Bienvenido conejero Reguiel.
- Colegio Petra Sánchez Rollan
- Centro concertado las Claras del Mar Menor
- IES Instituto de Secundaria Antonio Menárguez Costa

Los criterios de inclusión fueron: a) niños/as residentes y escolarizados en la localidad de Los Alcázares durante el episodio de DANA sept-2019; b) Edad comprendida entre 8 y 17 años al momento del estudio. Fueron excluidos los niños con enfermedades que le incapacitaran intelectualmente para responder al cuestionario.

Se usará como grupo control, a los niños y jóvenes saludables reclutados en los centros de salud de las 9 áreas sanitarias de la Región de Murcia durante el año 2018-19.



4.2. INSTRUMENTOS DE MEDIDA

La medida de la CVRS se obtiene a partir del análisis de las respuestas a un cuestionario auto administrado estandarizado (PedsQL™ 4.0 versión genérica) que incluyen respuestas de los niños y jóvenes adaptado según la edad de los participantes.

Una vez completado el cuestionario de CVRS se entregó a los participantes para completar en casa por los padres y madres de los niños participantes, un cuestionario llamado Hoja verde.

Hoja Verde. Cribado ambiental básico autocumplimentado por la familia. Versión modificada de la Hoja Verde del cambio climático (6). Recoge datos sociodemográficos además de información sobre estilos de vida y exposiciones medioambientales de riesgo en el hogar, barrio y escuela/trabajo. Es un conjunto de preguntas concisas y concretas que nos permiten evaluar exposiciones medioambientales de riesgo en el sujeto y su entorno. Dentro de los datos sociodemográficos se indaga sobre el nivel de estudios parental o el nivel de renta. En las variables medioambientales se explora el año de construcción de la casa, la localización de ésta y su proximidad a zonas verdes, así como la exposición al humo ambiental de tabaco en el hogar. Entre los estilos de vida se pregunta sobre la dieta y los hábitos de actividad física del encuestado; finalizando con la frecuencia del uso de aparatos electrónicos. Los cuestionarios se distribuyen en formato impreso a cumplimentar por los padres.

Cuestionario adicional dirigido a los representantes de la comunidad escolar, para conocer el estado del diagnóstico de la salud ambiental escolar del centro.

PedsQL 4.0 Generic Core Scales. Cuestionario usado para valorar la calidad de vida relacionada con la Salud. Este cuestionario contiene 23 ítems aplicables a población pediátrica. El PedsQL™ 4.0 versión genérica se compone de 6 esferas distintas: (a) La relacionada con el bienestar físico, (b) la relacionada con el bienestar emocional, (c) con el bienestar social, (d) con el bienestar escolar o académico, (e) la psicosocial que engloba las tres anteriores, (f) y la global. El cuestionario PedsQL™ 4.0 versión genérica está traducido y validado al español.

Los 23 ítems en este instrumento de medida de la CV, se refieren a problemas o dificultades, así como a la intensidad o frecuencia.

En todos ellos se incluyen, en primer lugar, ítems relacionados con la salud y la actividad física, como el dolor, cansancio, dificultad para correr o ayudar en casa; seguidamente existe un grupo que trata de sus sentimientos, incluyendo problemas de miedo, tristeza, enfado y dificultad para conciliar el sueño; un tercer grupo engloba las relaciones sociales, incidiendo en la dificultad para entablar amistades, recibir burlas por parte de compañeros o seguir el ritmo de otros niños de su edad; por último se encuentran los problemas con las actividades escolares tales como dificultad de atención en clase, hacer las tareas del colegio e incluso ausentarse por enfermedad.

Cada subescala es una escala de Likert con respuesta de 0 a 5. Son transformados en una escala lineal de 0 a 100 donde mayores resultados indican mejor Calidad de Vida Relacionada con la Salud.

Los participantes tienen un teléfono de contacto para resolver las dudas.

4.3. PROCEDIMIENTO

Los datos del grupo de niños/adolescentes del Mar Menor, son recogidos a través de los colegios de la zona participantes en el estudio entre el 20 de octubre y 20 de noviembre de 2019. Se envió a todos los niños del colegio participante que cumpla los criterios.

Se realizará una sesión informativa con los grupos de interés para el éxito del proyecto: responsables de los colegios, ampas, concejalías de educación y salud.

4.4. VARIABLES

Las siguientes variables fueron valoradas para estudiar su influencia en la CVRS:

Sociodemográficas: (a) sexo; (b) Ingresos netos mensuales (€/mes); (c) tipo de familia; (d) Nivel de estudios padre; (e) nivel de estudios de la madre; (f) ocupación; (g) domicilio de la familia; (h) si se les ha inundado la casa o no

Medioambiente y estilos de vida: (a) Actividad física, fue evaluada según la intensidad reportados en MET-h/semana de acuerdo al Compendium of Physical Activities y se crearon 3 categorías según las recomendaciones de actividad física de organismos internacionales; (b) horas al día que pasan viendo las pantallas; (c) Actividades en contacto con la naturaleza (frecuencia antes y después de la DANA); (d) exposición al humo ambiental de tabaco (sí/no); (e) exposición a alcohol y cannabis y (f) escala de likert de 0 a 10 en percepción de la familia sobre la calidad del aire exterior.

4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis descriptivo inicialmente sobre las distintas dimensiones de la CVRS, y distribución de frecuencias tanto en la CVRS como de las variables de la Hoja Verde. Se han buscado diferencias entre los residentes en los Alcázares y otras zonas de la Región en la calidad de vida relacionada con la salud y los aspectos medioambientales. Finalmente modelos de regresión lineal múltiple fueron realizados para buscar asociaciones con la calidad de vida relacionada con la salud en los niños y adolescentes del estudio. En los modelos fueron incluidas las variables con una significación $p < 0.05$ en el análisis univariante. Antes de realizar el modelo multivariante se realiza estudio de multicolinealidad entre las variables. Para determinar la magnitud de las diferencias en la Calidad de Vida Relacionada con la Salud entre los grupos se calculó el Cohen's d / f^2 . Se usó el IBM SPSS Statistics for Mac OS X, version 24.0. Armonk, NY: IBM Corp.

4.6. CONSENTIMIENTO INFORMADO.

Se obtuvo el consentimiento informado de todos los participantes mayores de 12 años y de los padres en el caso de menores de edad. El estudio ha sido aprobado por el comité de ética del Hospital Clínico Univ. Virgen de la Arrixaca y el comité de ética de investigación de la Universidad de Murcia.

5. CRONOGRAMA DE TRABAJO

La planificación del estudio fue realizada en las semanas inmediatamente posterior al episodio de la DANA (13/09/19). Varias jornadas de reflexión y sensibilización donde activos comunitarios y científicos sentamos las bases de oportunidad para realizar el proyecto. Durante las 2 semanas posteriores a las inundaciones de septiembre tuvimos el equipo investigador la oportunidad de conocer y realizar un análisis sobre los barreras, desafíos y oportunidades para realizar un trabajo sobre salud medioambiental en una comunidad afectada por una catástrofe ambiental. Numerosas reuniones con grupos focales fueron realizadas en los Alcázares.

5.1. Colaboración institucional. Fue clave la disposición tanto de las instituciones regionales como locales para emprender el proyecto. Las Consejerías de Salud y de Educación de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia facilitaron el acceso coordinado y colaboración entre profesionales de salud y de la educación para realizar el estudio. El ayuntamiento de Los Alcázares, con la concejalía de Salud y Educación al frente fue clave para coordinar las acciones con el equipo investigador.

5.2. Trabajo comunitario. Colegios y Ampas en acción. Durante la sexta semana se envió el consentimiento informado para participar a los padres y madres a casa. El cuestionario de CVRS fue realizado durante la séptima semana después de las inundaciones. Y la hoja verde cuestionario para rellenar las familias participantes en casa durante la octava semana tras las inundaciones.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este trabajo presentaremos algunos resultados generales y muy preliminares de algunos de los factores estudiados.

Sociodemográficos.

Con una tasa media de participación del 59%, oscilando entre el 70% del colegio Al-kazar y el 49% de los colegios Petra San Rollán y Bienvenido Conejero, un total de 1066 jóvenes escolares participaron (51% niñas) con una media de edad de 11,9 años (rango de 7 a 19 años).

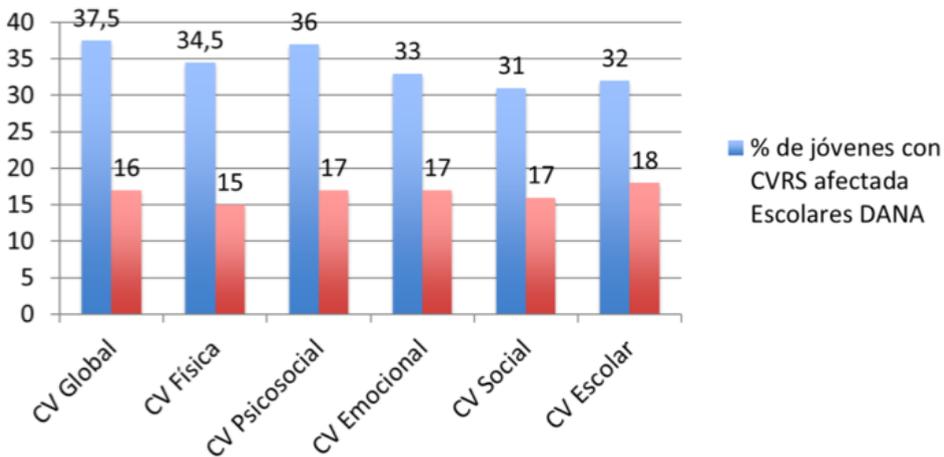
El 80% viven a menos de 2 km de la orilla del Mar. El 47,6% de las familias viven con menos de 1,500 € / mes. El 54,8% de las familias refieren vivir en una zona inundable y el 40,8% su casa fue inundada en la primera DANA de 2019.

Impacto en el bienestar físico y psicosocial a los dos meses.

14% de la infancia y adolescencia tuvo alguna lesión o enfermedad aguda o agravada relacionada con el episodio de inundación, los más frecuentes fueron picaduras de insectos, problemas gastrointestinales y respiratorios. Comparando con el grupo control (n = 333), la infancia y adolescencia de la Ribera del Mar Menor obtuvo peores resultados significativos todos los dominios de la salud evaluados en el cuestionario PedsQL: Calidad de vida con Salud total (73.37 vs 81.49, p <0.01); con la salud física (73.42 vs 83.49, p <0.01); con

la salud psicosocial (73.34 vs. 80.39, $p < 0.01$); salud emocional (65.37 vs 73.14, $p < 0.01$); salud social (83.64 vs. 90.81, $p < 0.01$) y escolar (71.02 vs. 77.05, $p < 0.01$). En la gráfica se observa que prácticamente dobla el porcentaje de niños y adolescentes con una CVRS afectada (disminuida o muy mala) en todas las dimensiones respecto a los controles de otras áreas (en rojo). Las inundaciones provocan un fuerte impacto y deterioro en la calidad de vida en la infancia y adolescencia de la ribera litoral. Las diferencias de medias de la siguiente tabla son significativas en todas las dimensiones de la calidad de vida relacionada con la salud ($p < 0,01$). No hay diferencias significativas en los resultados de la calidad de vida de los niños con domicilio en Los Alcázares y San Javier. Los resultados son extrapolables a ambos municipios.

% de jóvenes con CVRS disminuida



Sistemas de información geográfica.

Actualmente investigadores de la Universidad Politécnica de Cartagena y del Instituto de Salud Carlos III están desarrollando modelos individualizados y personalizados que pueden ayudar en la predicción y manejo en zonas inundables.



Experiencia de contacto con la naturaleza (marina)

El contacto con la naturaleza mínimo saludable de los niños/as en edad escolar se definiría como 'al menos 1 experiencia (Paseos o actividades por la playa, en el mar, paseos, parques urbanos, o naturales montaña...) de 1 h o más al día'. Podríamos decir que el Déficit de Contacto con la naturaleza afecta al 75% de los escolares del Mar Menor. Durante los 2 meses posteriores a las inundaciones aumentó al 87%. Pero a pesar de eso, antes de la DANA, la infancia y adolescencia del Mar Menor, tiene un mayor número de experiencias en contacto con la naturaleza que los controles (23% frente al 15%).

Los niños (27,5%) y las niñas (20,1%) salen a diario al menos 1 hora ($p=0,08$). Tras las inundaciones disminuye significativamente y de forma sostenida en el tiempo.

		Nunca	Sólo en vacaciones	Alguna vez al mes	Alguna vez semana	Todos los días	
MM Antes	N (%)	10 (1,1)	45 (5,1)	115 (13,2)	497 (56,9)	207 (23,7)	874
MM Después	N (%)	60 (6,9)	54 (6,2)	155 (17,9)	481 (55,5)	116 (13,4)	866
Controles	N (%)	3 (0,9)	79 (25)	75 (22,8)	120 (36,5)	52 (15,8)	329
Chi-cuadrado < 0,01 tanto Antes como Después comparado con los controles							
Tabla 2. Experiencias de contacto con la naturaleza.							

Contaminación atmosférica

Hemos usado una escala de Likert validada sobre percepción o molestia de contaminación atmosférica urbana (0 es ninguna molestia; 10 es insoportable) que presenta una fuerte correlación $>0,85$ con niveles de materia particulada (PM10) y Óxidos de Nitrógeno. La pregunta ha sido realizada antes y después de las inundaciones. También ha sido preguntada en los controles de otras áreas de la Región. Consideramos: calidad del aire buena cuando se puntúa 2 o menos en esta escala. Calidad del aire mala cuando puntúa de 7 a 9, e insoportable 10.

Antes de las Inundaciones. La calidad del aire percibida es mejor en la ribera litoral [media es de 3,01 (IC95% 2,85-3,19)] que en el resto de la Región de Murcia [media 3,47 (3,16-3,66)], $p < 0,01$. Y es lógico que sea así, por el efecto del mar y la baja actividad industrial de los pueblos del Mar Menor. Vivir junto al mar con frecuencia permite gozar globalmente de una mejor calidad del aire.

Después de las Inundaciones. Empeoramiento significativo de la calidad del aire. En general el incremento de la materia particulada tras las inundaciones se asocia al polvo seco generado cuando el barro se seca. Esto incrementa la concentración de partículas de contaminación que se mantienen en resuspensión durante semanas o meses. La composición de estas partículas es variable y asociada al tipo de contaminantes arrastrados por los lodos de las inundaciones (en el mar menor incluye arcillas, polvo del suelo, metales pesados y pesticidas entre otros).

Con sensores personales, hemos podido objetivar un empeoramiento en los Alcázares de la calidad del aire durante 3 meses posteriores a las inundaciones. La mayoría de los incrementos observados se asocian a materia particulada en relación con el polvo en resuspensión. Algunos barrios concretos presentaban transitoriamente incrementos de óxidos de nitrógeno que sugerían una relación con mayor presión de tráfico puntual, o por los motores y bombas de extracción usadas en determinadas comunidades.

Tabla 3. Calidad del aire percibida antes de la Dana y a los 2 meses

Calidad del aire		Antes	Después
Buena (0-2)	n(%)	416 (49,6)	201 (23,8)
Regular o mala (3-6)	n(%)	311 (37,1)	232 (27,5)
Muy Mala (7-9)	n(%)	95 (11,2)	287 (34)
Insoportable (10)	n(%)	17 (2)	125 (14,8)

La mitad de las familias del estudio refieren una mala o insoportable calidad del aire a los 2 meses de las inundaciones.

Percepción del riesgo en salud medioambiental

Una vez identificados los 5 riesgos más importantes les pedimos a las familias que señale en qué medida considera que afectan negativamente tu salud y la de su familia. Según las familias, la contaminación del Mar Menor es lo que más afecta a la salud de las familias de la ribera litoral. Le siguen (categoría mucho): los mosquitos, contaminación del aire exterior, humedades/grietas hogar, Deficiencia de desagües (alcantarilla...) y contaminación del agua del grifo.

¿En qué medida le afecta a su salud o la de su familia?	Mucho	Bastante	Poco	Casi nada
Contaminación del Mar Menor	433	182	77	19
Plagas, mosquitos,..	341	220	84	12
Contaminación del aire exterior (polvo en la calle, tráfico, etc.)	131	161	72	9
Suciedad en las calles	91	145	78	16
Grietas, polvo en el hogar, manchas de humedad en el hogar	107	125	63	10
Contaminación del agua de bebida del grifo	95	105	57	14
Proximidad de zonas de cultivo fumigadas con plaguicidas (insecticidas, herbicidas,...)	83	109	65	13
Escasez de zonas verdes	57	125	72	14
Deficiencias en desagües o sistemas de evacuación (alcantarillas, etc.)	96	101	55	15
Proximidad a antenas de radiofrecuencia (móviles, radio...) o Proximidad a líneas de alta tensión	23	54	30	15
Proximidad de basureros o lugares de depósito de residuos peligrosos	14	30	27	14
Contaminación alimentos	24	22	11	68
Proximidad de quemas agrícolas o incendios	10	15	13	10
Proximidad de industrias molestas, tóxicas o peligrosas	10	10	3	10
Proximidad de granjas de animales, rebaños, ganado, etc.	2	9	8	7

Reflexiones finales.

El objetivo de este trabajo era presentar la base científica y el método de trabajo con algunos resultados descriptivos muy preliminares. Las inundaciones, deterioran la salud y calidad de vida relacionada con la salud física, emocional, social y escolar de los niños y adolescentes de una forma muy significativa. La emergencia climática y la contaminación del Mar Menor comparten origen y efectos. Todos los ecosistemas y formas de vida están interconectados. Un enfoque de la salud medioambiental y comunitaria puede ayudar a mejorar la capacidad de los sistemas de salud y a largo término la salud del Mar Menor y los niños. Este es el primer estudio que intenta cuantificar algunos impactos en salud por desastres medioambientales de la infancia del Mar Menor.

El bienestar humano se ha identificado en la Estrategia de Gestión Integrada de Zonas Costeras del Sistema Socioecológico del Mar Menor y su entorno se como un elemento clave. A pesar de esto, es necesario reconocer que la salud y bienestar no ha sido identificada hasta ahora como una prioridad entre las medidas a tomar en el Mar Menor por los expertos e investigadores, pero en nuestra opinión todas las medidas principales deberían abordarse de forma que mejorar la salud y bienestar de la infancia en la Región de Murcia sea uno de sus objetivos secundarios.

El estudio incluye aspectos generales de salud y medioambiente que permitirán en el futuro tener una mejor capacidad predictiva sobre los impactos de las actividades humanas no solo en el ecosistema sino también en la infancia y adolescencia. La colaboración de instituciones, colegios y familias ha demostrado ser clave para realizar el estudio. Algunos de los jóvenes participantes, han constituido una Asociación Juvenil Red de Jóvenes Alcazareños (Por el Mar Menor), con la finalidad de mejorar el entorno en el que viven. Esperamos consolidar y convertir esta investigación con más de 1000 jóvenes como una de los pocos estudios longitudinales en el mundo sobre salud infanto-juvenil e impacto del cambio climático en los ecosistemas marítimos. Este estudio ayudará a las autoridades sanitarias y medioambientales a cuantificar el impacto y a planificar el futuro mejorando la salud de las personas y de los ecosistemas.

Las acciones sobre el Mar Menor y la Comarca requerirán liderazgos valientes, crear nuevas estructuras y redes colaborativas para la innovación social en salud y el Mar, nuevos perfiles profesionales, una redistribución sustancial de los recursos para el Mar Menor y amplios cambios sociales. Favorecer un modelo de economía circular más limpio y sostenible, alejándose del modelo de crecimiento económico basado en la «cultura de la basura», que requiere un uso intensivo de recursos. Estos cambios no serán fáciles. Tendrán que superar la fuerte oposición de poderosos intereses creados. Pero, afortunadamente, los avances tecnológicos, las políticas e instituciones necesarias para controlar estos desafíos ya están disponibles. La creciente conciencia social de la relación entre salud y medio ambiente es el principal motor hacia el cambio. La cooperación entre gobernantes, sociedad civil y científicos puede constituir una herramienta muy poderosa para mejorar el Mar Menor, la felicidad y la salud de la infancia y adolescencia.

Bibliografía

1. Jakubicka T, Vos F, Phalkey R and Marx M 2010 Health impacts of floods in Europe: Data gaps and information needs from a spatial perspective A MICRODIS report Brussels Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) Acceso enero de 2020, en: http://www.cred.be/sites/default/files/Health_impacts_of_floods_in_Europe.pdf
2. Unisdr (United Nations Office for Disaster Risk Reduction). The human cost of weather-related disasters 1995-2015, Ginebra. https://www.unisdr.org/files/46796_cop-21weatherdisastersreport2015.pdf
3. Landrigan P, Fuller R, Haines A, Watts N, McCarthy G. Pollution prevention and climate change mitigation: measuring the health benefits of comprehensive interventions. *Lancet Planet Health*. 2018;2(12):e515-e516
4. Ortega García JA, Ferrís i Tortajada J, López-Andreu JA, García i Castell J, García i Domínguez F, Berbel Tornero O, et al. El pediatra ante el desarrollo sostenible y el cambio climático global. *Rev Española Pediatría*. 2001;57:287–298.
5. Ortega-García JA, Tellerías L, Ferrís-Tortajada J, Boldo E, Campillo-López F, van den Hazel P, et al. Threats, challenges and opportunities for paediatric environmental health in Europe, Latin America and the Caribbean. *An Pediatr (Barc)*. 2019;90:124.e1-124.e11.
6. Campillo i López F, Cárceles-Álvarez A, Ortega-García JA. Integrando el cambio climático en la práctica clínica en pediatría. In: Victoria Jumilla F, ed. *Cambio climático en la Región de Murcia. Evaluación basada en indicadores*. Murcia; CARM, 2015. p.65-72.
7. Prüss-Üstün A, Corvalán C. Preventing disease through healthy environments. Towards an estimate of the environmental burden of disease. *World Health Organization*. 2006;12:1–106.
8. Y. Zhang, P. Bi, J.E. Hiller. Climate change and disability-adjusted life years. *J Environ Health*, 2007; 70:32-36.
9. World Health Organization. Draft Definition Developed at a WHO Consultation in Sofia, Bulgaria. World Health Organization, 1993
10. Consejería de Presidencia y Fomento. Estrategia de Gestión Integrada de las Zonas Costeras del Sistema Socio-Ecológico del Mar Menor y su entorno. Feb-2018 <http://sitmurcia.carm.es/documents/13454/4801272/ESTRATEGIA+GIZC+SSEMM.pdf>
11. EAE201760020 Declaración Ambiental Estratégica. Estrategia de Gestión Integrada de las Zonas Costeras del Sistema Socio-Ecológico del Mar Menor y su entorno [https://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=158956&IDTIPO=60&RASTRO=-c856\\$m4688,53146,53179](https://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=158956&IDTIPO=60&RASTRO=-c856$m4688,53146,53179)
12. Lizán Tudela L. La calidad de vida relacionada con la salud. *Aten Primaria*. 2009; 41:411-416.

13. Otto C, Haller AC, Klasen F, Holling H, Bullinger M, Ravens-Sieberer U. Risk and protective factors of health-related quality of life in children and adolescents: results of the longitudinal BELLA study. *PLoS ONE* 2017, 12:e190363
14. Rajmil L, Herdman M, Ravens-Sieberer U, Erhart M, Alonso J. *Socioeconomic inequalities in mental health and health-related quality of life (HRQOL) in children and adolescents from 11 European countries. Int J Public Health* 2014, 59:95–105
15. Zhong S, Yang L, Toloo S, Wang Z, Tong S, Sun X, et al. The long-term physical and psychological health impacts of flooding: A systematic mapping. *Sci Total Environ.* 2018;626:165-194.
16. Comité de Salud Medioambiental, Asociación Española de Pediatría Impacto en la salud infanto-juvenil a largo plazo. En: Ortega-García JA, ed. Impacto de las inundaciones en la salud infanto-juvenil: un enfoque ambiental y comunitario. Asociación Española de Pediatría, Madrid, 2020: 49-58.
17. World Health Organization. Regional Office for Europe, Menne, B & Murray, V. (2013): Floods in the WHO European Region: Health effects and their prevention / edited by Bettina Menne and Virginia Murray. Copenhagen : WHO Regional Office for Europe. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/108625>
18. Du W, FitzGerald GJ, Clark M, Hou XY. Health impacts of floods. *Prehosp. Disaster Med.* 2010; 25, 265–272.
19. Ahern M, Kovats RS, Wilkinson P, Few R, Matthies F. Global health impacts of floods: epidemiologic evidence. *Epidemiol.* 2005; Rev. 27, 36–46.
20. Alderman K, Turner L, Tong S. Assessment of the health impacts of the 2011 summer floods in Brisbane. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness* 2012; 7, 380.
21. Paranjothy S, Gallacher J, Amlôt R, Rubin GJ, Page L, Baxter T, et al. Psychosocial impact of the summer 2007 floods in England. *BMC Public Health.* 2011; 11, 145.

TERCERA PARTE.

**SOBRE LAS FORMACIONES FORESTALES, LA
INNOVACIÓN AGROECOLOGICA Y LOS SUELOS Y LA
AGRICULTURA DE SECANO**

CAPÍTULO N° 5

INCREMENTANDO LA RESILIENCIA AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LOS BOSQUES COSTEROS: EL CASO DE LAS FORMACIONES MIXTAS *PINUS-TETRACLINIS*.

J.M. Moya Pérez¹, M.A. Esteve Selma¹

(¹) Departamento de Ecología e Hidrología. Facultad de Biología. Universidad de Murcia.

1. EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS EN UN CONTEXTO DE CAMBIO CLIMÁTICO.

Está ampliamente reconocido hoy día que la influencia humana provoca la aceleración de los procesos de cambio climático. Debido a este incremento, durante las últimas décadas se han registrado cambios importantes tanto en la composición de la vegetación de los sistemas naturales (Parmesan & Yohe 2003) como en los regímenes de perturbaciones a los que estos se ven sometidos (Allen et al. 2015, Mouillot et al. 2002). La rapidez observada en el cambio de las condiciones climáticas hace necesario afrontar las tareas de gestión y restauración de los ecosistemas afectados desde nuevas perspectivas (Hobbs et al. 2014, IPCC 2014, Perring et al. 2015). Diversos autores han comprobado que la combinación de temperaturas elevadas y periodos de sequía extrema dispara la incidencia de eventos de mortalidad elevada en los sistemas forestales terrestres (Adams et al. 2009, Allen et al. 2010, McDowell et al. 2008), resultando clave por tanto el estudio de estos eventos extremos para la comprensión de los cambios de composición de la vegetación (IPCC 2012, Jentsch et al. 2007, Smith 2011). Según estudios más recientes, ciertos eventos de mortalidad relacionados con episodios sequía extrema parecen redefinir los rangos de distribución de la especies vegetales (de Cacho & Lloret 2012, Greenwodd et al. 2017, Navarro et al. 2019). Al enfocar este tema en términos de composición de las comunidades vegetales del sureste ibérico, el decaimiento de algunas especies que hoy día resultan dominantes podría llegar a beneficiar a otras más resistentes que serían capaces de colonizar los espacios que quedan libres (Esteve et al. 2015). No obstante, este proceso de intercambio o sustitución de unas especies por otras se encuentra sujeto a ciertas dificultades o incertidumbres debido a la complejidad espacial de los procesos de decaimiento y colonización (Galiano et al. 2010 y 2012, Candel-Pérez et al. 2012, Sangüesa-Barreda et al. 2012, Esteve-Selma et al. 2018).

2. EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LAS FORMACIONES MIXTAS DE *PINUS-TETRACLINIS*

Los ecotonos son zonas de transición entre distintos ecosistemas. En las sierras de Cartagena y La Unión, ubicadas en el sureste ibérico, las formaciones de bosque mixto de *Pinus halepensis* y *Tetraclinis articulata* constituyen un ecotono especialmente sensible a los efectos del cambio climático. Los estudios realizados mediante modelos de distribución de especies bajo diferentes escenarios de cambio sugieren un comportamiento radicalmente distinto: mientras que *Pinus halepensis* tiende a un comportamiento regresivo (Esteve-Selma et al.

2017a, Esteve-Selma et al. 2018), los resultados obtenidos para *Tetraclinis articulata* prevén la expansión de esta especie (Esteve-Selma et al. 2010 y 2011). Las diferencias de comportamiento esperables resultan especialmente interesantes al tratarse de dos especies ubicadas en sus límites de distribución y que se encuentran en una situación de competencia por el espacio disponible (Nicolás-Pereñez et al. 2004, Esteve-Selma et al. 2017b). A este respecto, el reclutamiento de *Tetraclinis* se ve comprometido en las orientaciones norte donde predomina el pino carrasco (Nicolás-Pereñez et al. 2004). Al tratarse de una especie esencialmente heliófila, en estas situaciones *Tetraclinis* invierte sus recursos en el crecimiento en altura para tratar de alcanzar la insolación directa, lo que puede retrasar varios años la llegada a la madurez reproductiva (Esteve-Selma et al. 2017b, Esteve-Selma et al. 2019). Igualmente, resulta importante señalar que la escasez de luz limita además la disponibilidad de micrositios para el reclutamiento. Sin embargo, cuando se dan episodios de mortalidad masiva de pino carrasco, los ejemplares latentes de *T. articulata* experimentan grandes pulsos reproductivos (Moya-Pérez et al. 2018, Esteve-Selma et al. 2019).

3. PREPARANDO EL TERRENO: PRIMERAS EXPERIENCIAS DE MANEJO

Como parte de las actuaciones del proyecto LIFE13 NAT/ES/000436 (Conservation of habitat '9570* *Tetraclinis articulata* forest' in the European continent), desarrollado durante el periodo 2014-2019, se llevaron a cabo labores de disminución de la competencia entre *Tetraclinis articulata* y *Pinus halepensis* en el Parque Regional de Calblanque, Monte de las Cenizas y Peña del Águila. Estos trabajos han consistido en la retirada de los pinos ubicados alrededor de 20 ejemplares de *T. articulata* que poseían las dimensiones necesarias para ser activamente reproductivos y, sin embargo, su producción de estróbilos era muy baja o directamente nula. Una consecuencia indirecta de las labores realizadas sería el incremento en la capacidad de resiliencia de las masas forestales frente a los incendios, ya que *T. articulata* es una de las pocas especies de coníferas capaces de rebrotar de forma basal o epicórmica tras sufrir los efectos del fuego (Esteve-Selma et al. 2017b). Los resultados tras los dos primeros años de seguimiento se han traducido en un incremento de ejemplares dentro de las parcelas establecidas de 120 a 184, la producción de estróbilos por ejemplar maduro se ha doblado y el número de ejemplares activamente reproductivos se ha visto incrementado en un 53%. Durante el último año se ha constatado la aparición de 1400 nuevas germinaciones que resultarán en un probable incremento de otros 210 ejemplares juveniles. Estos cambios se relacionan principalmente con una mayor insolación directa que tendría efectos casi inmediatos en los ejemplares latentes o preadultos de entre 10-15 cm de diámetro que conseguirían alcanzar la madurez reproductiva y al incremento de los micrositios de germinación disponibles (Esteve-Selma et al. 2019). Resultan esperanzadores los efectos observados en las formaciones vegetales tratadas de cara a plantear trabajos forestales encaminados a incrementar la resiliencia a eventos climáticos extremos de las formaciones forestales mixtas *Pinus-Tetraclinis* presentes en el sureste ibérico. Así mismo, cabe destacar que estos trabajos suponen un importante incremento de biodiversidad para el hábitat prioritario 9570* Bosques de *Tetraclinis articulata*, lo cual posibilita la búsqueda de los instrumentos de financiación establecidos por la Comunidad Europea.

4. PROYECCIONES FUTURAS DE MANEJO FORESTAL

En base a los resultados expuestos en el apartado anterior y los modelos de decaimiento de pinar obtenidos mediante los estudios realizados por Esteve-Selma et al. (2018), el siguiente paso a seguir es identificar el número de ejemplares de *T. articulata* inmersos en zonas de pinar debilitado puesto que se encontrarían en condiciones óptimas para ser incorporados de forma inmediata como parte de la población demográficamente activa. En concreto se está trabajando con la totalidad de ejemplares de *T. articulata* georreferenciados dentro de masas de pinar no quemado tras el incendio de 2011 (2351 ejemplares), los modelos de mortalidad del pinar y los modelos de elevaciones de terreno, así como la cobertura, superficie y altura de la vegetación obtenidos mediante el tratamiento de datos LiDAR disponibles en la web del Instituto Geográfico Nacional. Una vez se obtienen todos los parámetros o variables necesarias, se procede a establecer una serie de condiciones que sirven para diseñar zonas de actuación dentro del pinar que presente un decaimiento relevante (porcentaje de afección de al menos un 20%): i) que exista una elevada afección por decaimiento y no dispongan de pies de *T. articulata* en las cercanías (situación Tipo 0), ii) que los ejemplares de *T. articulata* se encuentren directamente dentro de zonas de pinar con un elevado decaimiento (situación Tipo 1), iii) que los ejemplares de *T. articulata* se encuentre en un radio de 30 m de la zona de pinar decaído y que su altura sea mayor o igual a la del pinar circundante (situación Tipo 2). Por último, también se tienen en cuenta las zonas forestales con presencia de *T. articulata* y que presentan un decaimiento inferior al 20%. De esta forma, se establecen una serie de zonas de actuación prioritaria en las que podría replicarse la actuación de debilitamiento de la competencia desarrollada durante el proyecto LIFE+ Tetraclinis (Figura 1).

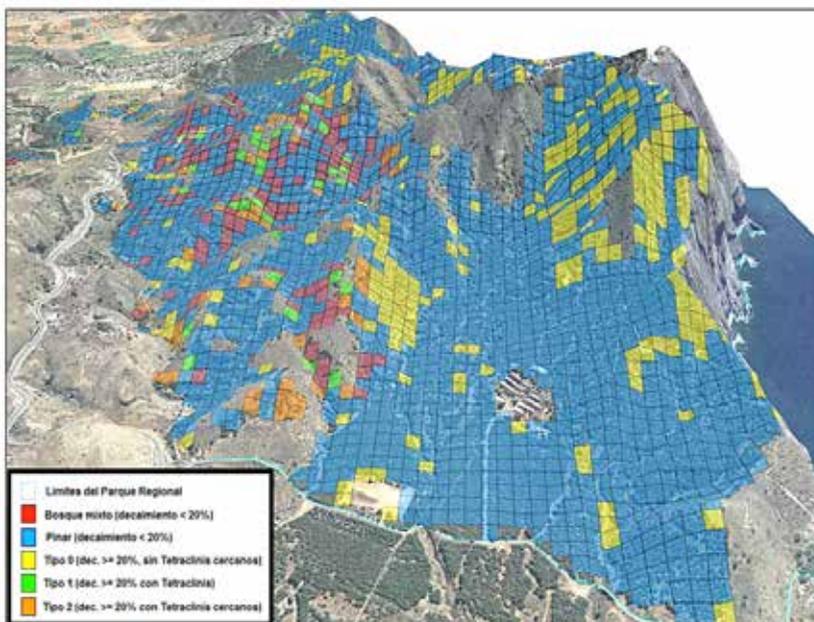


Figura 1. Ejemplo de las zonas de estudio en el Monte de las Cenizas sobre ortofoto en 3D.

Tras el estudio realizado mediante sistemas de información geográfica (ver Tabla 1), se parte inicialmente de una superficie de 518.48 hectáreas de pinar de las cuales 414 ha presentan un decaimiento inferior al 20%. Bajo estas condiciones, las formaciones forestales mixtas *Pinus-Tetraclinis* ocupan 33.84 ha (el 6.53% de la superficie total). Por otra parte, de las 104.48 ha restantes de pinar decaído, 88.38 ha corresponden a zonas sin ejemplares de *T. articulata* en sus cercanías (17.04% en situación Tipo 0), 6.3 ha poseen ya ejemplares en su interior (1.2% en situación Tipo 1), y 9.8 ha cuentan con ejemplares a menos de 30 metros (1.9% en situación Tipo 2).

Casos de estudio	Superficie	Decaimiento	Cobertura	Nº de ejemplares de <i>T. articulata</i>
Pinar inicial	518.48 ha	12.58%	79.37%	2351
a) Pinar con bajo decaimiento	414 ha	6.92%	84.62%	1982
a.1) con <i>T. articulata</i>	33.84 ha	6.65%	83.42%	1982
a.2) sin <i>T. articulata</i>	380.16 ha	6.95%	84.72%	-
b) Pinar con decaimiento elevado	104.48 ha	35.18%	58.4%	369
b.1) Tipo 0	88.38 ha	35.37%	59.09%	-
b.2) Tipo 1	6.3 ha	32.37%	53.06%	369
b.3) Tipo 2	9.8 ha	35.39%	55.7%	-

Tabla 1. Tipos de bosque de las formaciones forestales mixtas *Pinus-Tetraclinis* (Parque Regional de Calblanque, Monte de las Cenizas y Peña del Águila) en relación con sus perspectivas de gestión.

Por tanto, para conseguir un bosque mixto más resiliente a los efectos de la sequía y el cambio climático, actualmente contaríamos con zonas de decaimiento elevado del pinar en las que sería necesario realizar clareos de pino carrasco y repoblaciones con *Tetraclinis* (Tipo 0), otras en las que podrían efectuarse actuaciones forestales más leves encaminadas a la retirada de pies de *P. halepensis* para favorecer la maduración de los ejemplares de *T. articulata* ya presentes (Tipo 1) y, finalmente, zonas en las que labores orientadas al clareo del pinar podría favorecer la colonización por parte de ejemplares cercanos (Tipo 2). Los casos de formaciones de pinar con bajo decaimiento y que cuentan con ejemplares de *T. articulata* deberían ser objeto de un programa de seguimiento encaminado a monitorear la dinámica poblacional de ambas especies. Las iniciativas planteadas podrían llevar a la obtención de un 20% de bosque mixto *Pinus-Tetraclinis* del cual un 50% se encontraría prácticamente consolidado y la otra mitad en desarrollo. Según la recurrencia observada en los periodos de sequía, durante el periodo 2020-2030 y en décadas posteriores resulta altamente probable que se den nuevos episodios de sequía extrema que debiliten aún más las actuales formaciones de pinar. Esta situación supondría un nuevo punto de arranque para la construcción de masas forestales mixtas *Pinus-Tetraclinis* bajo estos mismos criterios, con el objetivo de obtener formaciones más resilientes a los efectos de las sequías y los incendios forestales. Los futuros trabajos forestales podrían ser planificados en los

próximos años, más a corto plazo, mediante la elaboración de mapas de vulnerabilidad de los pinares que incluyan tanto el decaimiento observado por eventos de sequía extrema como las proyecciones regionales de cambio climático para el periodo 2030-2070. Esta tarea de planificación podría realizarse de forma inmediata.

5. CONCLUSIONES

Según la información disponible, los episodios de sequía extrema en la cuenca mediterránea pueden ver incrementada su frecuencia debido a los efectos del cambio climático. Los eventos de decaimiento y posterior mortandad de *Pinus halepensis* (Esteve-Selma et al. 2017a, Esteve-Selma et al. 2018) parecen ocurrir eventualmente en forma de pulsos, lo que hace que no exista homogeneidad espacial en la superficie ocupada por las manchas de pinar debilitado. La expansión prevista del hábitat potencial de *T. articulata* bajo los escenarios de cambio climático (Esteve-Selma et al. 2010 y 2011) puede presentar dificultades. A este respecto, puede darse la circunstancia de que las masas de pino debilitadas no coincidan espacialmente con ejemplares de *T. articulata* adultos o preadultos. En estas situaciones, los espacios vacíos dejados por el pinar resultarían inalcanzables debido a la ausencia de fuentes de semilla cercanas y la presencia de barreras dispersivas tales como la propia cubierta foliar de los pinos (Moya-Pérez et al. 2018). Bajo este prisma, las labores forestales encaminadas a la obtención de masas forestales mixtas de *P. halepensis* y *T. articulata* parecen ser la mejor opción de conseguir unos sistemas más resilientes y estables ante futuros eventos de sequía extrema.

Teniendo en cuenta todo lo anteriormente expuesto, así como el elevado decaimiento observado en las masas de pinares costeros tras el evento de sequía extremo ocurrido durante el periodo 2013-2014 (Esteve-Selma et al. 2017a, Esteve-Selma et al. 2018), pueden establecerse una serie de conclusiones: i) estos eventos poseen un efecto directo en la composición de las comunidades vegetales del sureste ibérico, ii) el ecotono presente en las sierras costeras de Cartagena y La Unión resulta especialmente sensible a los cambios climáticos extremos, iii) los resultados de las proyecciones climáticas para *Pinus halepensis* y *Tetraclinis articulata* sugieren una regresión de la superficie ocupada por primero y una expansión del hábitat potencial del segundo, iv) la sequía del periodo 2013-2014 tuvo efectos negativos sobre las masas de pinar mientras que los ejemplares de *T. articulata* parecen indiferentes, v) las actuaciones de debilitamiento del pinar realizadas en el marco del proyecto LIFE+ *Tetraclinis* favorecen a la incorporación de nuevos ejemplares reproductores de *T. articulata*, vi) el desarrollo de estudios encaminados a la búsqueda de zonas prioritarias dentro del pinar debilitado donde existen ejemplares reproductivamente inactivos de *T. articulata* puede mejorar el proceso de selección de zonas sensibles a la actuación forestal, vii) la realización de trabajos forestales de baja intensidad encaminados a incrementar la población demográficamente activa de *Tetraclinis articulata* en detrimento de *Pinus halepensis* pueden ayudar a paliar los efectos de los eventos de sequía extrema sobre las masas forestales de las sierras costeras de Cartagena y La Unión, así como incrementar su resiliencia frente a los episodios de incendios, viii) el Parque Regional de Calblanque, Monte de las Cenizas y Peña del Águila podría considerarse un área demostrativa de la adaptación de las formaciones forestales al cambio climático.

BIBLIOGRAFÍA

- Adams, H.D., M. Guardiola-Claramonte, G.A. Barron-Gafford, J.C. Villegas, D. D. Breshears, C.B. Zou, P.A. Troch, & T.E. Huxman. (2009). Temperature sensitivity of drought-induced tree mortality portends increased regional die-off under global-change-type drought. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 106:7063–7066.
- Allen, C.D., Macalady, A.K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetier, M., Kitzberger, T., Rigling, A., Breshears, D.D. & Hogg, E.T. (2010). A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management* 259:660–684.
- Allen C.D., Breshears D.D., McDowell N.G.. (2015). On underestimation of global vulnerability to tree mortality and forest dieoff from hotter drought in the Anthropocene. *Ecosphere* 6:art129.
- Candel-Pérez, D., Linares J.C., Viñepla, B., Lucas-Borja, M.E. (2012). Assessing climate-growth relationships under contrasting stands of co-occurring Iberian pines along an altitudinal gradient. *Forest Ecology and Management*, 274, 48-57.
- del Cacho M, Lloret F. (2012). Resilience of Mediterranean shrubland to a severe drought episode: the role of seed bank and seedling emergence. *Plant Biol* 14:458–66.
- Esteve-Selma, M.A., Martínez-Fernández, J., Hernández, I., Montávez, J.P., López, J.J., Calvo, J.F. & Robledano, F., (2010). Effects of climatic change on the distribution and conservation of Mediterranean forests: the case of *Tetraclinis articulata* in the Iberian Peninsula. *Biodiversity and conservation*, 19(13), 3809-3825.
- Esteve-Selma, M.A.; Martínez-Fernández, J.; Hernández-García, I.; Montávez, J.P.; López-Hernández, J.J. & Calvo, J.F., (2011). Potential effects of climatic change on the distribution of *Tetraclinis articulata*, an endemic tree from arid Mediterranean ecosystems. *Climatic change*, 113(3-4), 663-678.
- Esteve M.A., Martínez J., Hernández I., Robledano F., Pérez, M.A. & Lloret F. (2015). Cambio climático y biodiversidad en el contexto de la Región de Murcia. En: Cambio climático en la Región de Murcia. *Evaluación basada en indicadores* (Victoria F., coord.). Murcia: Oficina de Impulso Socioeconómico del Medio Ambiente, pp. 105-132.
- Esteve-Selma, M.A., Carreño, M.F., Moya-Pérez, J.M., Montoya, P.F., Martínez, J., Pérez-Navarro, M.A. & Lloret, F., (2017a). La respuesta de los bosques de *Pinus halepensis* al cambio climático y los eventos de sequía extrema: modelos preliminares. In book: *Riesgos Ambientales en la Región de Murcia* (pp. 163-185). Publisher: Editum. Servicio de Publicaciones. Universidad de Murcia. Editors: Carmelo Conesa García, Pedro Perez Cutillas
- Esteve-Selma M.A., Montoya P., Moya J.M., Miñano J., Hernández I., Carrión J.S., Charco J., Fernández S., Munuera M. & Ochoa, J. (2017b). *Tetraclinis articulata: biogeografía, ecología, amenazas y conservación*. Dirección General de Medio Natural. 248 pp.

Esteve-Selma M.A., Carreño-Fructuoso M.F., Moya-Pérez J.M., Montoya-Bernabeu P.F., Martínez-Fernández J., Pérez-Navarro, M.A. & Lloret F. (2018). Respuesta de los bosques de *Pinus halepensis* del sureste ibérico al cambio climático: los eventos de sequía extrema. In book: *El clima: aire, agua, tierra y fuego* (pp. 1023-1033). Montávez Gómez, Juan Pedro, et al. (eds.). Madrid: Asociación Española de Climatología; Agencia Estatal de Meteorología.

Esteve-Selma, M.A., Moya-Pérez, J.M., Navarro-Cano, J.A. (2019). *Manual de evaluación y gestión del hábitat 9570*: Bosques de Tetraclinis articulata*. Ed. Dirección General del Medio Natural. Murcia. 87 pp.

Galiano, L., Martínez-Vilalta, J., Lloret, F. (2010). Drought-induced decline of Scots pine stands in Central Pyrenees is mediated by multiple predisposing factors. *Ecosystems* 13, 978-991.

Galiano, L., Martínez-Vilalta, J., Sabaté, S., Lloret, F. (2012). Determinants of drought effects on crown condition and their relationship with depletion of carbon reserves in a Mediterranean holm oak forest. *Tree Physiologist*, 3 (4), 478-489.

Greenwood S., Ruiz-Benito P., Martínez-Vilalta J., Lloret F., Kitzberger T., Allen C.D., Fensham R., Laughlin D.C., Kattge J., Bönsch G., Kraft N.J.B., Jump A.S. (2017). Tree mortality across biomes is promoted by drought intensity, lower wood density and higher specific leaf area. *Ecol Lett* 20:539–53.

Hobbs, R. J., et al. (2014). Managing the whole landscape: historical, hybrid, and novel ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment* 12:557–564.

IPCC. (2012). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

IPCC. (2014). *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Jentsch, A., J. Kreyling, and C. Beierkuhnlein. (2007). A new generation of climate-change experiments: events, not trends. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5:365–374.

McDowell, N.G., W.T. Pockman, C.D. Allen, D.D. Breshears, N. Cobb, T. Kolb, J. Plaut, J. Sperry, A. West, D.G. Williams, and E.A. Yezzer. (2008). Mechanisms of plant survival and mortality during drought: Why do some plants survive while others succumb to drought? *New Phytologist* 178:719–739.

Mouillot F, Rambal S, Joffre R. (2002). Simulating climate change impacts on fire frequency and vegetation dynamics in a Mediterranean ecosystem. *Glob Change Biol* 8:423–37.

Moya-Pérez J.M., Carreño-Fructuoso, M.F., Montoya-Bernabéu, P.F., Esteve-Selma, M.A. (2018). Primeros resultados de una experiencia de construcción de un bosque más resiliente al cambio climático mediante el debilitamiento de la competencia interespecífica *Pinus*

vs *Tetraclinis*. In book: *El clima: aire, agua, tierra y fuego* (pp. 1013-1022). Montávez Gómez, Juan Pedro, et al. (eds.). Madrid: Asociación Española de Climatología; Agencia Estatal de Meteorología.

Navarro, M.Á. P., G. Sapes, E. Batllori, J.M. Serra-Díaz, M.A. Esteve, and F. Lloret. (2019). Climatic suitability derived from species distribution models captures community responses to an extreme drought episode. *Ecosystems* 22:77–90.

Nicolás-Pereñez M.J., Esteve-Selma M.A., Palazón J.A & López-Hernández J. (2004). Modelo sobre las preferencias de hábitat a escala local de *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters en una población de su área de distribución. *Anales de Biología* 26: 157-167. Departamento de Ecología e Hidrología de la Universidad de Murcia.

Parmesan C, Yohe G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421:37–42.

Perring, M.P., R.J. Standish, J.N. Price, M.D. Craig, T.E. Erickson, K.X. Ruthrof, A.S. Whiteley, L.E. Valentine, and R.J. Hobbs. (2015). Advances in restoration ecology: rising to the challenges of the coming decades. *Ecosphere* 6(8):131.

Sangüesa-Barreda, G., Linares, J.C., Camarero, J.J. (2012). Mistletoe effects on Scots pine decline following drought events: insights from within-tree spatial patterns, growth and carbohydrates. *Tree Physiologist*, 32, 585-598.

Smith, M. D. (2011). An ecological perspective on extreme climatic events: a synthetic definition and framework to guide future research. *Journal of Ecology* 99:656–663.

CAPÍTULO N° 6

RESPUESTA DE LAS FORMACIONES FORESTALES DE LA REGIÓN DE MURCIA A LOS EVENTOS EXTREMOS DE SEQUÍA Y AL CAMBIO CLIMÁTICO: ANTECEDENTES Y ANÁLISIS DE LOS BOSQUES DE SIERRA ESPUÑA ANTE LA SEQUÍA 2013-2016.

M. A. Esteve Selma¹, M. F. Carreño Fructuoso¹, Bárbara Selma Miralles¹, Juan Miguel Moya Pérez¹

(¹) Departamento de Ecología e Hidrología. Universidad de Murcia.

1. INTRODUCCIÓN: REVISIÓN DE ANTECEDENTES

En el contexto actual de emergencia climática, cada vez más asumido socialmente, las previsiones de todas las instituciones internacionales y de la mayor parte de los científicos sobre los efectos del cambio climático en los ecosistemas mediterráneos y su biodiversidad parecen cada vez más sólidas:

1. Un incremento de las condiciones medias de aridez, por aumento generalizado de la temperatura y reducción más variable de las precipitaciones.
2. Un incremento en la intensidad y frecuencia de los eventos climáticos extremos, como son las sequías severas prolongadas.
3. Un cambio en latitud y altitud de la mayor parte de las especies silvestres y de los sistemas naturales que estas especies organizan.
4. Una reducción de los bosques en latitudes más meridionales y una intensificación de la extinción local de la biodiversidad, debido a un desequilibrio entre las tasas de decaimiento o mortalidad de las poblaciones actuales y las tasas de expansión hacia nuevas áreas.

Estos efectos del cambio climático sobre las formaciones forestales de la Región de Murcia están siendo estudiados desde hace algo más de dos décadas. En trabajos previos (Esteve et al., 2015) se revisaron buena parte de estas investigaciones pioneras, en las que se predecían reducciones en la superficie de los bosques, según distintos escenarios, de entre 19-33% para 2030 o del 60% para mediados del presente siglo.

En los últimos años (Esteve et al., 2017, 2018) se han realizado nuevos trabajos de modelización donde se ha combinado el análisis de la respuesta esperable de los bosques murcianos más representativos (pinares de *Pinus halepensis*) a las condiciones climáticas medias previstas para la ventana temporal 2040-2070 y la respuesta real de los mismos a la sequía extrema de 2013-2016. Los resultados de estos últimos trabajos han sido muy sugerentes e ilustrativos del futuro impacto del cambio climático en los bosques murcianos y de los efectos reales de una sequía extrema prolongada durante tres años. A continuación se resumen sus conclusiones.

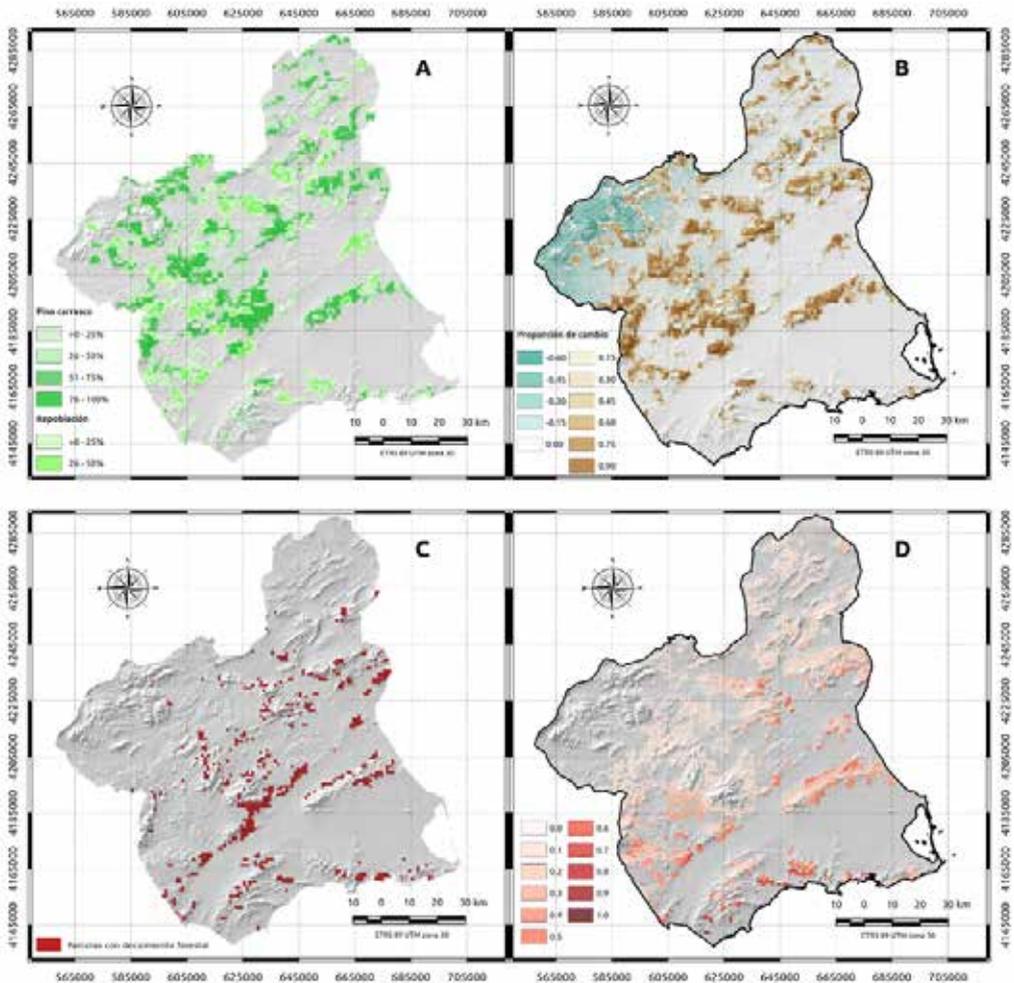


Figura N° 1. A) Mapa de bosques de *Pinus halepensis* generado para utilizarlo en la modelización Fuente: Inventario Forestal Nacional 3, Mapa de Cultivos y aprovechamientos de 1977 y fotointerpretación. B) Variación en la idoneidad de hábitat entre la distribución actual y el modelo de cambio climático 2040-2070. Fuente: Esteve et al., 2017 C) Decaimiento de *P. halepensis* en el año 2014. Fuente: Servicio Forestal de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. D) Modelo de intensidad de decaimiento para las masas forestales de la Región de Murcia. Fuente: Esteve et al., 2017.

En relación con el cambio climático en la ventana temporal 2040-2070, de las 241.000 hectáreas aproximadamente de bosque de *Pinus halepensis* existentes en la actualidad, se estima que se mantendrán para entonces no más de 71.000, una reducción del orden del 72%. En esta reducción inciden los cambios en todas las precipitaciones estacionales y en las temperaturas de los meses más fríos, pero es la precipitación de primavera la que parece tener más peso en el futuro de estos bosques, según se desprende de los modelos obtenidos.

Estos cambios modificarán el patrón altitudinal de los pinares de Pino carrasco, con su límite inferior elevándose a cerca de los 400 msnm, y su mediana desplazándose unos 500 m en altura respecto de la distribución actual. En la Figura N° 1A y 1B se detallan las cartografías de estos patrones. Estas reducciones drásticas afectarán especialmente a las masas forestales más meridionales, aunque se extenderán por toda la región a excepción del Noroeste.

En cuanto a la respuesta de los pinares de *Pinus halepensis* ante la sequía extrema de 2013-2016 las principales conclusiones son:

1. El decaimiento de estos bosques, estimado con análisis fotogramétrico y calibración con muestreos de campo, puede ser descrito mediante el análisis de imágenes de sensores remotos (dNDVI) y el uso de modelos lineales generalizados (GLMs) que absorben un 34% de la varianza.
2. El decaimiento de los pinares sigue una pauta latitudinal muy sólida, con valores en torno al 50% en las localidades más meridionales. A 50 km norte el efecto es tres veces menor y a 100 km es nulo.
3. Los bosques de solana y umbría muestran patrones distintos, por lo que conviene separarlos. En ambos, las condiciones climáticas medias de cada localidad, previas a la sequía, pesan más en el decaimiento que las variaciones locales de la precipitación en el propio periodo de sequía, y este peso es el doble en las orientaciones de solana (60%) que en las de umbría (30%). Esto es muy importante pues parece indicar la existencia una vulnerabilidad basal o estructural al decaimiento (y la mortalidad) que se expresa fundamentalmente en condiciones coyunturales de sequía extrema.
4. Las variables que inciden en dicha vulnerabilidad estructural son distintas en bosques de solana y umbría. En localidades de umbría parece pesar las bajas aportaciones de lluvia en primavera y, por el contrario, en solana esta vulnerabilidad estructural parece asociarse fundamentalmente a unas condiciones otoñales más secas y térmicas.
5. Las repoblaciones recientes situadas en solana tienen aproximadamente el doble de probabilidad de sufrir decaimiento forestal que los bosques naturales o claramente naturalizados situados en la misma orientación.
6. La aplicación de estos modelos de decaimiento al conjunto de las masas forestales de *Pinus halepensis* da como resultado unas 37.000 hectáreas afectadas, un 13% de la totalidad de los bosques de pino carrasco, que pueden suponer del orden de 11 millones de pinos de tamaño latizal o fustal, con decaimiento severo por una defoliación de más del 50% o la muerte definitiva del ejemplar. En la Figura N° 1C y 1D se cartografían las áreas más afectadas según datos oficiales y la cartografía definitiva del decaimiento derivada de las modelizaciones obtenidas.

2. ANÁLISIS DE LA RESPUESTA DE LOS BOSQUES DE SIERRA ESPUÑA Y ESTRIBACIONES A LA SEQUÍA EXTREMA DE 2013-2016.

2.1. MARCO GENERAL Y OBJETIVOS.

Las masas forestales de Sierra Espuña y su entorno ecogeográfico, cumplen varias condiciones que permite considerarlas áreas de demostración del efecto del cambio climático sobre los sistemas forestales mediterráneos: 1) Es el conjunto montañoso de limitada extensión más diverso climáticamente (Esteve et al., 2012) al oscilar su altitud entre los 200 y 1580 msnm, por lo que resulta representativo de una parte sustancial del universo ambiental de la Región de Murcia y del Sureste Ibérico. 2) Es mayoritariamente de propiedad pública, lo que permitiría una intervención rápida, y ha sufrido tres grandes procesos transformadores en los últimos 150 años: i) La deforestación culminada en el último tercio del siglo IXX, donde quedaron no más del 10-14% de las masas forestales originales, en forma de pequeños bosquetes dispersos a lo largo de toda la sierra; ii) las labores de reforestación emprendidas a finales del citado siglo y prolongadas durante varias décadas, y que supuso una de las restauraciones ecológicas más exitosas del conjunto del país y iii) la mortalidad masiva de muchos enclaves forestales, especialmente en las estribaciones de la sierra, observada en sucesivas ocasiones en las últimas décadas (Esteve et al., 2018). 3) Se dispone de unos primeros modelos teóricos respecto de los efectos del cambio climático en las distintas especies forestales dominantes en Espuña.

Especie	Clima 1960-90 ¹ / Real ²	Cambio Climático	% de variación
<i>Pinus halepensis</i> ¹	26.200 ha	25.300 ha	-4
<i>Pinus halepensis</i> ²	16.900 ha	15.300 ha	-8
<i>Quercus rotundifolia</i> ¹	6.700 ha	5.400 ha	-19
<i>Quercus rotundifolia</i> ²	2.800 ha	2.800 ha	0
<i>Pinus pinaster</i> ¹	2.100 ha	900 ha	-57
<i>Pinus nigra</i> ¹	1.500 ha	100 ha	-93

Tabla N° 1. Áreas potenciales (1) estimadas en hectáreas para el clima preexistente (1960-90) y reales (2) por especie arbórea y cambio climático (Chaparro, 1996) en Sierra Espuña y estribaciones. El criterio para definir el área real en *Pinus halepensis* está en el 10% de cabida cubierta y el de *Quercus rotundifolia* es menos exigente, con un 5% de cabida cubierta. Se calcula la reducción neta en % de dicha área potencial o real.

Desarrollando este último aspecto, en la Tabla N° 1 se reflejan los principales cambios esperables. El patrón que se deduce para las especies cuyos valores de estima (1) se corresponde a la pauta general regional prevista: la variación esperable en cada una de las especies resulta mayor cuanto más exigente sea en precipitación y más altitud media presente su distribución. A la larga *Pinus nigra* y *Pinus pinaster* serán los más afectados en la resultante final entre pérdidas en su límite inferior y expansión en su límite superior. Recordemos que se trata de distribuciones potenciales. Mientras que para la distribución

real (2) de las dos especies más distribuidas en Sierra Espuña los cambios esperables son diferentes. La pérdida estimada para *Pinus halepensis* en estos primeros modelos es el doble de lo previsto según su área potencial, mientras que en *Quercus rotundifolia* esta pérdida será nula, mucho menos del -19% previsto. Estas discrepancias están relacionadas con que la distribución actual no se corresponde con su distribución potencial, pues la actividad humana ha modificado la primera. *P. halepensis* ha sido expandida en exceso, mientras que *Quercus rotundifolia* ha sido reducida a una décima parte en el conjunto regional (Esteve et al. 2003). Aunque *P. halepensis* subirá en altitud en Espuña, perderá mucha más superficie en su límite inferior, límite que además ha sido forzado por repoblaciones que pueden considerarse inadecuadas bajo el clima preexistente. Por el contrario, la reducción en la distribución de *Quercus rotundifolia* ha provocado que apenas existan en Espuña manchas de carrascal en su límite inferior, por lo que probablemente los cambios potenciales no afectarán a su distribución real.

Las labores históricas de restauración forestal dirigidas por Ricardo Codornú y explicadas con detalle en varias de sus obras (Codornú, 1900), supusieron la reforestación o sembrado de más de 4 millones de árboles en una primera etapa, con la pauta general siguiente: i) se repoblaron laderas entre los 300 y los 1500 msnm; ii) en la parte alta (por encima de los 1200 msnm) se usaron las especies *Juniperus oxycedrus*, *Juniperus phoenicia*, *Quercus rotundifolia* y *Pinus nigra*; iii) en la parte media (900-1200 msnm) *Pinus pinaster*, *Pinus halepensis*, *Quercus rotundifolia* y *Quercus faginea*. iv) en las partes bajas (<900 msnm) únicamente *P. halepensis*.

La hipótesis básica del presente trabajo, que se desprende de todo lo anterior, sería la siguiente. ¿Es posible que la reciente sequía extrema de 2013-2016 haya afectado a las masas forestales de Espuña de una forma significativa y diferencial en relación con los límites inferiores de las tres especies de *Pinus* dominantes (*Pinus halepensis*, *Pinus pinaster* y *Pinus nigra*)? Conociendo además los patrones generales del decaimiento forestal discutidos en los antecedentes respecto a *P. halepensis*, la distribución original de las repoblaciones forestales históricas en Espuña y las preferencias ambientales de estas tres especies en el contexto de la Región de Murcia, estudiadas por Chaparro (1996) y publicadas en Esteve et al. (2003), es conveniente diferenciar desde un primer momento cuatro situaciones forestales básicas: los pinares de zonas semiáridas (<400 mm de precipitación media anual) dominados por *P. halepensis* y situados en solana (1) o situados en umbría (2) y los pinares mixtos (con *P. halepensis*, *P. pinaster* y *P. nigra*) de zonas más lluviosas (>400 mm de precipitación) en solana (3) o en umbría (4). La relación entre la precipitación y la altitud permite establecer el cambio de los 400 mm de precipitación entre los 700 y 900 msnm según la posición geográfica de las laderas.

2.2. METODOLOGÍA

Se ha diseñado un muestreo específico para abarcar la diversidad ambiental de Sierra Espuña y sus estribaciones (Figura N°2). A partir de una primera delimitación de celdillas de 1x1 km, coincidentes con el diseño realizado en estudios anteriores en la Región de Murcia, se han seleccionado parte de las celdillas localizadas en Sierra Espuña. En concreto se han

incluido para el muestreo aquellas que se distribuyen siguiendo los ejes cardinales desde el centro de Espuña hacia sus estribaciones y dentro de cada celdilla con masas de pinar se han muestreado al menos tres parcelas. En los extremos, se ha realizado un sobreesfuerzo de muestreo para asegurar la representación de la variabilidad ambiental en las estribaciones, muestreándose un total de 198 parcelas de 30x30 m (900m²). La selección de este tamaño de parcela viene determinada por la resolución espacial de las imágenes del satélite Landsat utilizadas para el modelado. En Sierra Espuña coexisten tanto bosques de *Pinus halepensis* como bosques de formaciones mixtas de *P. halepensis*, *Pinus pinaster* y *Pinus nigra*, para diferenciar entre las distintas formaciones, debido a que mediante fotointerpretación no es posible, se ha optado por clasificar las parcelas, utilizando como frontera pluviométrica 400mm, ya que está demostrado que existen cambios en la composición del bosque a lo largo del gradiente ambiental de precipitación. Así mismo también se han diferenciado las parcelas en función de la orientación solana (S y O) y umbría (N y E).

El muestreo para determinar la intensidad de decaimiento se ha realizado siguiendo el criterio experto, con el uso de imágenes de *Google Earth* para comparar imágenes previas (2011) y posteriores (2016) al evento. La intensidad de decaimiento hace referencia a la cobertura en tanto por ciento (posteriormente expresada en tanto por uno) de los ejemplares de pino de tamaño latizal y fustal totalmente secos o con niveles de defoliación muy elevados (clases 3 y 4, AIEF, 2017). Los árboles desaparecidos entre 2011 y 2016 se consideran muertos. El modelado se ha realizado mediante modelos lineales generalizados (*GLMs*), utilizando las siguientes variables ambientales tanto en sus versiones lineal como cuadrática: a) Las variables de clima, en concreto las precipitaciones (media y estacionales) y temperaturas (media y medias estacionales) a 30x30 m obtenidas mediante el reescalado de las variables del Atlas Climático de la Región de Murcia (periodo 1970-2000), elaborado por el AEMET (Garrido Abenza et al., 2014), de 100x100 m resolución original. b) Las variables topográficas en concreto el modelo digital de elevaciones (o altitud) también reescalado a 30x30 m (MDT25 Instituto Geográfico Nacional) c) y otras tres variables: i) El evento de sequía de 2014, descrito como la precipitación media del año hidrológico 2013-2014 obtenida de base de datos climáticos Wordclime (Fick and Hijmans, 2017). ii) El tamaño del bosque estimado a través de la cobertura de pinar y iii) el dNDVI - índice de la diferencia entre los NDVI (Índice de Vegetación de la Diferencia Normalizada) según la ecuación de Rouse et al. (1973), del estadio pre-sequía en 2011 y post-sequía en 2016 (Montorio et al., 2007) -. EL NDVI se corresponde con la medida del vigor de la vegetación en cuanto al contenido de humedad. Los valores normalizados del índice se distribuyen entre -1 y +1. La vegetación con alta actividad fotosintética o vigorosa muestra valores próximos a +1, el suelo muestra valores positivos pero bajos (próximos a cero) y el agua presenta valores negativos debido a su fuerte absorción en el infrarrojo cercano (Glen et al., 2008).

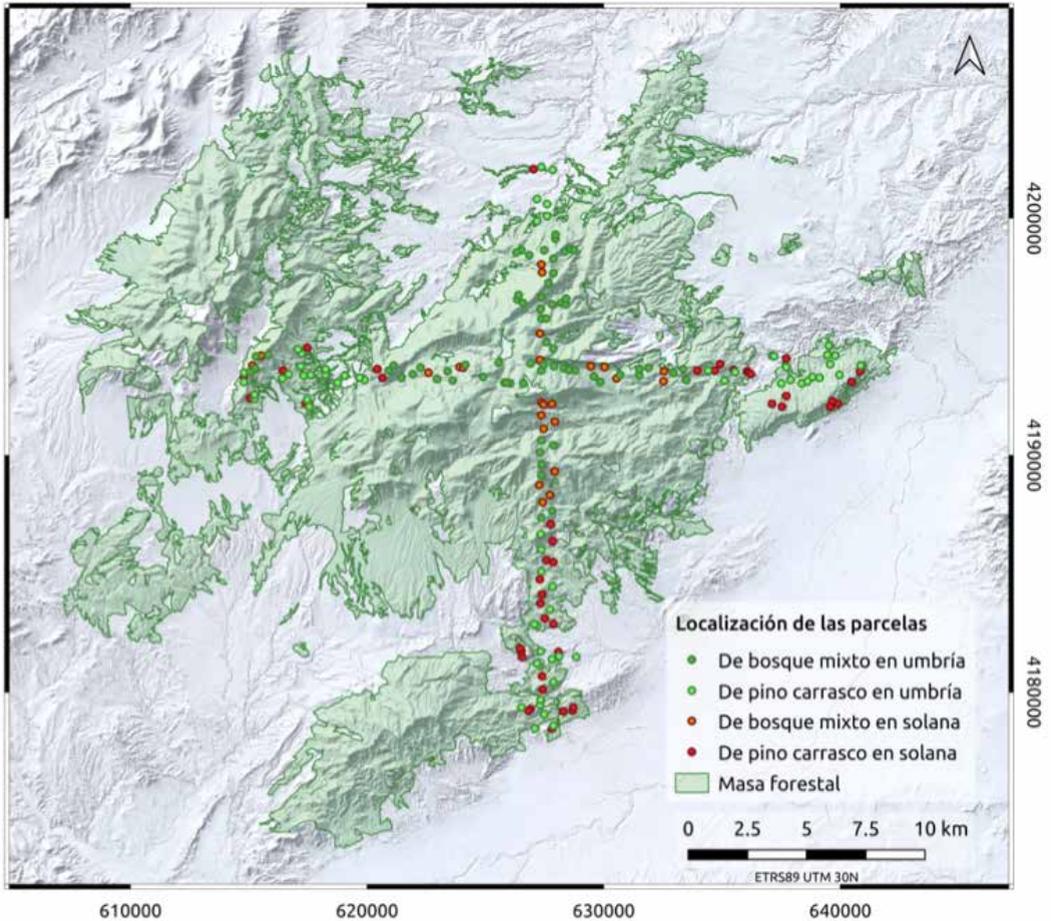


Figura N° 2. Diseño del muestreo. Distribución de las parcelas en función del tipo de masa forestal (pinos mixtos - de pino carrasco) y su orientación (solana - umbría).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El decaimiento observado en las estimas directas oscila de 0 al 100%. La Tabla N° 2 recoge los valores medios de decaimiento registrados, en ella se observa que el decaimiento es mayor en las solanas que en las umbrías y que la formación con mayor decaimiento es la compuesta predominantemente por *Pinus halepensis*.

Orientación y tipo de masa forestal		Estimas directas	Estimas del modelo
Toda el área	Bosque	13,82	18,47
Solana	Bosque de <i>P. halepensis</i>	25,91	40,05
	Bosque mixto	9,32	33,98
Umbría	Bosque de <i>P. halepensis</i>	15,72	22,31
	Bosque mixto	5,55	9,29

Tabla N° 2. Estimas de intensidad de decaimiento en porcentaje, obtenidas a partir de fotointerpretación (estimas directas) y del modelo en función de la información obtenida con sensores remotos (dNDVI).

Orientación y tipo de masa forestal		Varianza absorbida	Modelo
Toda el área	Bosque	41,66 %	+ dNDVI ***
Solana	Bosque de <i>P. halepensis</i>	38,65 %	+ dNDVI ***
	Bosque mixtos	27,03 %	+ dNDVI **
Umbría	Bosque de <i>P. halepensis</i>	29,61%	+ dNDVI ***
	Bosque mixto	24,99%	+ dNDVI ***

Tabla N° 3. Modelos de intensidad de decaimiento obtenidos en función del dNDVI a partir de imágenes del satélite Landsat. Porcentaje de varianza absorbida y signo del coeficiente. Código de significancia del p-valor: *** menor de 0.001, ** menor de 0.01; * menor de 0.05.

Los modelos realizados respecto a dNDVI (Tabla N° 3) son significativos, el modelo del bosque en conjunto absorbe el 41,66% de la varianza, siendo mayor que en el estudio de la Región (33,9%) debido a la reducción del tamaño de la unidad de muestreo, es decir, al aumento de la resolución en la fotointerpretación y su coincidencia con la unidad mínima de referencia de los sensores remotos.

La Tabla N° 2 muestra que el decaimiento medio es mayor en los modelos obtenidos usando como descriptor el dNDVI que en las estimas directas. Esta diferencia se acusa más en los bosques situados en solana y puede deberse a la selección aleatoria de las cuadrículas de muestreo y al papel distorsionador que pueden tener los árboles en decaimiento menor y la propia matriz de matorral, como ya se discutía en Esteve et al., 2017. También evidencia que, tanto en las estimas directas como en los modelos, el decaimiento ha sido mayor en los bosques de solana y especialmente en los formados por *Pinus halepensis*. Este resultado es coherente con los aportados en el informe de la Red Europea de Seguimiento de Daños Forestales (AIEF 2017) donde se destacan los daños sufridos por las masas de *P. halepensis* en la Región de Murcia durante el periodo 2014 – 2016. En él se calcula para la Región de Murcia un total de 40,3% de arbolado dañado atribuido a la sequía.

Con el objetivo de determinar cuáles han sido las principales causas del decaimiento, se han realizado modelos con variables geográficas y con variables ambientales. Los resultados obtenidos más relevantes se recogen en las Tablas N° 4 y 5 respectivamente.

Se hace evidente que el patrón geográfico de decaimiento está íntimamente relacionado con la altitud en donde se sitúa el bosque. El hecho de que la mayor parte de los modelos altitudinales significativos sean cuadráticos (con el término lineal negativo y el cuadrático positivo) indica que existe un mínimo en este caso, con dos máximos relativos en los extremos (Figura N° 3).

Orientación y tipo de masa forestal		Varianza absorbida	Modelo
Toda el área	Bosque	21'40%	- ALT*** + ALT ² ***
Solana	Bosque de <i>P. halepensis</i>	33'35%	- ALT*** + ALT ² **
	Bosque mixto	27'54%	+ ALT*
Umbría	Bosque de <i>P. halepensis</i>	12'59%	- ALT* + ALT ² *
	Bosque mixto	—	—

Tabla N° 4. Modelos de decaimiento generados a partir de la variable geográfica altitud (obtenida del modelo digital de elevaciones). Varianza absorbida (%) y signo de los parámetros obtenidos en el modelo. Código de significancia del p-valor: *** menor de 0.001, ** menor de 0.01; * menor de 0.05.

Orientación y tipo de masa forestal		MODELOS	
		VA% dNDVI	VA% Físicas y climáticas
Solana	Bosque de <i>P. halepensis</i>	38,65% *** +	41,83% - PO** + PI*
	Bosque mixto	27,03% ** +	52,52% - PO*** - TI***
Umbría	Bosque de <i>P. halepensis</i>	29,61% *** +	12,40% - PS**
	Bosque mixto	24,99% *** +	19,32% - PS*** + PP**
			20,90% +TB* -TB ² **

Tabla N° 5. Modelos de intensidad de decaimiento. Porcentaje de varianza absorbida (VA) y signo de los parámetros del modelo. Variables físicas y climáticas: PP Precipitación de primavera; PO Precipitación de otoño; PI Precipitación de invierno; PS Precipitación del evento de sequía; TI Temperatura media de invierno; TB tamaño de bosque. Código de significancia del p-valor: *** menor de 0.001, ** menor de 0.01; * menor de 0.05,

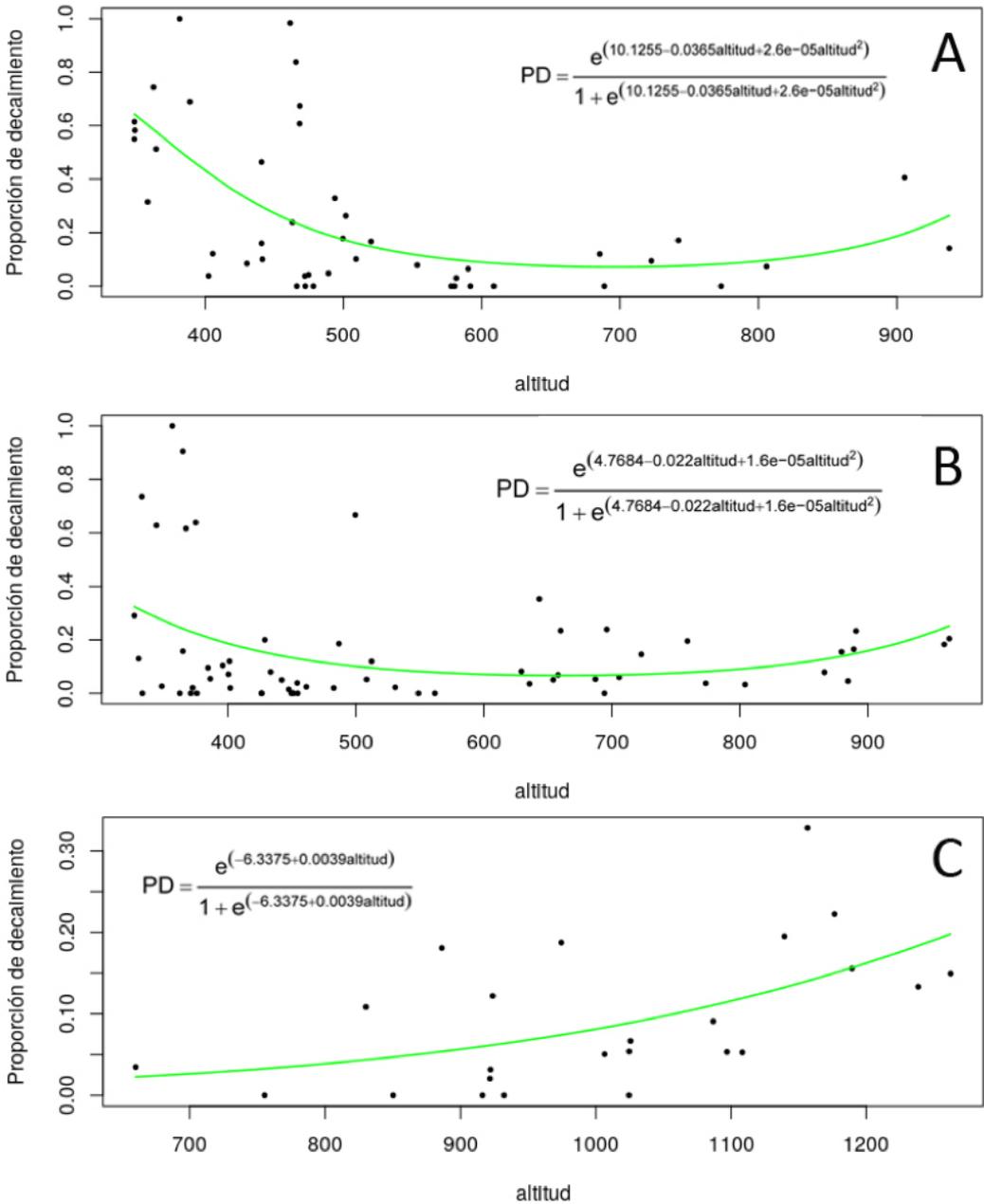


Figura N° 3. Representación de los modelos decaimiento estimas directas ~ modelo digital de elevaciones. La proporción de decaimiento frente a la altitud. Bosque de Pinus halepensis en solana (A). Bosque de Pinus halepensis umbria (B). Bosque mixto en solana (C).

El decaimiento en los Bosques de *Pinus halepensis* en solana (Figura N° 3A) es en general inverso al aumento en altitud, aunque con un repunte a los 900 metros. Por debajo de los 400 msnm el decaimiento medio está entre el 40 y el 60%. Al superar dicha altitud y hasta los 500 msnm, intervienen diferentes factores de compensación y existen zonas más afectadas y zonas en mejor estado, con un comportamiento paisajístico dual. A más altitud el decaimiento de *P. halepensis* sigue reduciéndose, como sería de esperar, hasta llegar a los 900 m donde aumenta. Este aumento se debe a que a dicha altura, en las solanas, el bosque de *P. halepensis* incorpora ya manchas de *Pinus pinaster*, que encuentran aquí su límite inferior de distribución, como se deduce de las áreas repobladas por Codornú y señaladas anteriormente.

Ocurre de forma similar en los bosques de *Pinus halepensis* situados en la umbría (Figura N° 3B), aunque en este caso la mortandad y/o el decaimiento es más bajo, con un valor medio máximo relativo de un 35% por debajo de 400 msnm, en un paisaje de nuevo muy dual por los factores de compensación, pero a una altitud 100 metros menor que en la solana. El decaimiento desciende conforme aumenta la altitud. En la umbría el límite inferior del *Pinus pinaster* parece descender hasta los 700 msnm, lo que es coherente con los modelos ambientales de esta especie disponibles (Chaparro, 1996), hasta observar de nuevo un repunte en el decaimiento a los 900 msnm.

En el caso de los bosques mixtos localizados en solana (Figura N° 3C) la tendencia general del modelo es que el decaimiento aumente conforme aumenta la altitud. Se evidencia coincidiendo con la Figura N° 2A que el límite inferior del *Pinus pinaster* vuelve a encontrarse en los 900 metros donde hay un repunte de decaimiento. Por encima de los 1.150 msnm se observa el decaimiento máximo coincidiendo en principio con el límite inferior del *Pinus nigra*.

La tendencia general de los modelos es que exista mayor mortandad en el límite inferior de cada una de las especies que componen el bosque y que el decaimiento descienda en altura entre límites, donde encuentran un ambiente más adecuado. Este hecho concuerda con las tendencias generales registradas en estudios previos (IPCC, 2014, Esteve et al., 2015, Esteve et al., 2017, Esteve et al., 2018) donde se espera que las poblaciones de las especies asciendan en altitud y que pierdan superficie en su límite inferior.

El decaimiento de las masas forestales no está únicamente relacionado con variables estrictamente geográficas o de incidencia biológica más indirecta como es la altitud. Las precipitaciones y las temperaturas, en distintas combinaciones, parecen gobernar el decaimiento de los bosques a escala regional, como se ha constatado en el primer apartado de esta contribución. Por este motivo, el decaimiento de los bosques observado en Sierra Espuña y sus estribaciones ha sido analizado bajo las siguientes variables independientes: precipitación media por estaciones, precipitación media del evento de sequía 2013-2014, temperatura media por estaciones y cobertura de pinar, cuyos resultados se muestran en la Tabla N° 5.

Los resultados obtenidos apuntan a que las variables climáticas tienen mayor incidencia en los bosques localizados en las solanas, es decir, existe una vulnerabilidad ambiental

inherente a los bosques en dicha ubicación. Sin embargo, los modelos ambientales relacionados con los bosques de umbría han absorbido mucha menos varianza (menor que los modelos descriptivos del dNDVI), predominando variables vinculadas al evento extremo (la precipitación del 2013-14) o alternativamente a la cobertura forestal del bosque, lo que supone que no se han determinado factores de vulnerabilidad físico-ambiental tan evidentes como en las solanas, quedando el decaimiento a merced principalmente de los eventos de sequía, y por tanto con un componente caótico e impredecible mucho más importante.

El decaimiento en los bosques de *Pinus halepensis* y de los pinares mixtos en solana se relaciona primariamente con localidades de escasa precipitación en los meses de otoño, es decir, con el alargamiento a esta estación de las condiciones climáticas de sequía estival, como ya ocurría en los patrones regionales de decaimiento de *P. halepensis*. El modelo bivalente que más varianza absorbe en los bosques semiáridos es el que incorpora, además de la precipitación de otoño, la precipitación de invierno (con una relación positiva), hecho que puede relacionarse indirectamente con el límite inferior del *Pinus pinaster*, especie que depende principalmente de la precipitación media anual (Chaparro 1996), ya que esta precipitación invernal expresaría de manera general la proporción de lluvia menos utilizable por las masas forestales al encontrarse en esta estación en parada vegetativa. En los bosques mixtos localizados en solana el control ambiental del decaimiento es similar: a la escasez de precipitación de otoño, se incorpora la temperatura de invierno (en signo negativo), que describiría la afeción de los pinares en las partes más elevadas de la sierra, donde se sitúa el límite inferior de las formaciones de *Pinus nigra*.

Como se observa la pauta del decaimiento forestal en Sierra Espuña y estribaciones se refleja altitudinalmente con tres máximos relativos. El más importante se sitúa en las partes bajas y refleja la mortandad de los bosques de *Pinus halepensis* en su límite inferior (300-400 msnm), y otros dos máximos relativos coincidiendo con los límites inferiores de *Pinus pinaster* (en torno a los 900 msnm) y *Pinus nigra* (a partir de 1200 msnm). Estas bandas altitudinales de decaimiento coinciden con los límites de las repoblaciones forestales establecidas por Codorníu y son coherentes con las pautas generales de respuesta esperables en los bosques frente al cambio climático, aunque tanto la existencia de bosques mixtos, como la distinta velocidad de los procesos de pérdida de las masas actuales en los límites inferiores y del avance de las masas futuras hacia cotas más altas, distorsiona temporalmente los cambios netos esperables en la superficie cubierta por cada especie.

De entre la totalidad de modelos realizados, se han seleccionado los que mayor varianza han absorbido para cada tipo de pinar y se ha cartografiado el decaimiento forestal en Sierra Espuña y estribaciones. Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla N° 6 y se muestran en la Figura N° 4.

Tal y como evidencian los resultados, los bosques de *Pinus halepensis* son los más vulnerables estructuralmente y por tanto los más afectados por el decaimiento. Éstos se localizan principalmente en las zonas bajas de Sierra Espuña y en sus estribaciones, y alcanzan un decaimiento medio del 35,91% en las solanas y del 22,31% en las umbrías, bastante superior a los valores medios obtenidos para el conjunto de la región. En cambio, los bosques mixtos localizados a más altitud se encuentran mejor conservados, su decaimiento

medio es más bajo, en torno a un 10%, con un par de puntos más elevado en las solanas. El decaimiento medio global de Sierra Espuña y estribaciones en conjunto es del 19,93%, unos seis puntos mayor que el valor medio regional.

Orientación y tipo de masa forestal		Directas	Modelos dNDVI	Modelo global
Toda el área	Bosque	13,82	18,47	19,93
Solana	Bosque de <i>P. halepensis</i>	25,91	40,05	35,91
	Bosque mixto	9,32	33,98	11,25
Umbría	Bosque de <i>P. halepensis</i>	15,72	22,31	22,31
	Bosque mixto	5,55	9,29	9,29

Tabla Nº 6. Estimaciones de intensidad de decaimiento en porcentaje, obtenidas a partir de fotointerpretación y de los modelos generados. Directas: fotointerpretación (estimaciones directas), dNDVI: modelo en función de la información obtenida con sensores remotos. Global: se ha calculado en función de la orientación y tipo de masa, usando distinta combinación de variables ambientales en las solanas y el dNDVI en las umbrías.

Finalmente, se proponen los bosques localizados en las solanas para el desarrollo de un plan de adaptación al cambio climático como aconseja EUROPARC (2018), ya que se han encontrado patrones ambientales claros que determinan el decaimiento, y que permitirían diseñar un índice de vulnerabilidad estructural a las sequías extremas, sobre el cual apoyar un programa de manejo forestal. En las umbrías sería necesario un estudio más detallado sobre el decaimiento registrado con el objetivo de establecer patrones de fondo relacionados con su vulnerabilidad frente al cambio climático y las sequías extremas.

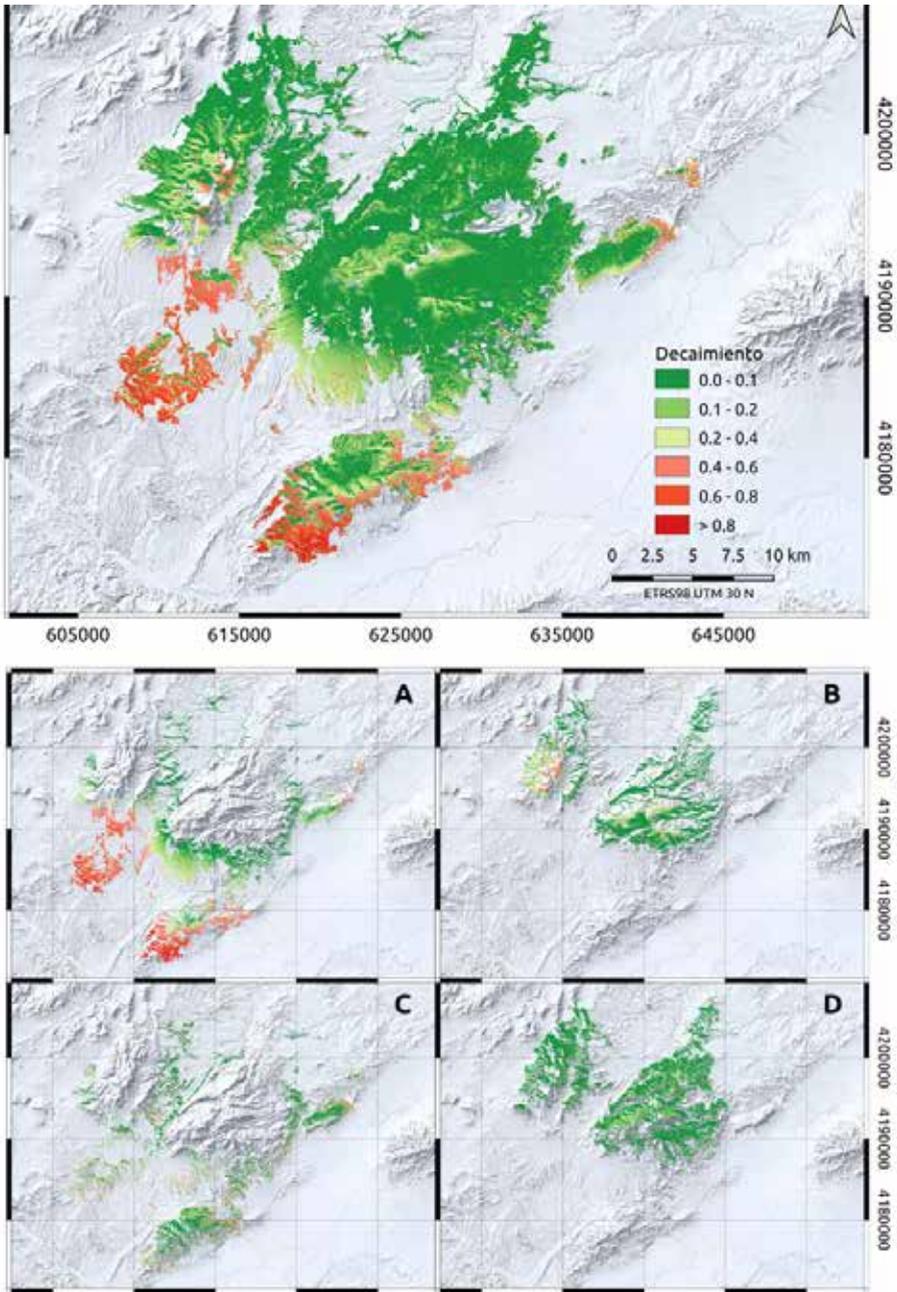


Figura N° 4: Cartografía del modelo de decaimiento de los bosques en Sierra Espuña y estribaciones a partir de los modelos parciales: ambientales A) bosque de *Pinus halepensis* en solana y B) bosque mixto en solana. Modelo dNDVI C) bosque de *Pinus halepensis* en umbría y D) bosque mixto en umbría.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIEF. (2017). *Inventario de Daños Forestales (IDF) en España. Red Europea de Seguimiento de Daños en los Bosques (Red Nivel I). Resultados del Muestreo de 2016*. Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid
- Chaparro, J. (1996). *Distribución potencial del bosque y de sus especies arbóreas en zonas mediterráneas semiáridas: modelos y aplicaciones*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia, Murcia.
- Codorníu, R. (1900). *Apuntes relativos a la repoblación forestal de la Sierra de Espuña*. Tip. Provincial de Levante. Murcia.
- Esteve, M.A., Chaparro, J., Pardo, M.T. & R. Vives. (2003). Los sistemas forestales desde una perspectiva histórica: las repoblaciones forestales. In: Esteve-Selma, M.A., Llorens Pascual de Riquelme, M. y Martínez Gallur, C. *Los recursos naturales de la Región de Murcia: un análisis interdisciplinar*. 248-260 pp. Universidad de Murcia.
- Esteve, M.A., Terrer, C., Abellaneda, J.P., Miñano, J., Palazón, J.A., Calvo, J.F. & J. Martínez-Fernández. (2012). Evaluación de la representatividad ecológica de la red de espacios protegidos de la Región de Murcia. In: Esteve-Selma, M.A., Martínez-Paz, J.M. y B. Soro-Mateo. *Análisis Ecológico, Económico y Jurídico de la Red de Espacios Protegidos de la Región de Murcia*. 101-148 pp. Editum. Universidad de Murcia.
- Esteve M.A., Martínez J., Hernández I., Robledano F., Pérez, M.A. & Lloret F. (2015). Cambio climático y biodiversidad en el contexto de la Región de Murcia. En: *Cambio climático en la Región de Murcia. Evaluación basada en indicadores* (Victoria F., coord.). Murcia: Oficina de Impulso Socioeconómico del Medio Ambiente, pp. 105-132.
- Esteve-Selma, M.A., Carreño, M.F., Moya-Pérez, J.M., Montoya, P.F., Martínez, J., Pérez-Navarro, M.A. & Lloret, F. (2017). La respuesta de los bosques de *Pinus halepensis* al cambio climático y los eventos de sequía extrema: modelos preliminares. En: *Riesgos Ambientales en la Región de Murcia* (pp. 163-185). Publisher: Editum. Servicio de Publicaciones. Universidad de Murcia. Editors: Carmelo Conesa García, Pedro Perez Cutillas.
- Esteve-Selma M.A., Carreño-Fructuoso M.F., Moya-Pérez J.M., Montoya-Bernabeu P.F., Martínez-Fernández J., Pérez-Navarro, M.A. & Lloret F. (2018). Respuesta de los bosques de *Pinus halepensis* del sureste ibérico al cambio climático: los eventos de sequía extrema. En: *El clima: aire, agua, tierra y fuego* (pp. 1023-1033). Montávez Gómez, Juan Pedro, et al. (eds.). Madrid: Asociación Española de Climatología; Agencia Estatal de Meteorología.
- EUROPARC España. (2018). *Las áreas protegidas en el contexto del cambio global: incorporación de la adaptación al cambio climático en la planificación y gestión*. Segunda edición, revisada y ampliada Ed. Fundación Interuniversitaria Fernando González Bernáldez para los espacios naturales. Madrid. 168 págs.
- Fick, S.E. & Hijmans, R.J. (2017). Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*. URL: <http://worldclim.org/bioclim>

Garrido Abenza, R., Palenzuela Cruz, J.E., BañónPeregrín, L.M. (2014). *Atlas Climático de la Región de Murcia*. AEMET. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Glenn, E.P., Huete, A.R., Bagler, P.L. & Nelson, S.G. (2008). Relationship between remotely-sense vegetation indices, canopy attribute and plant physiological processes: What vegetation indices can and cannot tell us about the landscape. *Sensors*, 8(4), 2136-2160.

IPCC. (2014). *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Montorio Llovería, R., Pérez-Cabello, F., García-Martín, A. & de la Riva Fernández, J. (2007). Estudio de los procesos de regeneración vegetal postincendio en parcelas experimentales mediante radiometría de campo. *Cuadernos de investigación Geográfica*, 33, 59-84.

Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A. & Deeding, D.W. (1973). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *In 3rd ERTS Symposium*, NASA SP-351 I, pp. 309-317.

CAPÍTULO N° 7

OBSERVATORIO DE INNOVACIÓN AGROECOLÓGICA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO: RECUPERACIÓN DE FRUTALES

J.M. Egea Fernández¹, D. González Martínez², L. Rodríguez Ortega¹, J.M. Egea Sánchez¹

(¹) Departamento de Biología Vegetal (Botánica), Facultad de Biología, Universidad de Murcia, Campus de Espinardo, 30100 Murcia.

(²) Oficina Comarcal Agraria Vega Media, Avd. Gutiérrez Mellado n° 17, 30500 Molina de Segura

1. INTRODUCCIÓN

1.1. JUSTIFICACIÓN

El cambio climático es uno de los principales desafíos que tiene que afrontar la agricultura del siglo XXI. Los modelos de predicción del clima actuales indican un aumento de temperatura que afectará sobre todo a las regiones más secas y calurosas de la Tierra, entre las que se encontraría el sureste de España. En particular, en estas regiones se prevén veranos más calurosos y secos, junto con una reducción de la temporada de crecimiento en muchas regiones, una salinización extensa llegando a alcanzar los niveles del mar, un aumento en la proliferación de plagas y enfermedades y una disminución de las tierras aptas para la agricultura (Easterling *et al.* 2000, IPCC 2008; Morrison *et al.* 2008).

A estas conclusiones se llega también en un informe del grupo Factor C02 (2016), en donde se prevén sequías persistentes y severas en las próximas décadas para Murcia, lo que conducirá a un aumento de la desertificación y de la sobreexplotación de los acuíferos, ya de por sí mermados. Los cambios en el clima se manifestarán también, de acuerdo con el citado informe, por una modificación del calendario de siembra y cosecha, así como en alteraciones en la fenología de las especies cultivadas, como ya se ha puesto de manifiesto en los cultivos de frutales con la floración en noviembre¹ en el Valle de Ricote, 4 meses antes de su época normal.

La adaptación de los sistemas agropecuarios y alimentarios, ante este escenario general de cambio climático, puede ser el desafío más importante al que se enfrenta la humanidad en las próximas décadas. Se requieren transformaciones agrarias profundas que contemplen cultivos “nuevos” y nuevos sistemas de producción (Willians 2013), con la finalidad de desarrollar agroecosistemas resilientes con capacidad de alimentar a la población mundial y de contribuir al desarrollo en el medio rural, dentro de un marco de sostenibilidad.

Un elemento estratégico, frente a este nuevo paradigma de la agricultura, lo constituyen los *Cultivos Promisorios*. Este concepto engloba a especies y variedades que tuvieron un papel importante en la agricultura y alimentación tradicional y que, por motivos

1 <https://www.newtral.es/frutales-en-flor-en-noviembre-que-esta-pasando-en-el-clima-de-murcia/20191108/>

socioeconómicos y políticos, se han olvidado (obsoletas) o están infrautilizadas en la actualidad (Esquinas y de Vicente 2013, Egea Fernández *et al.* 2015). Incluye también a cultivos ancestrales procedentes de diversas culturas y países, que se han mantenido en condiciones climáticas extremas (sequía, frío, salinidad...) durante milenios y que podrían ser adoptados en nuestro territorio (quinoa, amaranto, moringa,...), como en su día lo fueron los cítricos, frutales de regadío, tomates o patatas.

Muchas de estas especies y variedades locales promisorias, constituyen una opción de gran interés para la diversificación y diferenciación de los sistemas agrícolas frente al cambio climático (COM 2010, Padulosi *et al.* 2013, Declaración de Córdoba²). En diversas reuniones internacionales se reconoce también el potencial de estos cultivos para abordar problemas como la seguridad alimentaria y nutricional, la pobreza y la degradación ambiental; así como para generar ingresos en zonas rurales y aportar resiliencia a los agrosistemas frente a riesgos agronómicos y económicos (Hodgkin *et al.* 2011).

1.1. OBSERVATORIO DE INNOVACIÓN AGROECOLÓGICA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

La asociación *Observatorio de Innovación Agroecológica frente al Cambio Climático* (en adelante Observatorio), para abordar la adaptación de nuestro sistema agrario al cambio climático y a la sostenibilidad alimentaria, está desarrollando un proyecto en el marco de la medida 16.1 "Apoyo para la creación y el funcionamiento de grupos operativos de la AEI-AGRI en materia de productividad y sostenibilidad agrícolas", Programa Regional de Desarrollo Rural, financiado por la Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente y por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER).

Para abordar este proyecto se ha constituido un Grupo Operativo (GO) en el que participan las fincas agrarias siguientes: Casa Pareja (Jumilla), Castillo de Chuecos (Águilas), Ecoagrícola El Talayón (Águilas), Agronature 2000 (La Aljorra, Cartagena), MoysanLand (La Hoya, Lorca), Lo Mauro (Caravaca de la Cruz) y Viveros Municipales del Mayayo (Sangonera la Verde, Murcia). La localización de las fincas en distintas comarcas agrarias, nos permite seleccionar especies y variedades de interés adaptadas a diferentes condiciones agroclimáticas de la región. En el GO participan, además, tres empresas agroalimentarias (Últimos Panaderos, Salzillo coffee and tea y Panarro Foods), una empresa de cosméticos ecológicos (Biojaral), una asociación de profesionales de la restauración (AMURECO), dos asociaciones (CEOM, PARENTESIS) que trabajan con personas en riesgo de exclusión social y Luis Tesón, consultor de marketing gastronómico.

El GO, para llevar a cabo las acciones propuestas en el proyecto, cuenta con la colaboración externa de las áreas de Botánica y de Nutrición y Bromatología de la Universidad de Murcia, el grupo de investigación sobre Estrés, Producción y Calidad del CEBAS-CSIC, la empresa Biomurcia Alimentación y, por último, la Red de Agroecología y Ecodesarrollo de la Región de Murcia, que actúa como Agente de Innovación del proyecto.

² Esta declaración recoge las conclusiones del Seminario Internacional "Cultivos del Pasado y Nuevos Cultivos para Afrontar los Retos del Siglo XXI" organizado conjuntamente entre numerosas instituciones nacionales e internacionales.

El Observatorio, en una primera fase, ha focalizado su actuación en la recuperación, conservación y revalorización de especies y variedades infrautilizadas de la Región Mediterránea; así como en la adaptación y selección de variedades de cultivos introducidos recientemente en nuestro territorio (quinoa, amaranto y moringa), con potencial de adaptación al cambio climático (poca necesidad de insumos, resistencia a estreses hídricos y salinos) y que, además, posean buenas cualidades organolépticas y nutricionales. A partir de las variedades seleccionadas se están elaborando nuevos productos para la industria agroalimentaria y de cosméticos y se propondrán nuevos platos para una gastronomía resiliente al cambio climático.

La selección de variedades y la elaboración de nuevos productos (Fig 1) se realizará a través de un proceso participativo, en el que intervendrán los productores y cocineros del GO; así como los científicos y técnicos colaboradores. La selección final la realizarán los consumidores en general a través de degustaciones, catas y talleres gastronómicos previstos.



Figura 1. Proceso de selección de variedades y nuevos productos

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos hasta la fecha en el proceso de recuperación y conservación de variedades locales de frutales. En capítulos siguientes se presentan también los primeros resultados relacionados con la selección en el campo de quinoa, amaranto y moringa; el comportamiento de variedades locales de quinoa y amaranto frente a estreses hídricos y salinos; y la calidad nutricional de una selección de variedades de quinoa, amaranto y moringa.

1.2. RECUPERACIÓN Y CONSERVACIÓN DE VARIEDADES LOCALES. OBJETIVOS

La erosión genética de frutales y plantas leñosas es realmente alarmante y contraria a todo tipo de convenios y tratados internacionales para la conservación de la Biodiversidad Agraria. A la pérdida general que es común a todo tipo de recursos fitogenéticos locales, en el caso de las plantas leñosas, hay que añadir la dificultad de mantener estos recursos en las colecciones de campo de los Bancos de Germoplasma oficiales. Un ejemplo que evidencia esta grave situación lo encontramos en la Región de Murcia, con la desaparición de las colecciones de albaricoquero y melocotonero más importantes en el ámbito nacional (Egea Fernández *et al.* 2014). La necesidad de espacio para el cultivo de variedades modernas, la falta de presupuesto para mantener los cultivos en campo, las plagas y enfermedades producidas por organismos de cuarentena y la pérdida de interés para la mejora genética (según algunos mejoradores), son algunas de las amenazas principales que afectan a la conservación *ex situ* de las variedades locales de los cultivos leñosos.

Una alternativa a la conservación de estas variedades es su distribución en fincas de agricultores, aficionados y colectivos interesados en la conservación de estos recursos. Con esta finalidad se ha estructurado, en el marco del proyecto del Observatorio, una red de Centros de Innovación Agroecológica que, entre otras funciones, colaboran con la custodia de “colecciones madres” de variedades infrautilizadas u obsoletas, a partir de las cuales se distribuirá material a los agricultores y aficionados interesados.

El potencial de adaptación de las variedades locales para afrontar los problemas derivados del cambio climático y la valorización a través de la producción ecológica, son algunos de los motivos que justifican la recuperación y conservación de estos recursos fitogenéticos, objetivo general de este capítulo. Los *objetivos específicos* son:

- Consolidar una red de Centros de Innovación Agroecológica frente al Cambio Climático (CIAs).
- Establecer en los CIAs “colecciones madres” de especies y variedades de frutales infrautilizadas.

2. METODOLOGÍA

Para la localización y recolección de material vegetativo de variedades se ha recurrido a colecciones de campo preestablecidas y se han realizado prospecciones de campo en sistemas agrarios tradicionales distribuidos por toda la región. Las yemas recolectadas se han injertado, en sus patrones correspondientes, directamente en las fincas o en viveros profesionales, hasta su trasplante definitivo. Los esquejes se han plantado directamente en campo. Para cada variedad recolectada se cumplimenta una ficha con el nombre de la variedad, datos del cultivo y usos. Algunas variedades se han comprado a viveros profesionales.

En las tareas de localización y recuperación de variedades locales, además de los colaboradores externos, se ha promovido el Grupo de Trabajo de Frutales de la Región de Murcia. La organización del I Congreso Científico Escolar sobre Agroecología y Sostenibilidad

Alimentaria, con el lema “Recuperando Saberes y Sabores” (<https://raerm.es/i-congreso-cientifico-escolar-2019/>), ha sido otra de las iniciativas puestas en marcha para implicar a la población escolar en la recuperación de variedades en peligro de extinción y la cultura asociada al uso y gestión de estas variedades.

Para la conservación de las variedades recuperadas se ha establecido una red de Centros de Innovación Agroecológica, integrada por las fincas Casa Pareja, Castillo de Chuecos, Lo Mauro y los Viveros Municipales del Mayayo³. Los propietarios de las fincas se comprometen, mediante un “Acuerdo de Custodia”, a mantener en condiciones óptimas las variedades y colecciones madres apadrinadas, a realizar un manejo ecológico de los cultivos y a la distribución de material a agricultores, aficionados y colectivos interesados. Los CIAs actuarán, además, como fincas experimentales para proyectos de Innovación Agroecológica y asumen tareas de asesoramiento, sistematización de experiencias y de formación y divulgación, a través de la organización de diversas actividades (encuentros, talleres, ferias, etc.).

3. RESULTADOS

3.1. RECUPERACIÓN Y CONSERVACIÓN DE MELOCOTONEROS

La colección de melocotoneros recuperada procede de la Finca Experimental La Maestra del CIFEA de Jumilla. Fue establecida por Joaquín Rodríguez (investigador del IMIDA, ahora jubilado) a partir de material seleccionado de cultivos de la Región de Murcia y de otras comunidades del país. La colección consta de 112 entradas de las variedades siguientes:

- Albacete (Isso): Amarillo (agra, carrilero, La Nava, viejo), Blanco (carrilero, viejo), Chato, Isso Hondón y Rojo
- Alicante (Gorga): Agostana (Andresito, Mario, Mauro, planet, Tomaset), Tardana y Tardana especial.
- Canarias (Gran Canaria): Amarillo y Blanco de Valsequillo.
- Canarias (Hierro): Amarillo, Mirollo y Mirollo criollo.
- Canarias (Tenerife): Ramblero grande.
- Granada (Algarinejo): Amarillo, Blanquillo, Dorado, Dorado chapa, Mollar, Pico gorrión.
- Granada (Castillejar). Amarillo (pico, uniforme), Blanco (chapa, chapa roja), Rojo y Rojo tardío.
- Huelva (La Nava). Alberchigo, Almagreño y Amarillo.
- Lérida: Alejandro Dumas, Amarillo piñana, Rojo Sancho, Miraflores.
- Málaga (Periana): Amarillo (gordo, pico gorrión, picudo, redondo gordo), Gordo pico garbanzo y Rojo (gordo, menudo).

³ https://agrobserver.org/wp-content/uploads/archivos/pdf/VARIEDADES_DE_FRUTALES_EN_CENTROS_DE_INNOVACION_AGROECOLOGICA.pdf

- Murcia: Calabacero (candelo, deleite, rincón, soto), Campillo rocho, Enrique, Jerónimo (oro, prasio), Maruja (perfección, porvenir, tradición), Segundo.
- Orense: Amoeiro

En 2013, la colección mostraba claros síntomas de deterioro con ejemplares desaparecidos o muy debilitados (Egea *et al.* 2014) por lo que, desde la RAERM, vimos la necesidad de duplicarla. En agosto de 2013 (Fig. 2) se recolectó material vegetal de cada una de las variedades y se injertaron, en unos viveros profesionales (Fig. 3), en 6 (7) patrones G x N, de unos dos meses. Las plantas injertadas permanecieron en los viveros hasta enero de 2015, que se trasplantaron en Casa Pareja (Fig. 4, 5) y, algunos ejemplares, en los Viveros del Mayayo. También se donaron ejemplares para su custodia en centros educativos. Este año (2019), de Casa Pareja, se han cogido yemas de todas las variedades murcianas y canarias y se han injertado en la Finca Experimental del CIFEA de Molina de Segura. Para el próximo año se ha previsto duplicar parte de la colección en la Finca Lo Mauro.



Figura 2. Recolección de material vegetativo de melocotonero de la Finca Experimental La Maestra (Jumilla), en 2013.



Figura 3. Injerto del material vegetativo en patrones G x N, en unos viveros profesionales



Figura 4. Colección de melocotoneros, 2015



Figura 5. Colección de melocotoneros, 2018

- **Colección de melocotoneros de Casa Pareja:** Las 112 entradas de la colección se duplicaron en esta finca. Hay 3 árboles por entrada.
- **Colección de melocotoneros de los Viveros del Mayayo:** Se trasplantaron sólo las variedades murcianas siguientes: Maruja porvenir, Maruja, Enrique, Jerónimo, Segundo, Calabacero y Campillo.

3.2. RECUPERACIÓN Y CONSERVACIÓN DE HIGUERAS

Las variedades de higueras apadrinadas tienen su origen en una colección, establecida por Joaquín Ríos (jubilado) en la Finca Experimental del CIFEA de Molina de Segura (Fig. 6), y conservada en los últimos años por Bernardino Rodríguez. Consta de 51 entrada recolectadas en diferentes puntos del país; algunas proceden de viveros profesionales. De cada una de ellas hay 3 pies.

Las variedades incluidas en la colección son: Banane, Bordissot blanca, Botón de fraile, Brown turkey, Calabacita, Cameta, Colar, Conadria, Cuello de dama blanco, Dalmatie, Florancha, Gobernador, Goina, Higuera de rey, Napolitana negra (2), Nazaret (2), Negra de mesegar, Negra de Elche, Ñoral, Panachee (Fig. 7), Pascual, Tío Antonio, Tío Paco, Torera, Toro sentado, Turka, Verdal (3), Vinalopó, Cm1, Cm2, Cm3, Cm5, Cm6, Cm7, Cm8, Cm13, Cm14, Cm21, Cm25, Cm26, Cm29, Cm30, Cm33, Cm34, Cm35, Cm38, Cm49



Figura 6. Recogida de esquejes de la colección de higueras de la Finca del CIFEA de Molina



Figura 7. Variedad Panachee.

La colección se ha duplicado, en parte, en las fincas de Casa Pareja y en Castillo de Chuecos. Para febrero de 2020 se ha previsto la duplicar algunas variedades en los Viveros del Mayayo y en la Finca Lo Mauro.

- **Colección de higueras de Casa Pareja.** La colección se estableció en junio de 2016. Consta de las entradas siguientes, cada una de ellas con 3 árboles: Bordissot blanca, Botón de Fraile, Brown Turkey, Colar, Florancha, Gobernador, Goina, Napolitana, Nazaret, Negra Meseger, Ñoral, Panachee, Pellejo de Toro, Turka, Verdal, CM2, CM3, CM5, CM6, CM7, CM8, CM13, CM30, CM34, CM 35.
- **Colección de higueras de Castillo de Chuecos.** La colección se estableció en junio de 2019. Consta de las entradas siguientes, cada una de ellas con 2 árboles: Botón de fraile, Brown Turkey, Colar, Conadria, Cuello de dama blanco, Florancha, Gobernador,

Goína, Higuera de Rey, Napolitana negra, Nazaret, Ñoral, Panachee, Torera, Turka, Verdal, Vinalopó, Cm 2, Cm3, Cm5, Cm 6, Cm 7, Cm 8, Cm 13, Cm 14, Cm 19, Cm 21, Cm 25, Cm 26, Cm 29, Cm 30, Cm 34, Cm 35, Cm 49.

3.3. RECUPERACIÓN Y CONSERVACIÓN DE CÍTRICOS

Las especies y variedades de cítricos recuperadas proceden, en gran parte, de la Finca Vistahermosa de Villanueva del Segura, donadas por su propietaria Rosa Rodríguez. Se han establecido dos colecciones. Una en una parcela del restaurante Promenade, en Murcia. La otra en los Viveros Municipales del Mayayo. En ambos casos el patrón utilizado ha sido *Citrus macrophylla* Wester, comprado en un vivero profesional.

- **Colección de cítricos del restaurante Promenade.** Consta de 15 especies y variedades, cada una de ellas con un ejemplar. Los patrones se plantaron, en su lugar definitivo, a finales de mayo de 2015, y se injertaron en septiembre de ese mismo año. A continuación se relacionan las especies y variedades de la colección. Entre paréntesis se indica el nombre científico de la especie y el donante:
 - Bergamoto (*Citrus bergamia* Risso & Poit. Donante: Asociación Naturalista del Sureste).
 - Cidro (*Citrus medica* L. Diego Rivera Núñez)
 - Cimbobero (*Citrus maxima* (Burm.) Merrill. David González)
 - Clementina (*Citrus reticulata* Blanco. Rosa Rodríguez).
 - Lima palestina (*Citrus limettioides* Tanaka. Diego Rivera Núñez).
 - Limetera dulce (*Citrus limetta* Risso. Rosa Rodríguez).
 - Limón de Saravia (*Citrus bergamia* Risso & Poit. Rosa Rodríguez).
 - Limón fino (*Citrus limon* (L.) Burm. Viveros de Pulpí, Almería).
 - Limoncillero (*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle. Asociación Naturalista del Sureste).
 - Mandarina del terreno (*Citrus reticulata* Blanco. Rosa Rodríguez).
 - Mano de Buda (*Citrus medica* L. var. *sarcodactylis* Hort. Universidad de Murcia).
 - Naranja Condesa (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck. Rosa Rodríguez).
 - Naranja Grano de Oro (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck.) Rosa Rodríguez).
 - Naranja Sangrina (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck. Rosa Rodríguez).
 - Poncil de Ulea (*Citrus medica* L. Rosa Rodríguez)
- **Colección de cítricos de los Viveros del Mayayo.** En febrero de 2019 se plantaron 50 ejemplares de *Citrus macrophylla*, para utilizarlos como patrón de cítricos. En septiembre de 2019 se injertaron 8 especies y variedades, cada una de ellas en dos plantas. El

material vegetativo procedía de la finca Vistahermosa (Villanueva del Segura), propiedad de Rosa Rodríguez (Figs. 8 y 9). El resto de injertos se realizará en abril de 2020. La colección madre de momento está representada por: Bergamota, Clementina fina, Lima dulce, Mandarina fina, Mandarina satsuma, Naranja sangrina, Poncil de Ulea y Pumelo.



Figura 8. Recogida de material vegetativo de la Finca Vistahermosa (Villanueva del Segura)



Figura 9. Injerto de variedades de cítricos en los Viveros del Mayayo.

3.4. RECUPERACIÓN Y CONSERVACIÓN DE FRUTALES

En los Viveros Municipales del Mayayo se ha establecido una colección de 21 variedades, de la Región de Murcia, cada una de ellas con 3 ejemplares. Las plantas se compraron ya injertadas en Viveros Muzalé (Abanilla). La plantación se realizó al final de enero de 2019. Las variedades apadrinadas son:

- Albaricoque: Bulida, Damasco, Hueso Dulce, Moniqui.
- Cerezo: Balear, Picota.
- Ciruelo (*P. domestica*): Huevos de burro, Manga de Fraile, Mayera.
- Jinjolero.
- Granado: Mollar.
- Manzano: Del Terreno, Pero de Alguazas.
- Melocotonero: Calabacero, Chato, Maruja.
- Nispolón.
- Pera: Campesina, Magallón. Manteca.
- Pereta: De Abanilla.

3.5. OTRAS COLECCIONES

En la Finca Casa Pareja (Jumilla), además de las colecciones ya comentadas, hay una colección de albaricoqueros y otra de frutales de pepita.

- **Colección de albaricoqueros.** La colección procede de varias colectas realizadas, en 2013, en las vegas media y alta del Segura. Consta de las siguientes variedades: Carrascases, Colorados, Chicano, Gitanos, Hueso dulce, Pacorro y Pepito. De cada variedad hay 5 ejemplares.
- **Colección de frutales de pepita.** Colección constituida por 4 variedades de manzano y 6 de peral recolectados, en 2015, en Abanilla, Jumilla y la Vega Media. De cada variedad hay 3 pies.
 - Variedades de manzano: Manzanica del terreno (Las Torres de Cotillas), Manzana de río (Las Torres de Cotillas), Pero de mata (Mahoya), Pero de la Bermeja (Ricote)
 - Variedades de peral: Muslo de dama (Jumilla), Pera de agua (Ceuti), Pereta (Mahoya), Pereta del Partidor (Sahues), Pera de manteca (Mahoya), Magallona (Ricote)

4. DISCUSIÓN

No hay duda, tras los informes y estudios realizados por numerosos autores, organizaciones e instituciones, de que la mejor manera de reducir la vulnerabilidad frente al cambio climático (Esquinas 2013, Egea Fernández et al. 2015) y de aumentar nuestra seguridad y soberanía alimentaria, es aumentar la diversidad de las especies y variedades agrícolas cultivadas. En este contexto, las llamadas especies infrautilizadas y las variedades locales juegan un papel clave en la agricultura del futuro.

Una de las potencialidades notables de estos recursos fitogenéticos reside en su elevado número y en su gran heterogeneidad, lo que representa en sí una amplia oportunidad de encontrar cultivos adaptados a diferentes condiciones y para satisfacer diferentes propósitos y gustos (Willians 2013). Las ventajas que estos cultivos ofrecen incluyen su pre-adaptación a condiciones marginales o extremas de temperatura, humedad, suelo, viento y altura, su resistencia a plagas y enfermedades y su mayor potencial para la obtención de nuevas variedades adaptadas a diferentes condiciones cambiantes del clima. Este último atributo es de gran interés para ampliar la base genética empleada en los programas de mejora.

Atendiendo a estas características de las especies infrautilizadas y variedades locales se recomienda, desde una perspectiva agroecológica, el aumento de la diversidad genética de los agrosistemas, mediante (Willians 2013):

- Aprovechamiento, reintroducción y promoción de cultivos nativos infrautilizados adaptados a diferentes condiciones agroclimáticas.
- Aumento de la diversidad interespecífica (número de especies) e intraespecífica (diferentes razas y variedades), adaptada a las condiciones agroclimáticas locales.
- Introducción, ensayo y promoción de cultivos infrautilizados adaptados a condiciones áridas y semiáridas.
- Reconocimiento y fortalecimiento de los bancos de semillas y colecciones de frutales informales, con la finalidad de ponerlos a disposición de las personas interesadas.

El proyecto que se realiza desde el Observatorio va en esta línea de trabajo. La recuperación y conservación de las variedades en diferentes fincas colaboradoras constituye una garantía para su conservación en el futuro.

5. CONCLUSIONES

La producción hortofrutícola, base de la actividad agrícola de la región, se encuentra amenazada como consecuencia de los efectos del cambio climático, el encarecimiento del agua (sequía, desalación, aumento de la demanda,...) y la salinización de los suelos.

La sustitución de al menos una parte de esta producción hortofrutícola por cultivos promisorios adaptados a las condiciones cambiantes del clima, con bajos requerimientos hídricos y de otros insumos (fertilizantes, pesticidas, energía fósil...), no solo repercutirá de forma positiva en la economía de la región, sino que incluso posibilitará el mantenimiento de la propia agricultura en amplias zonas amenazadas.

Ante la situación de grave erosión genética de variedades locales de frutales y debido al potencial que ofrecen estas variedades para la adaptación de cultivos al cambio climático, se impone la necesidad urgente de recuperar, conservar y multiplicar el material que aún existe en el territorio, evitando de este modo su desaparición definitiva

La custodia de variedades locales de frutales en fincas particulares colaboradoras constituye una garantía o seguro para su conservación debido a la desaparición de las colecciones de campo de los Bancos de Germoplasma oficiales.

FINANCIACIÓN

Este trabajo se enmarca dentro del proyecto “Observatorio de Innovación Agroecológica para hacer frente al Cambio Climático”, financiado por la Unión Europea de Desarrollo Regional (FEDER) y el Programa de Desarrollo Rural 2014-2020, medida 16.1 de la Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente de la Región de Murcia.

REFERENCIAS

COM. (2010). *Opciones para una meta y una visión de la UE en materia de biodiversidad más allá de 2010*. CE: Bruselas.

Easterling, DR., Meehl, GA., Parmesan, C., Changnon, SA., Karl, TR. y Mearns, LO. (2000). Climate extremes: Observations, modeling and impacts. *Science*, 289: 2068–2074.

Egea Fernández, JM., González, D. y Melgares de Aguilar J. 2014. *Variedades locales de frutales de hueso de la Región de Murcia. Análisis preliminar*. Actas del XI Congreso de SEAE. Vitoria.

Egea Fernandez, JM., Egea Sánchez JM., Egea Sánchez I. y Rivera Núñez D. (2015). *Cultivos promisorios para enfriar el clima y alimentar al mundo. Una propuesta agroecológica para el desarrollo rural en Tierra de Iberos*. Bullas, Murcia: Integral, Asociación para el Desarrollo Rural.

Esquinas, J. (2013). Biodiversidad y seguridad. En Cuadernos de estrategia 161, *Seguridad alimentaria y seguridad global* (pp: 109-156). Instituto Español de Estudios Estratégicos. Ministerio de Defensa.

Esquinas, J, de Vicente, C. (2013). Seminario Internacional “Cultivos para el Siglo XXI” *Ambienta 102*: 12-25.

Factor C02. (2016). *Diagnóstico de vulnerabilidad del Municipio de Murcia. Análisis de riesgos climáticos*. Agencia Local Energía Murcia. ayuntamiento de Murcia.

Hodgkin, T., Frison, E., Fanzo, J. y López Noriega, I. (2011). Biodiversidad agrícola, seguridad alimentaria y cambio climático. *Ambienta, 94*: 42-57.

IPCC. (2014). *Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (p. 151 pp). Ginebra, Suiza: Core Writing Team,

Morison, JL., Baker, NR., Mullineaux, PM. y Davies, WJ. (2008). Improving water use in crop production. *Philosophical Transactions of the Royal Society B, 363*: 639–658

Padulosi, S., Galluzzi, G. y Bordonni, P. (2013). Una agenda global para las especies olvidadas e infrautilizadas. *Ambienta, 102*: 26-37.

Williams, DE. (2013). Cultivos infrautilizados, cambio climático y un nuevo paradigma para la agricultura. *Ambienta 102*: 56-65.

CAPÍTULO N° 8

CULTIVOS ADOPTABLES EN LA REGIÓN DE MURCIA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO: I. QUINOA

Lisbeth A. Miranda¹, J.M. Egea Sánchez¹, J.M. Egea Fernández¹

(¹) Departamento de Biología Vegetal (Botánica), Facultad de Biología, Universidad de Murcia, Campus de Espinardo, 30100 Murcia.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

Por cultivos adoptables entendemos los cultivos que se han introducido muy recientemente en la región (moringa, quinoa), o su cultivo es testimonial (jojoba, argán), o bien no se han cultivado aún, pero que podrían introducirse en un futuro próximo (amaranto, chia, teff, fonio,...), de acuerdo con sus requerimientos edafoclimáticos. Estos cultivos, si nos situamos en el contexto de emergencia climática global en el que estamos inmersos, poseen un gran interés debido a que están dotados, en muchos casos, de una gran heterogeneidad genética, con variedades resistentes a condiciones climáticas y edáficas extremas.

Los sistemas agrícolas y alimentarios, de acuerdo con Willians (2013), requieren transformaciones fundamentales que contemplen nuevos sistemas de producción y “nuevos” cultivos (cultivos promisorios; Egea Fernández, et al., 2015), con capacidad de adaptarse a las condiciones climáticas y a los eventos meteorológicos impredecibles. La selección de cultivos adoptables constituye, por tanto, una de las estrategias frente al cambio climático, con la finalidad de garantizar la seguridad y soberanía alimentaria en un futuro que consideramos inmediato.

En el marco del proyecto “Observatorio de Innovación Agroecológica frente el Cambio Climático”, ante este paradigma, se han iniciado algunos ensayos con el objetivo de seleccionar las especies y variedades mejor adaptadas a nuestras condiciones agroclimáticas, que posean una gran calidad nutricional y un alto potencial para adaptarse al cambio climático, de acuerdo con los modelos previsibles en la región.

Este proceso, en una primera fase, se ha iniciado con cultivos andinos entre los que se encuentran quinoa y amaranto. Ambas especies se caracterizan por su gran heterogeneidad, con variedades resistentes a condiciones climáticas y edáficas extremas, se cultivan con pocos insumos y poseen una extraordinaria calidad nutricional, con elementos funcionales de interés para la salud humana y animal (Egea Fernández et al. 2015). Tanto quinoa como amaranto han formado parte de la dieta alto andina por miles de años. Su consumo es similar al de los cereales, pero la ausencia de gluten las hacen aptas para celíacos.

La quinoa o quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow) posee un elevado índice de valor nutricional, superior al de los cereales con gluten, sobre todo por su alto contenido en proteínas (16% aproximadamente), su excelente digestibilidad (92%) y contenido balanceado de los aminoácidos esenciales, tales como lisina y metionina (Jacobsen, 2003; Ahumada, et al., 2016). Por otro lado, el amaranto o kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) es uno de los alimentos más completos y balanceados por el alto nivel de lisina que contiene, aminoácido esencial para la nutrición de los niños especialmente en etapas iniciales de su desarrollo, donde influye en el fortalecimiento neuronal del cerebro; también contiene minerales como calcio, fósforo, hierro, potasio, zinc; vitaminas E, B y proteína de 12 a 18 %. Además se comporta como un excelente complemento en la industria harinera. Ambas especies están entre los alimentos seleccionados por la NASA para la nutrición de astronautas en los viajes espaciales. La FAO declaró 2013 como el año internacional de la quinoa por su calidad nutricional y su relación con la seguridad alimentaria.

Este trabajo se centra en los ensayos realizados con variedades de quinoa, especie de la que ya se pueden extraer algunas conclusiones de interés para la región. El resto de experiencias todavía están en periodo de sistematización.

1.2. ANTECEDENTES

La quinoa es originaria de la región andina, donde fue cultivada hace unos 5000 años. Hasta 1970 su cultivo estaba restringida a América Latina, sobre todo en Bolivia, Perú y Ecuador. Hacia 1970 se realizan los primeros experimentos del cultivo en Inglaterra y Suecia. En la década de los 90 varios países europeos participaron en el proyecto "Quinoa un cultivo multipropósito para la diversificación agrícola de los países Europeos", con la finalidad de trabajar en tres áreas prioritarias: producción, composición y valor nutritivo, y usos industriales. Los materiales chilenos del grupo "Costeño" se adaptaron bien a estas zonas (Jacobsen, 1998).

En España existen programas de introducción de quinoa desde los años 90. Las primeras experiencias se inician en el Departamento de Producción Vegetal. Fitotecnia de la ETSIA (Herencia, 1998), mediante un programa de investigación para estudiar el comportamiento de la quinoa en la zona centro de la península. Las siembras se iniciaron en diciembre de 1992 y finalizaron en 1996. Se utilizaron 7 cultivares comerciales y 40 líneas y ecotipos de origen Andino. Las variedades que proporcionaron los mejores resultados fueron: Blanca de Juli, Cheweca, Kamiri, Kancolla, Sajama y Blanca de Jujuy (Herencia, 1998; Herencia, et al. 1999).

Tras estos ensayos iniciales, la quinoa empezó a producirse y comercializarse en Andalucía, donde ya se cultivan más de 2000 ha/año, con un rendimiento medio de unos 1000 a 2200 kg/ha en secano, pudiendo alcanzar los 4000 kg/ha en regadío (Peláez, 2017; en Maciá y Lloveras, 2018). También se han publicado resultados en Castilla y León (Valladolid) con un rendimiento medio de unos 1500 kg/ha (Calleja, 2017; en Maciá y Lloveras, 2018) y en Aragón (Huesca), donde se han obtenido unos 2000 kg/ha en regadío (A. Castro, com. pers.).

En la actualidad hay varios centros de investigación que realizan estudios sobre quinoa en nuestro país, como el Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (Cicytex); el grupo de investigación de Producción Vegetal y Calidad Agroalimentaria de la Universidad Católica de Ávila (UCAV); y la Universidad Autónoma de Madrid que realiza un estudio sobre quinoa, en colaboración con grupos de investigación de Perú y Chile, para analizar la adaptación de diversos cultivares en diferentes puntos de España.

1.3. OBJETIVO

El objetivo general es analizar si diferentes variedades de quinoa crecen bien en las condiciones agroclimática de la Región de Murcia y si pueden considerarse como buenas alternativas a los cultivos dominantes en la actualidad en un escenario de cambio climático.

Como objetivo específico nos planteamos hacer un seguimiento de los cultivos de quinoa en parcelas de la empresa Moysan Land (La Hoya, Lorca) y de la finca Casa Pareja (Jumilla).

2. MATERIAL Y MÉTODO

El material utilizado para la selección de variedades de quinoa, procede del Banco de Semillas de Variedades Locales de la Universidad de Murcia.. En la tabla 1 se indica la relación del material utilizado, donante y país de origen de la semilla.

Tabla 1. Variedades de *Chenopodium quinoa* (Quinoa)

Variedad	Donante	País
Blanca Puñata	Humberto Ríos	Bolivia
Pandala	Humberto Ríos	Bolivia
Toledo	Humberto Ríos	Bolivia
QQ74 seed GH2016	Leonardo Hinojosa	Chile
Cherry vainilla seed GH2016	Leonardo Hinojosa	Chile
Cahuil	Leonardo Hinojosa	Chile
Amarilla	Comunidad Santa Cruz de Sallac	Urcos Cusco Perú
Blanca	Ricardo Pezo Huari	Cusco Perú
Roja	Ricardo Pezo Huari	Cusco Perú
Negra	Ana Choquecahua	Andahuayillas Cusco Perú
Salcedo-INIA	Freddy	Perú
Titicaca	Freddy	Dinamarca

Para este trabajo se ha contado con dos parcelas de la empresa Moysan Land S.L., con una experiencia en el cultivo de quinoa que se remonta a 2015. También se ha contado con otras dos parcelas de la Finca Casa Pareja.

3. RESULTADOS

3.1. CULTIVO DE QUINOA EN LA HOYA (LORCA)

En la Región de Murcia, la primera y mayor experiencia con el cultivo de quinoa se viene desarrollado en La Hoya (Lorca) con la empresa Moysan Land S.L. Esta iniciativa se remonta a marzo de 2015, que fue cuando se sembró una hectárea de quinoa de la variedad Salcedo-INIA de Perú. La variedad no soportó las altas temperaturas del verano que fueron superiores a los 40 °C¹ en algunos días y ni las lluvias de principios de otoño, además hubo un ataque de mildiu² que fue bastante agresivo por la condiciones ambientales. Todos estos sucesos trajeron consigo la pérdida total de la cosecha. En 2016 continuaron con la plantación. Los resultados fueron similares al año anterior.



Figura 1. Cultivo de quinoa de la variedad Salcedo-Inia, 2017.

En 2017 la siembra se adelantó a mediados de enero, con la misma variedad (Salcedo-INIA) y con los mismos tratamientos de los años anteriores. La dosis de siembra fue 6 kg/ha. La siembra fue manual a “chorrillo”, con un marco de plantación de 10-12 x 80 cm y con una frecuencia de riego por goteo de una vez cada 10 o 12 días (Fig. 1). La planta se desarrolló de acuerdo a sus características hasta la floración. A partir de ese momento el proceso de formación del grano fue muy escaso. La cosecha fue del 10% de la producción esperada, lo que no hacía rentable su cosecha. De nuevo fueron las altas temperaturas (de finales de mayo y principios de junio) las que perjudicaron la formación del grano.

En 2018 la siembra se realizó a finales de febrero, en una superficie de 1 ha. Se utilizaron semillas de la variedad Titicaca, la frecuencia de riego fue de una vez cada 15 días dependiendo de la climatología y con una demanda mayor de agua durante la floración y fructificación. Durante todo el ciclo del cultivo no hubo incidencias de plagas ni enfermedades lo que influyó positivamente en el rendimiento. La producción total fue de 2,000 kg de grano,

1 Temperaturas superiores a 38 °C producen aborto de flores y muerte de estigmas y estambres, imposibilitando la formación de polen, impidiendo así la formación de grano (Mujica, et. al., 2001).

2 La enfermedad más importante de la quinua es el mildiu, causado por *Peronospora variabilis* Gäum., que ocasiona pérdidas en el rendimiento entre 33 y 58 por ciento. En condiciones de alta presión de inóculo, puede llegar incluso hasta un 100 % si las condiciones son muy favorables para su desarrollo: humedad relativa mayor de 80 % y temperatura entre 15 y 25 °C.” (Risco, 2014)

lo que significó un rendimiento de 2,000 kg/ha, asegurando la obtención de semillas para la campaña agrícola del 2019 y, además, el envasado del producto para su comercialización en un formato de bolsa de 250 gr, el cual fue comercializado por un supermercado.

En 2019 se sembró también la última semana de febrero, en un marco de 80 x 10 cm. Para optimizar el uso de la semilla se utilizó una sembradora de hortalizas cuyo calibrado se adecuó para la quinoa. La dosis de siembra fue de 8 kg/ha. El poder germinativo de la semilla fue alto y el cultivo llegó a tener una densidad adecuada, por lo que no hizo falta el clareo, lo que repercutió en un ahorro significativo en mano de obra.

El área total del cultivo fue de 11 has en regadío por goteo, con una frecuencia de riego de una vez cada 15 días. Durante la floración y formación de granos se ajustó el riego a una vez cada 10 días. Antes de la germinación se realizó un riego abundante para romper la costra de sal y así facilitar la emergencia de la planta. Durante todo el desarrollo del cultivo no hubo ningún incidente de plagas ni de enfermedades. El rendimiento fue de 2500 kg/ha, con una producción total de 30 toneladas de grano. La pérdida en las perspectivas de mayor producción se dio en una plantación de 3 ha (Totana), debido a que las plantas no germinaron, incluso habiéndose sembrado con la misma semilla y aplicándose el mismo tratamiento que al resto de la plantación, este hecho nos lleva a indagar sobre otras posibles causas.



Figura 2. Cultivo de quinoa, 02.03.2019



Figura 3. Cultivo de quinoa, 16.04.2019



Figura 4. Cultivo de quinoa, 03.06.2019



Figura 5. Cultivo de quinoa, 05.07.2019

El ciclo fenológico de la planta duró poco más de 4 meses, desde finales de febrero hasta principio de julio (Figs. 2-5). Durante este periodo se fueron sucediendo algunos problemas, como el acame³ en algunas plantas, así como la pérdida de grano durante la trilla porque las plantas se dejaron secar mucho.

En el proceso de escarificación, cuya finalidad es quitar la saponina⁴, el grano perdió un 8% de su peso, luego los granos pasaron por otra máquina para culminar su limpieza y selección (semilla y uso alimentario). Este año se observa un grano mucho más homogéneo en tamaño y color respecto al de la cosecha del 2018.

La comercialización se va dando según demanda. Uno de sus mayores distribuidores es el supermercado Coviran. Las tiendas pequeñas de venta a granel o las herboristerías también demandan el producto. Además, se hizo un primer envío internacional con destino a Malta pero todavía no se ha tenido respuesta respecto a la aceptación del producto. Este año se ha diversificado la presentación del producto (Fig. 6): bolsa de 250 gr, caja biodegradable y compostable de 250 gr y saco de algodón de 5 kg.



Figura 6. Presentación del producto: bolsas y sacos de algodón

3 Tumbado de las plantas por acción del viento o de la lluvia, genera pérdidas en calidad y cantidad de grano.

4 Las saponinas son el principal factor antinutricional de las semillas de quinoa. Están contenidas en la cáscara y son las responsables del sabor amargo. Su contenido permite distinguir las variedades de quinoa como dulces (<0,11%) o amargas (>0,11%). Su presencia no se restringe a las semillas, también se han detectado en las hojas de la planta (9 g/1000 g) y, en menos proporción, en las flores y frutos (Ahumada, at al., 2016)

3.2. CULTIVO DE QUINOA EN LA FINCA CASA PAREJA (JUMILLA)

El cultivo de quinoa en Casa Pareja se ha iniciado este año (2019). La siembra se realizó la primera semana de mayo. Se utilizaron dos parcelas. Una de ellas, de una hectárea aproximadamente, se subdividió en tres partes. Dos partes de unos 1500 m² cada una. Una parte se utilizó para el cultivo de quinoa Blanca. En la otra parte se puso un ensayo con todas las variedades de quinoa mencionadas en la tabla 1, junto a diferentes variedades de Amaranto. El resto de la parcela se sembró Kiwicha (amaranto) con semillas originarias de Perú. La otra parcela, de una hectárea y media, se sembró toda ella con quinoa Amarilla

La siembra fue manual, a chorrillo continuo, con una separación entre surcos de 80 cm. El riego es por goteo, con una frecuencia diaria durante 15 minutos, debido a la textura arenosa del suelo y a las condiciones climatológicas. Todas las semillas germinaron de forma óptima. El desarrollo vegetativo de los diferentes cultivos y variedades se dio de forma adecuada hasta antes de la floración (Figs 7 y 8).



Figura 7. Cultivo de quinoa, 30.05.2019



Figura 8. Cultivo de quinoa, 20.06.2019

La variedad amarilla, hacia el mes de julio, sufrió un ataque severo de araña verde y un gusano taladrador (Fig. 9). Además, fue afectada también por mildiu, que secó las hojas. La alta densidad de la siembra y la falta de maquinaria apropiada impidieron hacer un tratamiento adecuado de estas plagas y enfermedad. Estos problemas, junto a las altas temperaturas no permitieron la formación del grano. Para el 24 de octubre observamos que existían brotes nuevos en las plantas y con granos en estado lechoso, estamos a la expectativa de cosechar esos granos para que sean utilizados como semilla en el próximo año.



Figura 9. Cultivo de quinoa amarilla afectada por araña roja y un gusano taladrador, 17.07.2019

Las demás variedades de quinoa no han sufrido ataques de plagas y enfermedades, pero sí las temperaturas altas han perjudicado la formación de grano. Es probable que, a la parcela subdividida en tres partes, también les haya afectado la textura arenosa del suelo.

4. DISCUSIÓN

Los ensayos realizados hasta la fecha nos han servido para analizar la adaptación del cultivo de quinoa en la Región de Murcia. Algunos factores y recomendaciones a tener en cuenta para el cultivo de quinoa en campañas posteriores, son las siguientes:

- Seleccionar variedades de ciclo corto (120 días), como la variedad Titicaca que ha funcionado perfectamente en la zona de La Hoya.
- Regar un mes antes de la siembra para favorecer la emergencia de arvenses y eliminarlas durante el proceso de preparación del suelo.
- Elegir una fecha de siembra adecuada para que las altas temperaturas no interfieran en la formación de grano, ni en ninguno de los diferentes estados del fruto (acuoso, lechoso y masoso), pudiendo llegar satisfactoriamente hasta a madurez del grano. La fecha de siembra a finales de febrero o a principios de marzo es la apropiada según se ha demostrado en los dos últimos años.
- Incorporar materia orgánica al suelo enriquecido con minerales, como la roca fosfórica, y con microorganismos.
- Diseñar doble surco a ambos lados de la manguera de goteo y acondicionar la distancia entre surcos pensando en la maquinaria agrícola que realizará el aporque.
- Realizar aporque, ya que “permite la fijación de las raíces y protege las plantas del tumbado, especialmente en las variedades de mayor altura de planta. Esta labor se realiza inmediatamente después del deshierbo y el desahije o raleo. También permite cubrir la materia orgánica (o abono nitrogenado) complementaria, aplicado entre las filas de plantas (Gómez y Aguilar, 2016).
- Investigar sobre diferentes opciones para el aprovechamiento de la saponina de la cáscara, que podrían ser valorizados en el campo farmacéutico y nutracéutico (Ahumada, et al., 2016), cosmético (Pajuelo, 2016) y agroquímico (Zapana, et al., 2019), constituyéndose en un ingreso adicional para el agricultor.
- Mantener la quinoa con la saponina en el almacén y escarificarla según pedido para su comercialización, porque la saponina garantiza su protección frente a los patógenos.
- Determinar el momento justo de la siega evaluando el porcentaje de humedad de la planta, para que la pérdida de grano durante la trilla en la parcela sea menor. Otra alternativa podría ser el corte y traslado de la planta a un secadero hasta que tengan el porcentaje de humedad adecuado para que sea trillada. Dependiendo de los volúmenes de producción esta inversión podría ser tomada o no en cuenta.

- Seleccionar los granos de mayor tamaño para su uso como semilla, también se podría experimentar con la selección de plantas de mejor fenotipo para la producción de simiente.
- Obtener productos para la industria alimentaria a través de panaderías de la región.
- Dar a conocer la quinoa a través de una propuesta culinaria en alianza con restaurantes, donde se incentive el consumo de la quinoa por sus propiedades nutricionales y por su bajo impacto ecológico debido a su procedencia.
- Sistematizar la información durante cada campaña agrícola, de esta manera se pueden validar los datos del cultivo de quinoa para la Región de Murcia.

La mejora vegetal, de acuerdo con Estrada (2011), se debería dirigir hacia la selección de variedades de ciclo corto, con una altura de 1 a 1.5 m, sin ramificaciones, con la inflorescencia encima del follaje, resistencia al acame y a plagas y enfermedades, caída de semilla mínima, secado uniforme, semillas grandes y de alto rendimiento. Un factor muy importante a tener en cuenta, también, en la selección de variedades de quinoa es su resistencia a la sequía y a la salinidad del suelo, problemas que se acentuarán en la región como consecuencia del cambio climático.

5. CONCLUSIONES

El cultivo de quinoa en la Región de Murcia, es viable eligiendo las variedades más adecuadas para cada zona agroclimática y ajustando bien la fecha de siembra.

La variedad Titicaca es la de mayor interés, por lo menos para zonas térmicas, de las ensayadas hasta la fecha. La época de siembra más favorable es a finales de febrero.

Las dosis de siembra muy espesas imposibilitan la mecanización del cultivo y la aplicación de posibles tratamientos en caso de plagas y enfermedades.

Se debería contactar con diferentes centros de investigación y bancos de germoplasma para establecer convenios de colaboración, que posibiliten el intercambio de conocimientos y el acceso, de forma legal, a un número elevado de variedades de quinoa.

FINANCIACIÓN

Este trabajo se enmarca dentro del proyecto “Observatorio de Innovación Agroecológica para hacer frente al Cambio Climático”, financiado por la Unión Europea de Desarrollo Regional (FEDER) y el Programa de Desarrollo Rural 2014-2020, medida 16.1 de la Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente de la Región de Murcia.

REFERENCIAS

Ahumada, A, Ortega, A, Chito, D y Benítez, R. (2016). Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): un subproducto con alto potencial biológico. *Rev. Colomb. Cienc. Quím. Farm.*, 45(3): 438-469.

- Egea Fernandez, JM., Egea Sánchez JM., Egea Sánchez I. y Rivera Núñez D. (2015). *Cultivos promisorios para enfriar el clima y alimentar al mundo. Una propuesta agroecológica para el desarrollo rural en Tierra de Iberos*. Bullas, Murcia: Integral, Asociación para el Desarrollo Rural.
- Estrada R. 2011. *Tecnología de kiwicha en Cusco*. INIA- EEA Andenes Cusco, Peru.
- Gómez, L. y Aguilar, E. (2016). *Guía de cultivo de la quinua*. FAO y Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Jacobsen SE. 1998. Developmental stability of quinoa under European conditions. *Industrial crops and products*, 7: 169-174.
- Jacobsen SE. 2003. The Worldwide Potential for Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Reviews International*, 19: 167-177.
- Herencia LI. 1998. *Comportamiento y Actividad Biológica de la quinua (Chenopodium quinoa Willd.) cultivada en Ambiente Mediterráneo*. Madrid: Tesis Doctoral, UPM. 450 p.
- Herencia LI., Alía, M. y González, JA. 1999. Cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en la región Centro. *Vida rural*, 15: 28-33.
- Maciá, A y Lloveras, J. (2018). La quinua y su posible adaptación en el valle del Ebro. *Vida rural*, 441: 18-22.
- Mujica, A, Jacobsen, SE., Izquierdo, J. y Marathe, JP. (2001). *Quinoa (Chenopodium quinoa Willd) Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro. Capítulo 11: Agronomía del Cultivo de la Quinoa*. FAO. Santiago- Chile.
- Pajuelo, R. (2016). Posibilidades de la saponina de quinua en el mercado de la cosmética. UROECOTRADE Lima, Perú.
- Risco, A. (2014). Severidad de *Peronospora variabilis* GÄUM. En *Chenopodium quinoa* Willd. Pasankalla como respuesta a aplicaciones de fungicidas sintéticos y bioestimulantes. Tesis doctoral. Universidad Nacional Agraria La Molina (Perú).
- Williams, D.E. (2013). Cultivos infrutilizados, cambio climático y un nuevo paradigma para la agricultura. *Ambienta*, 102: 56-65.
- Zapana, F, De Bruijn, J. y Aqueveque, P. (2019). Aplicación de la saponina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) como agente antifúngico en frutas y hortalizas. VII Congreso Mundial de la Quinoa y Otros Granos Andinos, Iquique, Chile.

CAPÍTULO N° 9

ESTUDIO DE LA TOLERANCIA A SALINIDAD Y SEQUÍA EN CULTIVOS PROMISORIOS (AMARANTO Y QUINOA).

Y. Estrada Fortes¹, M. B. Morales Pérez¹, F. B. Flores Pardo, M. C¹. Bolarín Jiménez¹, I. Egea Sánchez¹.

(¹) Estrés abiótico, Producción y Calidad. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CE-BAS – CSIC) (Murcia).

1. INTRODUCCIÓN

En los próximos 30 años se espera un aumento de la población de unos 2.300 millones de personas, alcanzando los 9.700 millones en 2050, lo que requerirá producir un 70% más de alimentos (Tester y Langridge, 2010). Ello forzará no solo a sobreexplotar las áreas ya cultivadas, sino a la expansión de la actividad agrícola hacia nuevas zonas, concretamente zonas áridas y semiáridas, que suponen aproximadamente el 40% de la superficie mundial (Hanin et al., 2016). Las regiones áridas poseen suelos secos debido a la escasez de lluvias, a temperaturas extremas y una alta velocidad de evaporación, por lo que la producción agrícola depende fuertemente de la irrigación. En estas condiciones, el efecto del uso continuado de aguas que contienen sales disueltas, así como de elevadas cantidades de fertilizantes, además de otros factores como la penetración del agua del mar en zonas costeras y marismas, incrementan la salinización de los suelos (Munns, 2005). Para complicar aún más el escenario, la demanda de agua de alta calidad debido al incremento de la población humana conlleva el uso cada vez más frecuente de aguas de baja calidad en la agricultura, que unido a la sobreexplotación del suelo produce una salinización de las áreas de cultivo (Munns y Tester, 2008).

Ante este escenario, que se agravará según las proyecciones del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) sobre el Cambio Climático con mayor frecuencia, intensidad y duración de periodos de sequía en gran parte del planeta (Climate Change Synthesis Report, IPCC 2014), el desarrollo de cultivos de especies vegetales mejor adaptados y con mayores rendimientos en condiciones medioambientales adversas como salinidad y sequía será vital para satisfacer las necesidades alimentarias de las futuras generaciones. Entre ellas destacan los cultivos promisorios por ser un recurso agroalimentario de gran interés, tanto para afrontar las consecuencias del cambio climático, como para enriquecer nuestra dieta (Egea-Fernández et al., 2015). Estos cultivos engloban a especies y variedades que tuvieron un papel importante en la agricultura y alimentación tradicional y que por motivos socio-económicos y políticos han quedado obsoletas o están siendo infrutilizadas en la actualidad (Esquinas y de Vicente, 2013). Incluye también cultivos ancestrales procedentes de diversas culturas y países, adaptados a condiciones climáticas extremas (sequía, frío, salinidad...) que se han mantenido durante milenios, tales como la quinoa y el amaranto, y que podrían ser adoptados en nuestro territorio, como en su día lo fueron los

cítricos, frutales de regadío, tomates o patatas (Egea-Fernández et al., 2015). Los cultivos promisorios son cada vez más apreciados por su valor nutricional y su versatilidad de uso, puesto que suelen ser fuente de micronutrientes esenciales para la dieta humana, siendo considerados alimentos saludables (Egea-Fernández et al., 2015). En las últimas décadas estas cualidades han supuesto la revalorización de algunas especies en el ámbito nacional e internacional. Así, muchas especies que estaban marginadas hace 25 años tienen ahora un papel destacado en el mercado, como por ejemplo quínoa (*Chenopodium quinoa*) y amaranto (*Amaranthus sp. pl.*)

Egea-Fernández et al., (2015) sintetizaron datos relativos a 83 cultivos promisorios de interés para la Región de Murcia. La selección se hizo sobre especies que reunían una o varias de las características siguientes según la bibliografía existente y los datos aportados por los agricultores: tolerantes a la sequía, resistentes a las heladas y a la salinidad, que pueden cultivarse sin necesidad de insumos costosos y que fueran ricos en compuestos de interés para la salud. Entre las especies más prometedoras están amaranto y quínoa, no solo por su alta tolerancia a los estreses abióticos predominantes en la Región como salinidad y sequía, sino por su valor nutricional (Hinojosa et al., 2018). De hecho, ambas especies están entre los alimentos seleccionados por la NASA (National Aeronautics and Space Administration) para la nutrición de astronautas en los viajes espaciales. Además, la ausencia de gluten las hace aptas para celíacos.

Frente a estos antecedentes el objetivo de este trabajo fue estudiar el grado de tolerancia a estrés salino y estrés hídrico de diferentes variedades de amaranto y quínoa, respectivamente, seleccionadas previamente de Egea-Fernández et al. (2015), así como dilucidar el mecanismo de respuesta, hasta ahora poco conocido, que estas especies utilizan para hacer frente a tales estreses abióticos.

2. MATERIAL Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la realización de los ensayos de salinidad y sequía se han empleado 6 variedades de *Amaranthus caudatus*, *Amaranthus hypochondriacus* y 3 variedades de *Chenopodium quinoa* (TABLA Nº 1). Todas ellas procedentes del Banco de Semillas de Variedades Locales de la Universidad de Murcia, depositado en el Servicio de Experimentación Agrícola y Forestal (SEAF).

Tabla Nº1. Especie, variedad y código del material vegetal empleado.

ESPECIE	VARIEDAD	CÓDIGO
<i>Amaranthus caudatus</i>	Blanco	V1
	Kwicha 1	V2
	Oscar Blanco	V4
	Kwicha 2	V5
	Burganda	V7
<i>Amaranthus hypochondriacus</i>	-	V6
<i>Chenopodium quinoa</i>	Blanca	-
	Roja	-
	Amarilla	-

2.1 METODOLOGÍA DEL ENSAYO DE ESTRÉS SALINO

Se llevó a cabo un ensayo de estrés salino para estudiar la tolerancia de las distintas variedades de amaranto. Las semillas germinaron directamente en sustrato (turba:perlita 8:1), y las plantas crecieron en cámara de cultivo de condiciones climatológicas controladas (16h/8h día/noche, 26°C/18°C, 50%-60% HR), regando con solución Hoagland diluida al 50% (Hoagland y Arnon, 1950) hasta alcanzar el estado de desarrollo deseado antes de aplicar el tratamiento.

Cuando las plantas se encontraban en el estado de desarrollo de dos hojas completamente desarrolladas, se comenzó a aplicar el tratamiento salino que consistió en suplementar la solución de riego Hoagland con dosis crecientes de NaCl: 100 mM primer día, 200 mM 4 días siguientes y 300 mM 6 días finales (11 días totales de tratamiento salino). Durante el tratamiento salino se llevó a cabo un control del fenotipado visual (fotografiando los rasgos fenotípicos diferenciales), se determinó la temperatura foliar mediante termografía infrarroja y el contenido de clorofila (SPAD) en la primera hoja desarrollada. Además, se realizaron tres muestreos destructivos (0, 5 y 11 DST) para calcular la tasa de desarrollo de la planta en parte aérea y raíz, a partir de la diferencia del peso fresco de los tejidos vegetales entre 0 y 5 días, y entre 5 y 11 días de tratamiento salino. El contenido de agua (CA) de parte aérea y raíz se determinó de acuerdo con la fórmula $(PF - PS) / PS$, donde PF es el peso fresco y PS el peso seco obtenido secado al horno durante 48 h a 80 °C. A partir de este resultado se obtuvo además, el porcentaje de agua con respecto al control (día 0) a partir de la fórmula $(CA_{X\text{ DST}} / CA_{0\text{ DST}}) * 100$. Por último, se analizó el contenido en iones Na⁺ y K⁺ por ICP (espectrometría de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente) en la primera hoja completamente desarrollada. Para ello se utilizó material seco digerido con solución ácida HNO₃:HClO₄ en proporción 2:1.

2.2 METODOLOGÍA DEL ENSAYO DE ESTRÉS HÍDRICO

Se llevó a cabo un ensayo de estrés salino para estudiar la tolerancia de las distintas variedades de quinoa a la sequía. Las plantas se sembraron y crecieron en las mismas condiciones indicadas en el apartado anterior para el amaranto.

Una vez que las plantas alcanzaron el estado de desarrollo de 6-7 hojas verdaderas, se aplicó el tratamiento de estrés hídrico que consistió en el cese del riego hasta que los síntomas por deshidratación fueron muy evidentes en las plantas (5 días), seguido de un riego hasta recuperación (rehidratación) y finalmente un segundo ciclo de cese de riego de 3 días. Un lote de cada variedad se mantuvo en condiciones control, con riego adecuado. Durante el tratamiento se realizaron medidas del peso de las macetas para determinar la pérdida de peso por deshidratación, así como medidas de temperatura foliar y análisis del contenido de agua según lo indicado en el apartado anterior para el amaranto. Además, se llevaron a cabo medidas de parámetros de intercambio gaseoso tales como, la conductancia estomática (g_s), la tasa de transpiración (E) y la concentración de carbono interno, utilizando un equipo CIRAS. El potencial osmótico se obtuvo a partir del exudado vegetal obtenido por centrifugación de los tejidos vegetales (hojas), mediante su análisis en un osmómetro.

Por último, se calculó el porcentaje de salida de electrolitos en tejido de hoja, para ello se tomaron 6 discos de diferentes hojas en un tubo falcón con agua destilada midiendo la conductividad tras una 1 hora en agitación a temperatura ambiente (CI) y tras congelación a -20 °C y autoclavado (CF). El porcentaje de salida de electrolitos se obtuvo mediante la fórmula $(CI \times 100) / CF$.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 TOLERANCIA DE DIFERENTES VARIEDADES DE AMARANTO AL ESTRÉS SALINO

Análisis fenotípico y efecto de la salinidad en la capacidad de desarrollo

Uno de los principales efectos negativos de la salinidad en las plantas es el retraso o parada del desarrollo de las mismas (Hasegawa, 2013). La salinidad no afectó en el mismo grado a las diferentes variedades de amaranto estudiadas. Visualmente, la variedad que menos estrés por salinidad presentó fue V2, con menos síntomas de clorosis y deshidratación (Figura N° 1A). Los síntomas de clorosis fueron sin embargo muy evidentes en las variedades V5 y V6. En el resto de variedades, aunque la clorosis no fue tan evidente si se observó marchitamiento e incluso necrosis en los márgenes de las hojas.

En cuanto al desarrollo de la parte aérea también se observaron diferencias significativas entre las variedades, así mientras que V1, V2, V4 y V6 fueron capaces de mantener su crecimiento durante los primeros cinco días de tratamiento salino, la V5 apenas pudo seguir desarrollándose (Figura N°1B). Durante la última etapa del tratamiento (5 - 11 DTS), en la que además se intensificó el estrés salino hasta 300 mM de NaCl, todas las variedades disminuyeron su desarrollo excepto V2 y V6 que aunque más lentamente, lo mantuvieron.

Respecto a la raíz (Figura N°1C), se observó un comportamiento similar entre las variedades durante los primeros 5 días de tratamiento, siendo V5 la que menor tasa de desarrollo de raíz presentó. Nuevamente, en el último tramo del tratamiento salino (5 - 11 DTS) fueron las variedades V2 y V6 las que menor disminución del desarrollo de raíz mostraron.

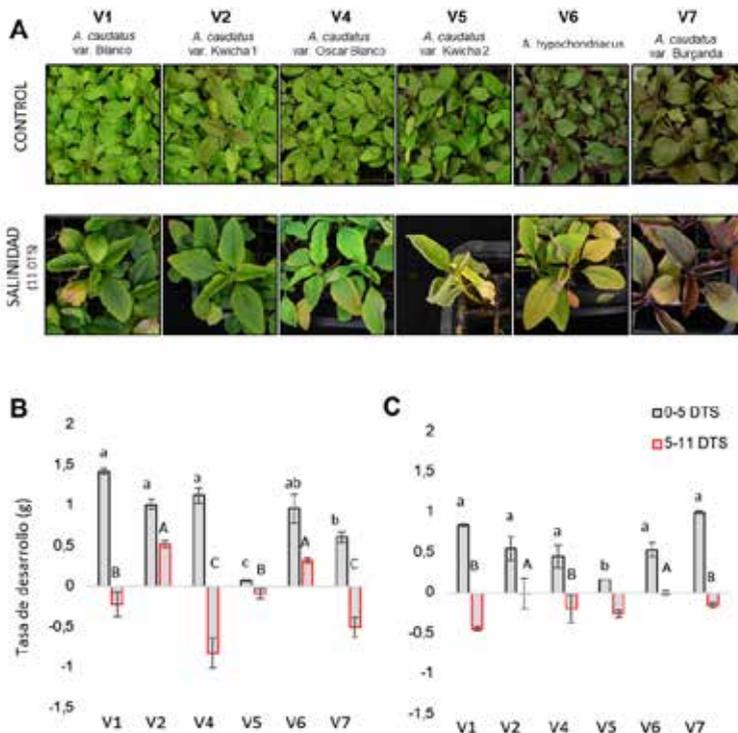


Figura N° 1. Efecto de la salinidad en el desarrollo. Fenotipo de las plantas (A) y tasa de desarrollo de la parte aérea (B) y de la raíz (C) en condiciones control y tras 11 días de tratamiento salino (DTS). La tasa de desarrollo se representa entre el día 0 y el día 5, y entre el día 5 y el día 11 de tratamiento salino y se expresa en gramos. Valores medios \pm ES de los datos obtenidos de las seis plantas analizadas por variedad y tratamiento. Diferentes letras indican diferencias significativas determinadas por ANOVA ($P \leq 0,05$).

Teniendo en cuenta el efecto negativo de la salinidad sobre el desarrollo total de la planta, la variedad más sensible es V5, ya que las tasas de desarrollo son próximas a 0 tanto en parte aérea como en raíz desde el inicio del tratamiento, e incluso la tasa es negativa en raíz durante la segunda fase de tratamiento. Mientras que las variedades más tolerantes serían V2 y V6 ya que son capaces de mantener el desarrollo de la planta durante todo el tratamiento salino.

Efecto de la salinidad en la tasa de pérdida de agua y en la termografía

El agua es esencial para la producción de los cultivos debido a que las plantas la requieren para el crecimiento y expansión de los tejidos. La exposición a la salinidad disminuye la capacidad de la planta para absorber agua del suelo, ya que los altos niveles de sal conducen a una disminución del potencial hídrico del suelo, ocasionando una pérdida de turgencia y volumen en las plantas. Como respuesta, la planta desencadena estrategias específicas para el ajuste osmótico celular y el control de la absorción y pérdida de agua (Hasegawa et al., 2000). La gestión del agua de la planta durante la salinidad se convierte por tanto en un factor clave de tolerancia a la misma (Boursiac et al., 2005).

En cada muestreo del ensayo (5 y 11 DTS) se calculó el porcentaje de agua de las plantas con respecto al que tenían antes de empezar el tratamiento (0 DTS). Los resultados muestran que en general todas las variedades sufren una pérdida de agua durante el tratamiento salino, tanto en parte aérea (Figura N° 2A) como en raíz (Figura N° 2B). En parte aérea cabe destacar que V2 y V6 mostraron una tendencia a mantener un porcentaje de agua más elevado durante el tratamiento salino, siendo este porcentaje significativamente mayor al resto de las variedades tras 11 DTS. La menor pérdida de agua en estas variedades puede estar relacionada con el mejor desarrollo de parte aérea observado en las mismas (Figura N° 1B,C). Por otro lado, las diferencias en el porcentaje de agua con respecto al día 0 en la raíz son menos notables entre las variedades, aunque V2 sigue mostrando una mayor capacidad de retener agua que el resto de variedades, sobre todo tras 11 DTS (Figura N° 2B).

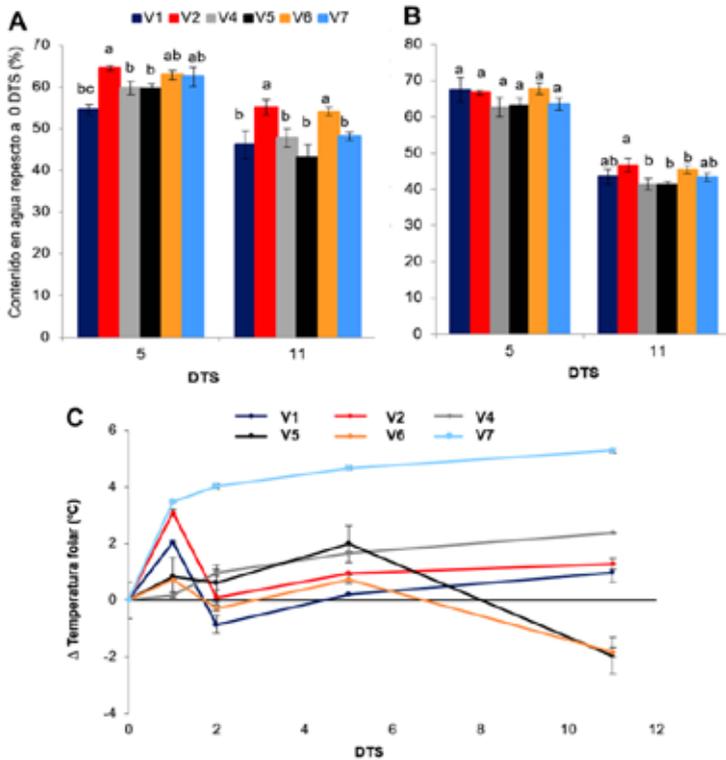


Figura N° 2. Efecto de la salinidad en el contenido de agua y la temperatura. Contenido de agua en parte aérea (A) y en raíz (B) expresado en porcentaje respecto al contenido de agua en condiciones control, representado a los 5 y 11 días de tratamiento salino (DTS). C) Incremento de la temperatura foliar con respecto a la temperatura en condiciones control a lo largo del tratamiento. Valores medios ± ES de los datos obtenidos de las seis plantas analizadas por variedad y tratamiento. Diferentes letras indican diferencias significativas determinadas por ANOVA ($P \leq 0,05$).

Una de las primeras respuestas que se activa en las plantas para el ajuste osmótico tras un estrés salino es el cierre de los estomas de las hojas con el fin de prevenir la pérdida de agua por transpiración (Munns y Tester, 2008). Pasada esta primera fase de choque osmótico es frecuente que se produzca una reapertura de los estomas para mejorar la eficiencia del intercambio gaseoso y por tanto fotosíntesis permitiendo que la planta siga desarrollándose (Wang et al., 2004).

La termografía de infrarrojos (IRT) es una técnica de análisis no destructiva, rápida y precisa que permite obtener la temperatura de una superficie de un objeto a partir de la radiación infrarroja, sin tener contacto alguno con el mismo. Existe una relación directa entre conductancia estomática y la temperatura foliar cuando se aplican tratamientos salinos de diferentes intensidades (Sirault et al., 2009), ya que el cierre estomático limita la evapotranspiración y por lo tanto, la temperatura foliar aumenta. En cuanto a los resultados obtenidos por termografía, se observaron tres tipos de comportamientos diferentes (Figura N° 2C). Por un lado, V7 aumentó progresivamente la temperatura foliar durante el tratamiento salino, lo que sugiere que la estrategia utilizada frente al estrés es mantener cerrados los estomas para evitar la pérdida de agua por transpiración. Esto podría repercutir negativamente en el desarrollo de las plantas debido a la reducción de la absorción de CO_2 . Por otro lado, V2 respondió rápidamente al choque osmótico inducido por la salinidad, cerrando los estomas durante el primer día, pero a partir del segundo día, las hojas recuperan los valores de temperatura próximos a los del control, permitiendo así el intercambio gaseoso durante el periodo de estrés y, por tanto, pudiendo mantener la absorción foliar de CO_2 . Esta reapertura se asocia a la mayor capacidad para desarrollarse en condiciones salinas observada en la variedad V2 (Figura N° 1A, B, C). Además, el incremento de temperatura inicial observado en V2 podría estar relacionado con la mejor gestión del agua que esta variedad ejerce durante el tratamiento salino (Figura N° 2A, B). Finalmente, en las variedades V5 y V6, se observa que a partir de los 5 DTS se produce una disminución progresiva de la temperatura de la hoja, lo que podría indicar una mayor transpiración y por tanto una mayor pérdida de agua de las mismas.

Efecto de la salinidad en el contenido de iones Na^+ y K^+

El principal efecto tóxico del Na^+ se debe a que desplaza al K^+ en el citoplasma, un ion clave para muchas reacciones metabólicas importantes para la planta, además, cuando alcanza niveles elevados, es capaz de introducirse en el cloroplasto y afectar negativamente las reacciones fotosintéticas (Hasegawa, 2013). El mantenimiento de un ratio Na^+/K^+ bajo especialmente en hoja fotosintéticamente activas, es crucial para la tolerancia de la planta a la salinidad (Hoire, 2012). Es por ello, que en condiciones de estrés salino la capacidad de la planta para sacar el Na^+ absorbido al exterior, así como la forma de distribuirlo en la planta, son mecanismos claves para evitar el efecto tóxico del Na^+ y por tanto para la tolerancia a la salinidad (Cuartero et al., 2010).

Para dilucidar el mecanismo de regulación de homeostasis de Na^+ y K^+ utilizados por el amaranto en condiciones de estrés salino, se seleccionaron las variedades V2 y V5 por ser las variedades que presentaron mayor y menor tolerancia a la salinidad, respectivamente. Los análisis de iones se llevaron a cabo en raíz, tallo y hoja a los 0,5 y 11 DTS (Figura N° 3).

Los resultados del análisis de iones indicaron que el patrón de distribución de Na^+ a lo largo de la planta fue diferente entre estas dos variedades. Así, V2 acumula la mayor concentración de Na^+ en tallo, seguido de raíz, y finalmente hoja, donde se muestra una baja concentración de este ion tóxico. Esta mayor acumulación de Na^+ en tallo se ha observado en otras especies halófitas como en *Solanum pennellii* y *S. chesmaniae* (Almedia et al., 2014). Mientras, V5 muestra un comportamiento más similar a una planta glicófita, caracterizado por una acumulación preferencial de Na^+ en raíz seguido por hojas y tallos adultos y finalmente hojas jóvenes (Cuartero et al., 2010). Así el contenido de Na^+ en raíz fue significativamente inferior en V2 que en V5 desde los 5 DTS, lo que teniendo en cuenta además que el contenido en Na^+ total en V2 es menor que en V5, 3200 y 3600 mmol/kg PS, respectivamente, podría indicar que el mecanismo de extrusión de Na^+ al exterior es más eficaz en V2 (Figura N°3A). En tallo, por el contrario la concentración de Na^+ de V2 fue significativamente mayor que en V5 desde los 5 DTS. Esta mayor acumulación de Na^+ en tallo protege de esta manera la llegada masiva de este ion a hoja (Figura N° 3A). La mayor acumulación de Na^+ en tallo de V2 podría ser utilizada además para el ajuste osmótico favoreciendo la absorción de agua, lo que concuerda con la menor pérdida de agua observada en esta variedad en comparación con V5. La mayor concentración de Na^+ observada en hoja de V5 podría estar relacionada con la disminución progresiva de la temperatura foliar observada a partir de los 5 DTS, ya que esto indica una mayor transpiración y por tanto un mayor transporte de iones salinos tóxicos a través de la corriente evapotranspiracional por el xilema hasta la hoja. Finalmente también se pudo observar un significativo menor ratio Na^+/K^+ (Figura N° 3B) en las hojas de la variedad V2 en comparación con la variedad V5, lo que está estrechamente relacionado con mayor tolerancia a la salinidad.

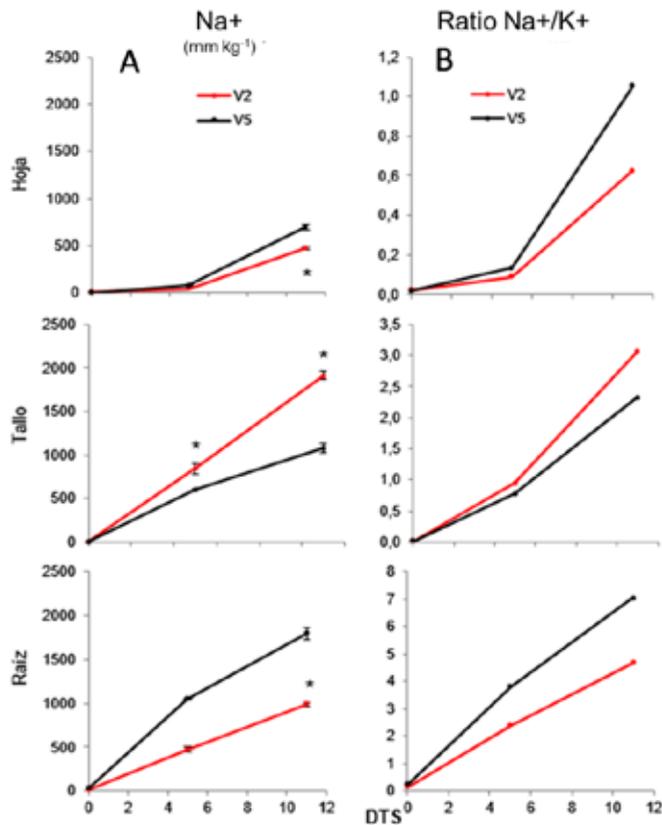


Figura N° 3. Concentración de Na⁺ expresada en mmol Kg⁻¹ PS y relación Na⁺/K⁺ de la variedad obtenida como más tolerante (V2) y más sensible (V5), a lo largo del tratamiento salino. Se expresan valores medios ± ES de los datos obtenidos de las seis plantas analizadas por variedad y tratamiento. Asterisco indica diferencias significativas determinadas por ANOVA (P ≤ 0,05).

3.2 TOLERANCIA DE LA QUINOA AL ESTRÉS HÍDRICO

Análisis fenotípico y efecto del estrés hídrico en el porcentaje de peso

La fase osmótica es un efecto común al estrés por sequía y salinidad. Tanto los altos niveles de sal como el déficit hídrico conducen a una disminución del potencial hídrico del suelo causando una disminución de la capacidad de absorción de agua por parte de la planta; en consecuencia las células vegetales pierden turgencia y volumen. Dicho efecto osmótico da lugar a una disminución marcada de la tasa de crecimiento de la planta y sobre todo a una reducción de la velocidad de crecimiento de las hojas jóvenes. El crecimiento de la parte aérea es más sensible que el crecimiento de las raíces a este efecto (Munns y Tester, 2008)

La Figura N° 4 muestra una imagen representativa del aspecto que mostraban cada una de las variedades de quinoa en condiciones de cultivo control (Figura N° 4A) y tras 4 días de estrés hídrico (Figura N° 4B). Tras 4 días de estrés hídrico fue la variedad Amarilla la que mostró mayores síntomas de estrés, con un marcado marchitamiento de las hojas y pérdida de turgencia. Por el contrario, la variedad Blanca apenas mostró una ligera clorosis y síntomas muy sutiles de deshidratación y la variedad Roja se mostró con menor turgencia que la variedad Blanca, pero con un marchitamiento menos marcado que la variedad Amarilla (Figura N° 4B).

En cuanto a la pérdida de peso por deshidratación, la variedad Blanca mostró una ligera menor pérdida que las variedades Roja y Amarilla durante los dos ciclos de deshidratación, y aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas (Figura N° 4C, D), si que se reflejó en la mayor turgencia de esta variedad en condiciones de estrés hídrico (Figura N° 4B) con respecto a las variedades Roja y Amarilla.

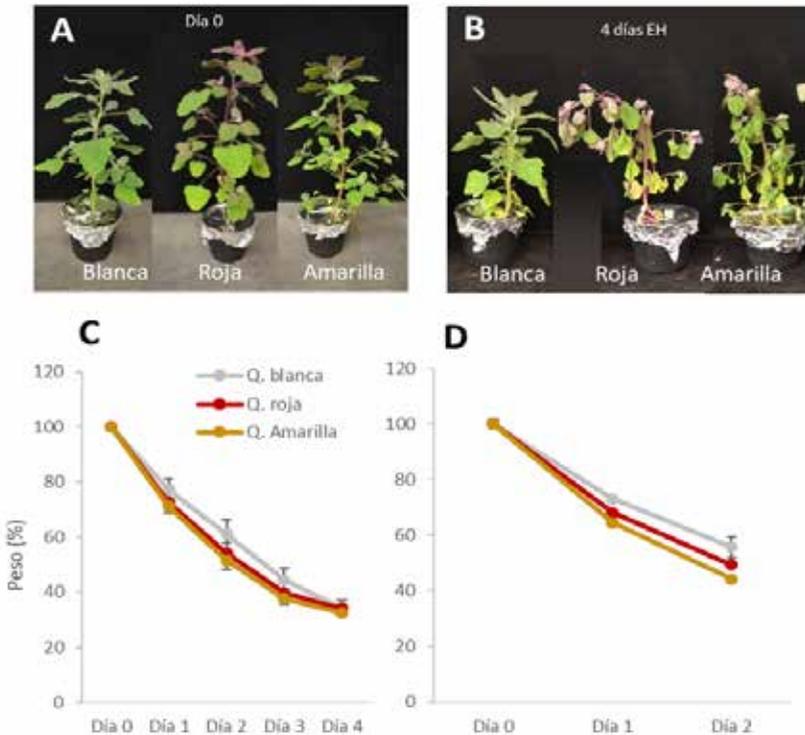


Figura N° 4. Fenotipo de las plantas **A)** al inicio del ensayo (condiciones control), **B)** tras 4 días de estrés hídrico. Porcentajes de peso de las plantas en el primer ciclo **(C)** y en el segundo ciclo **(D)** de deshidratación. Valores medios \pm ES de los datos obtenidos de las seis plantas analizadas por variedad y tratamiento.

Efecto del estrés hídrico en el contenido de agua, el potencial osmótico y la transpiración

Frente al estrés osmótico, además de la evitación de pérdida de agua por transpiración, mediante la regulación estomática anteriormente mencionada, las plantas emplean otra estrategia para el ajuste osmótico basado en la acumulación de solutos que permite retener agua y mantener así el turgor celular (Zhu, 2002). La acumulación activa de solutos orgánicos, denominados solutos compatibles, produce la disminución del potencial osmótico de la planta, lo que le permite una mayor retención de agua para diluirlos (Nemeskeri y Helyes, 2019).

Se analizó el contenido de agua en hoja y raíz de las variedades en condiciones control y de estrés hídrico (Figura N° 5A). En general, en control no se observaron apenas diferencias en el contenido de agua en ninguna de las variedades, excepto en la variedad Blanca en raíz, donde fue significativamente inferior que el resto (Figura N° 5A). En condiciones de estrés hídrico, las variedades Blanca y Roja en hoja mostraron un contenido de agua similar al que presentaron en control, siendo capaces de no perder apenas agua tras un estrés hídrico de 4 días, mientras que la variedad Amarilla sí que perdió, presentando una disminución significativa de su contenido de agua en estrés hídrico (Figura N° 5A), lo que se reflejó en la pérdida de turgencia observada en esta variedad. En raíz, la variedad Blanca destaca por ser la única capaz de acumular agua en condiciones de estrés hídrico, aumentando casi el doble su contenido de agua con respecto al que presentaba en control (Figura N° 5A) mientras que las variedades Roja y Amarilla lo mantuvieron similar al contenido en control. Esto se refleja en la mayor turgencia y menor pérdida de peso por deshidratación observados en la variedad Blanca en condiciones de estrés hídrico con respecto a las variedades Roja y Amarilla (Figura N° 4A, B, C).

Por otro lado, se midió el potencial osmótico y la tasa de transpiración de las diferentes variedades. El potencial osmótico de todas las variedades era similar en condiciones control (Figura N° 5B). En condiciones de estrés hídrico, todas las variedades presentaron una gran disminución del mismo, siendo significativamente menor en la variedad Blanca. Esta mayor disminución del potencial osmótico en la variedad Blanca se relaciona con la mayor capacidad de la misma para mantener un elevado contenido de agua en condiciones de estrés hídrico y no perder agua en hoja e incluso ganar en raíz (Figura N° 5A). Por último, todas las variedades mostraron una marcada disminución de la tasa de transpiración en condiciones de estrés hídrico. Esta disminución en la transpiración les permite mantener a las tres variedades el contenido de agua en estrés hídrico similar al presentado en condiciones control, ya que se reduce la pérdida de agua por evapotranspiración. Aunque el contenido de agua en hoja de la variedad Amarilla fue significativamente menor al de las otras dos variedades en condiciones de estrés hídrico (Figura N° 5A), no se debió a una menor tasa de transpiración en la variedad Amarilla con respecto a las otras dos, por lo que estudios posteriores permitirán conocer qué mecanismo está implicado en un menor transporte de agua hacia la parte aérea en la variedad Amarilla.

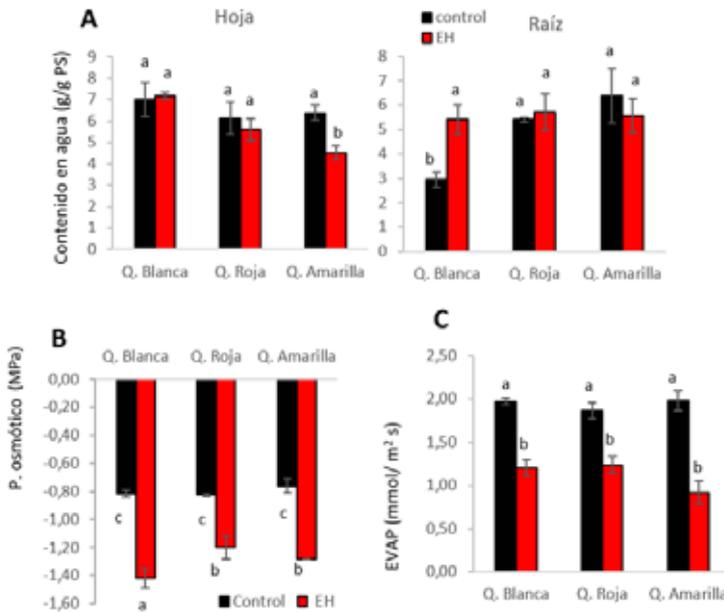


Figura N° 5. Efecto del estrés hídrico en el contenido de agua, el potencial osmótico y la transpiración. Contenido de agua expresado en gramos de agua por gramo de peso seco (g/g PS) **(A)**, potencial osmótico expresado en Mpa **(B)** y tasa de transpiración (E) expresada en mmol/m²s **(C)** en condiciones control y de estrés hídrico. Se expresan valores medios \pm ES de los datos obtenidos de las seis plantas analizadas por variedad y tratamiento. Diferentes letras indican diferencias significativas determinadas por ANOVA ($P \leq 0,05$).

Efecto del estrés hídrico en la temperatura foliar y los parámetros de intercambio gaseoso

La medida de la temperatura de la hoja por TIR nos da una estimación del grado de pérdida de agua a través de las hojas, ya que una mayor transpiración conduce a enfriamiento de la superficie foliar (Sirault et al., 2009). Todas las variedades de quinoa mostraron una temperatura similar en condiciones control, que tras 2 días de estrés hídrico aumentó en todas ellas (Figura N° 6A), de acuerdo con la disminución de la tasa de transpiración observada (Figura N° 5C). Del mismo modo, la conductancia estomática (g_s) en condiciones de estrés hídrico disminuyó significativamente en todas las variedades (Figura N° 6B).

Por otro lado, se midió la tasa fotosintética (PN) y la concentración de CO₂ interno (CI). Se observó que todas las variedades disminuyeron significativamente tanto su tasa fotosintética como la asimilación de CO₂ interno en condiciones de estrés hídrico (Figura N° 6C, D). Esto es debido a que el cierre estomático inducido como respuesta al estrés no sólo evita la pérdida de H₂O por transpiración, si no también hace disminuir la asimilación de CO₂, lo que induce una reducción de la tasa fotosintética. También produce un efecto negativo

sobre el ciclo de Calvin, pues se ven afectados tanto el contenido como la actividad de Rubisco, la enzima clave en el proceso de fijación del carbono (Pineda et al., 2012).

En definitiva no se encontraron diferencias significativas entre las variedades en la capacidad de transpiración en condiciones de estrés hídrico, indicando que no es este parámetro el responsable de la menor pérdida de peso por deshidratación de la variedad Blanca con respecto a la Roja y Amarilla. Dado además que la conductancia estomática se ve afectada en todas por igual, no es de extrañar que tampoco se detecten diferencias en la actividad fotosintética. La única diferencia a resaltar es la menor pérdida de carbono interno (CI) en la variedad Blanca.

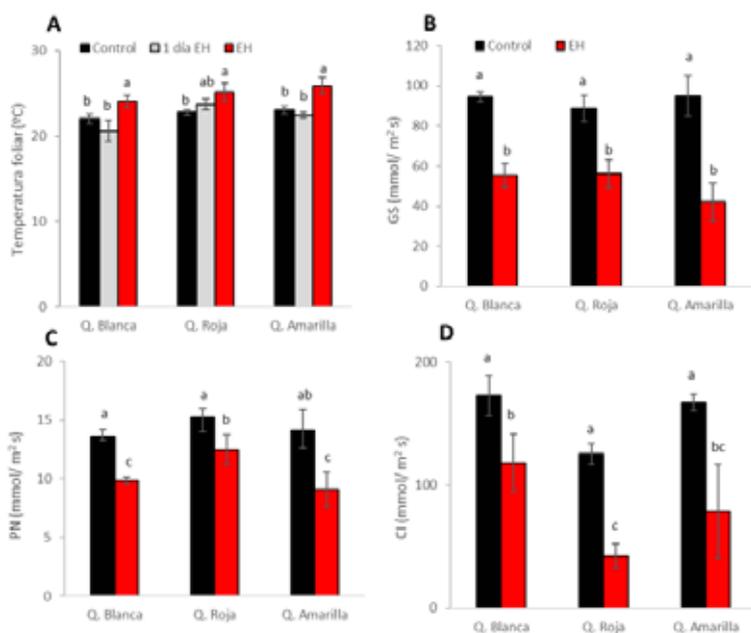


Figura N° 6. Efecto del estrés hídrico en la temperatura foliar y los parámetros de intercambio gaseoso de las plantas. **A)** Variación de la temperatura foliar en las plantas determinada por termografía infrarroja al inicio, y tras 2 días de estrés hídrico. **B)** Conductancia estomática (g_s), **D)** Tasa fotosintética (PN), **E)** CO_2 interno (CI), expresados en $mmol/m^2s$ en condiciones control y de estrés hídrico. Se expresan valores medios \pm ES de los datos obtenidos de las seis plantas analizadas por variedad y tratamiento. Diferentes letras indican diferencias significativas determinadas por ANOVA ($P \leq 0,05$).

Efecto del estrés hídrico en el porcentaje de salida de electrolitos

La salida de electrolitos es un indicador de pérdida de integridad de la membrana plasmática, y por tanto indica una menor tolerancia a los estreses. Se observó que, en condiciones de estrés hídrico, la variedad Blanca no mostró diferencias significativas en el porcentaje de salida de electrolitos en sequía con respecto al presentado en control (Figura N° 7), indicando una buena tolerancia a la sequía, de acuerdo con el mejor aspecto visual y porcentaje de peso (Figura N° 4 A, B), así como el mantenimiento del contenido de agua en hoja y el

aumento observado en raíz en condiciones de estrés hídrico (Figura N° 5A). Sin embargo, las variedades Roja y Amarilla presentaron un valor superior del porcentaje de salida de electrolitos en estrés hídrico que en condiciones control (Figura N° 7), lo que indicaría una peor tolerancia la sequía, de acuerdo con la mayor pérdida de turgencia observada y el menor porcentaje de peso (Figura N° 4 A, B) así como en su menor contenido de agua con respecto a la variedad Blanca (Figura N° 5A).

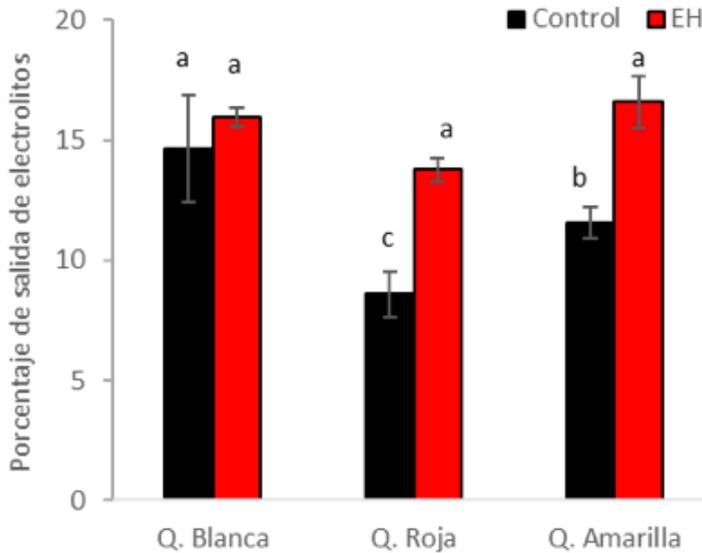


Figura N° 7. Efecto del estrés hídrico en el porcentaje de la salida de electrolitos. Se representa la salida de electrolitos en condiciones control y de estrés hídrico. Se expresan valores medios \pm ES de los datos obtenidos de las seis plantas analizadas por variedad y tratamiento. Diferentes letras indican diferencias significativas determinadas por ANOVA ($P \leq 0,05$).

4. CONCLUSIONES

Los resultados del ensayo de estrés salino pusieron de manifiesto por una lado que el grado tolerancia a salinidad puede variar entre diferentes variedades de amarando. Así, de entre las variedades estudiadas destacó la variedad V2 (Kwicha 1) de *A. caudatus* y el *A. hypochondriacus* (V6) por su mayor tolerancia, capaces de seguir manteniendo su desarrollo incluso en niveles salinos extremos (300 mM). Por el contrario la variedad V5 (Kwicha 2) fue la que presentó una mayor sensibilidad a la salinidad, con pérdida de turgencia y aparición de clorosis. Por otro lado pudimos comprobar que este diferente grado de tolerancia se debía a los diferentes mecanismos de respuesta activados por el estrés. Así V5 presenta un mecanismo de respuesta más parecido a una glicófita que una halófito con una menor capacidad para controlar la pérdida de agua, y una mayor retención de Na^+ en raíz y por tanto con una menor capacidad para utilizarlo para el ajuste osmótico de la planta.

Mientras el mecanismo de tolerancia empleado por V2 está relacionado con una mayor eficacia para controlar la pérdida de agua en condiciones de estrés salino y una distribución de los iones Na^+ y K^+ más eficiente, siendo capaz de sacar más Na^+ de la planta y retener el que es absorbido en tallo evitando su acumulación en las hojas y pudiendo utilizarlo para el ajuste osmótico y por tanto favorecer la absorción de agua.

Por otro lado, también se ha demostrado un diferente grado de tolerancia a la condiciones de sequía en función de la variedad en la especie *Chenopodium quinoa*. Entre las variedades estudiadas destacó por su mayor tolerancia la variedad Blanca. Esta variedad presentó menores síntomas de estrés, así como una menor pérdida de peso por deshidratación debido fundamentalmente a una gestión del agua más eficaz a través de la impermeabilización estomática de la hoja, una mayor absorción de agua por raíz así como una mayor disminución del potencial osmótico en hoja que propicia el flujo de agua de la raíz a la parte aérea. El mejor estado hídrico de quinoa Blanca en condiciones de sequía se vio reflejado además en una mayor integridad de las membranas. Finalmente, las variedades Roja y Amarilla presentaron una menor tolerancia a la sequía, con síntomas más evidentes de estrés por deshidratación y una mayor pérdida de peso. Estas variedades muestran una gestión del agua no tan eficaz como la variedad Blanca, ya que no son capaces de aumentar el contenido de agua en raíz, e incluso la variedad Amarilla sufre pérdida de agua en hoja, lo que conlleva a un detrimento de la integridad de las membranas en condiciones de sequía.

FINANCIACIÓN

Este trabajo se enmarca dentro del proyecto “Observatorio de Innovación Agroecológica para hacer frente al Cambio Climático”, financiado por la Unión Europea de Desarrollo Regional (FEDER) y el Programa de Desarrollo Rural 2014-2020, medida 16.1 de la Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente de la Región de Murcia.

REFERENCIAS

- Almeida, P. M., de Boer, G. J. & de Boer, A. H. (2014). Assessment of natural variation in the first pore domain of the tomato HKT1;2 transporter and characterization of mutated versions of SIHKT1;2 expressed in *Xenopus laevis* oocytes and via complementation of the salt sensitive athkt1;1 mutant. *Frontiers in plant science* 5, 600.
- Boursiac, Y., Chen S., Luu D. T., Sorieul, M., van den Dries N & Maurel, C. (2005). Early Effects of Salinity on Water Transport in Arabidopsis Roots. *Molecular and Cellular Features of Aquaporin Expression*.
- Cuartero, J., Bolarín, M. C., Moreno, V. & Pineda, B. (2010). Molecular tools for enhancing salinity tolerance in plants. En: Jain SM, Brar DS (eds,) *Molecular techniques in crop improvement*. *Springer Science+Business Media*, pp 373-405.
- Egea-Fernandez, J.M., Egea Sánchez J.M., Egea Sánchez I., Rivera Núñez D. (2015). Cultivos promisorios para enfriar el clima y alimentar al mundo. Una propuesta agroecológica para el desarrollo rural en Tierra de Iberos. Bullas, Murcia: Integral, Asociación para el Desarrollo Rural.

- Hanin, M., Ebel, C., Ngom, M., Laplaze, L., Masmoudi, K. (2016). New insights on plant salt tolerance mechanisms and their potential use for breeding. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1787.
- Hasegawa P. M. (2013). Sodium (Na⁺) homeostasis and salt tolerance of plants. *Environmental and Experimental Botany* 92: 19-31.
- Hasegawa, P.M. (2013). Sodium (Na⁺) homeostasis and salt tolerance of plants. *Environmental and Experimental Botany*, 92, 19-31.
- Hinojosa, L., González, J.A., Barrios-Masias, F.H., Fuentes, F., Murphy, K.M. (2018). Quinoa abiotic stress responses: a review. *Plants*, 7(4), 106.
- Hoagland, D.R., Arnon, D.I. (1950) The Water-Culture Method for Growing Plants without Soil. *Circular & California Agricultural Experiment Station*, 347, 32.
- Horie, T., Karahara, I., & Katsuhara, M. (2012). Salinity tolerance mechanisms in glyco-phytes: An overview with the central focus on rice plants. *Rice* 5: 11,
- IPCC (2014). *Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (p. 151 pp). Ginebra, Suiza: Core Writing Team, Pachauri, R.K & Meyer, L.A.
- Mahajan, S. & Tuteja, N. (2005). Cold, salinity and drought stresses: an overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 444: 139-158.
- Munns, R. (2005). Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytologist*, 167(3), 645-663.
- Munns, R., Tester M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review in Plant Biology*, 59, 651–81.
- Saibo, N. J, Lourenço T. & Oliveira M. M. (2009). Transcription factors and regulation of photosynthetic and related metabolism under environmental stresses. *Annals of Botany* 103: 609-623.
- Sirault, X.R, James, R. A. & Furbank, R. T. (2009). A new screening method for osmotic component of salinity tolerance in cereals using infrared thermography. *Functional Plant Biology* 36(11): 970-977.
- Sirault, X. R., James, R. A. & Furbank R. T. (2009). A new screening method for osmotic component of salinity tolerance in cereals using infrared thermography. *Functional Plant Biology* 36(11): 970-977.
- Tester, M., Langridge, P. (2010). Breeding technologies to increase crop production in a changing world. *Science*, 327(5967), 818-822.
- Wang Y., Holroyd G., Hetherington A. M. y Ng C. K. Y. (2004). Seeing 'cool'and 'hot'—infrared thermography as a tool for non-invasive, high-throughput screening of Arabidopsis guard cell signalling mutants. *Journal of Experimental Botany* 55(400):1187-1193.
- Zhu, J.-K. (2001). Plant salt tolerance. *Trends in Plant Science*, 6(2), 66-71.

CAPÍTULO Nº 10

CARACTERIZACIÓN DE VARIEDADES DE MORINGA, QUÍNOA Y AMARANTO DESTINADA A VALORAR FUTUROS USOS ALIMENTARIOS

G. Doménech Asensi, G. Ros Berruezo

Grupo de Investigación Nutrición y Bromatología (E098-02). Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo resume las actuaciones realizadas en distintos cultivos de moringa, quínoa y amaranto, tres especies integradas en el Observatorio Regional de Cambio Climático, conformado por diferentes entidades del sector agrario, alimentario, cosmético y científico de la Región de Murcia. Los análisis realizados persiguen la caracterización de estos productos con el fin de potenciar el uso de los mismos a través de la industria alimentaria y recetas culinarias.

Dado que los productos obtenidos de la moringa son muy variados y, a su vez, muy diferentes en aplicaciones y propiedades a la quínoa y amaranto, este trabajo se desarrolla en dos bloques distintos. Por un lado se analizan distintas partes comestibles de *Moringa oleífera* como son la hoja, tallos, flor y semilla. Por otro, las variedades de quínoa roja, negra, amarilla y titikaka y de amaranto, oscar Blanco y kiwicha lis.

2. MORINGA OLEIFERA

Moringa oleífera es un cultivo muy desconocido en esta zona. Las escasas producciones se destinan a producto desecado para elaborar complementos dietéticos y bolsas de té. Para conocer los antecedentes en la producción científica antes de analizar el producto se ha realizado una revisión bibliográfica a cerca de la misma.

2.1 USO ANCESTRAL Y ENSAYOS EXPERIMENTALES DE LA MORINGA

El árbol de *Moringa oleífera* recibe diferentes nombres, tales como Drumsticktree, Horse Radishtree o Ben oiltree. Es originario de la India, Pakistán, Asia Menor, Arabia y África pero se ha extendido hacia otras regiones como Filipinas, todo el continente americano y Caribe (Anwar, Latif, Ashraf, & Gilani, 2007). En muchas de estas zonas el consumo de la moringa (hojas, frutos, vaina, flores o raíz) está arraigado en la cultura popular debido a las propiedades curativas que se le atribuyen para el tratamiento de diferentes afecciones, por lo que también se la denomina "árbol milagro"; y se utiliza habitualmente como remedio natural para gran diversidad de afecciones como las fiebres de la malaria o fiebres tifoideas, otitis, infecciones oculares, hiperglucemia, hipertensión, parasitosis intestinales, anemias o dermatitis entre otras. En estas zonas su forma de consumo habitual es troceada en sopa,

en infusión, en ensalada, como especia o consumidas crudas como tentempié (Stevens, Ugese, & Baiyeri, 2015).

Los motivos para esta gran variedad de funciones pueden ser debido a su alto poder nutritivo: más vitamina A que las zanahorias, más calcio que la leche, más hierro que las espinacas, más vitamina C que las naranjas y más potasio que los plátanos” (Fahey, 2005).

Son muchas las investigaciones realizadas en la moringa para determinar sus propiedades y mecanismo de acción, resumidas de varias revisiones bibliográficas. (Anwar et al., 2007; Domenech Asensi, Durango Villadiego, & Ros Berruezo, 2017; Razis, Ibrahim, & Kntayya, 2014). En ellas se describe los efectos potenciales para la salud de las diferentes partes del árbol, actividad antihipertensiva, diurética, hipocolesterolemiante, antiulcerosa, hepatoprotectora, antitumoral, antibacteriana y antifúngica entre otras, así como propiedades de purificación de aguas.

Por otro lado, y no menos importante, es pertinente valorar su posible toxicidad. Stohs y Hartman (2015) recopilan los trabajos realizados en torno posibles efectos tóxicos y eficacia con estudios en humanos, en animales de laboratorio y en cultivos celulares, concluyendo que existe un amplio margen de seguridad para su consumo como alimento o complemento alimentario.

En la Tabla N°1 se recogen algunos de los estudios más recientes realizados hasta la fecha.

Parte del árbol	Efecto descrito	Tipo de estudio
Semillas	Antiinflamatorio en colitis ulcerosa	<i>In vivo</i> (rata)
Hoja	Antioxidante en esteatosis hepática	<i>In vivo</i> (ratón)
Hoja	Mecanismo de acción antioxidante	<i>In vitro</i> (ratón)
Corteza	Inmunomodulador/antiinflamatorio vascular	<i>In vitro</i> (humanos)
Hojas	Antiinflamatorio vascular	<i>In vitro</i> (ratón)
Semilla	Antioxidante hepático en dietas grasas	<i>In vivo</i> e <i>in vitro</i> (ratón)
Semilla	Control de la diabetes mellitus tipo 1	<i>In vivo</i> (rata)
Hoja	Control de la diabetes mellitus tipo 2	<i>In vivo</i> (humanos)
Hoja	Protector frente a intoxicación por arsénico	<i>In vivo</i> (ratón)
Hoja	Disminuye la fatiga muscular	<i>In vivo</i> (ratas)
Semilla y vaina	Antimicrobiano bacterias multirresistentes	Cultivo (Gram+ y Gram-)
Semilla	Antimicrobiano en biofilms	Biofilms
Hoja	Antimicrobiano bacterias multirresistentes	Cultivo (Gram-)
Hoja, semilla, tallo, vaina y flores	Antimicrobiano (<i>Vibrio</i> spp. y <i>E. coli</i>)	En agua contaminada
Semilla	Antimicrobiano (<i>E. coli</i> y <i>B. subtilis</i>)	En agua contaminada
Hoja	Antiséptico de manos (<i>E. coli</i>)	<i>In vivo</i> (humanos)

Tabla 1: Propiedades descritas de *Moringa oleifera* en los diferentes estudios realizados en los últimos años (Domenech Asensi et al., 2017)

A partir de las propiedades descritas anteriormente, distintos grupos de investigación se ha interesado por incluir la moringa a diferentes alimentos con el objetivo de mejorar el poder nutritivo de los mismos o como un conservante natural. La Tabla N°2 recoge algunos de estos estudios.

Parte del árbol	Alimento	Efecto
Hoja	Snack	Nutritivo
Hoja	Pan	Nutritivo
Semilla	Pan y galletas	Nutritivo
Hoja	Galletas	Nutritivo
Hoja	Hamburguesa de búfalo	Antioxidante/conservante
Hoja	Hamburguesa de cabra	Antioxidante/conservante
Semilla	Hamburguesa de ternera	Antioxidante/conservante/aglomerante
Hoja	Salchicha de pollo	Antioxidante/conservante

Tabla N° 2. Alimentos en los que se ha experimentado la adición de *Moringa oleífera* (Domenech Asensi et al., 2017).

En estos estudios se valora positivamente la adición de Moringa en sus distintas formas al alimento en cuestión. Sin embargo todas tienden a coincidir con el rechazo sensorial que puede producir en el consumidor cuando se dosifica en exceso, principalmente por alteración del color y sabor. El equilibrio entre el incremento de la calidad nutritiva y la pérdida de calidad sensorial es la clave para una introducción definitiva en los hábitos alimentos de los consumidores.

El objetivo de este trabajo fue el de caracterizar las distintas partes de moringa y las semillas de quínoa y amaranto para definir posibles usos alimentarios.

2.2 INVESTIGACIÓN ACTUAL EN MORINGA

Frente a la gran potencialidad descrita de la moringa se decidió comenzar con una caracterización de los productos de las diferentes partes comestibles de la *Moringa oleífera*.

Muestras

Para los distintos análisis se utilizaron hojas, semillas descascarilladas, flores y tallos de *Moringa oleífera* suministrada por Agronature 2000 (Cartagena, Murcia).

Análisis nutricional

La composición proximal de se determinó de acuerdo con los métodos estándar de la Asociación de Químicos Agrícolas Oficiales (AOAC) (2011). El contenido de humedad se calculó por desecación hasta peso constante (AOAC 934.01), la proteína total mediante el método Kjeldahl (AOAC 991.20) y la grasa total mediante el método Soxhlet (AOAC

920.39C). El contenido de cenizas se determinó incinerando las muestras a 525 °C durante 16 h (AOAC 946.46). El contenido total de carbohidratos se calculó por diferencia mediante la siguiente ecuación: . Esto nos permitió conocer el contenido de los principios inmediatos así como la energía aportada. Tras la realización del mismo se obtuvieron los resultados expresados en la tabla N°3:

	Hoja	Flor	Tallo	Semilla
Energía	97.5	75.1	79.0	504.2
Humedad	75.5	82.0	78.2	5.7
Proteínas	6.9	3.7	1.6	34.3
Grasas	1.8	0.3	0.2	27.5
Hidratos	13.1	14.4	17.6	29.7
Cenizas	2.4	1.5	2.1	2.9

Tabla N° 3. Composición nutricional (g) y energía (Kcal) de los distintos productos analizados por cada 100 g de materia fresca.

Tras el análisis de los resultados se observa que la hoja presenta una cantidad importante de proteínas muy superior a la que pueden presentar otras hojas comestibles (espinacas canónigos, lechuga, etc). A falta de conocer la calidad de esta proteína, la hoja de moringa se presenta como una opción interesante para dietas vegetarianas, aunque siempre teniendo en cuenta la cantidad total de hoja ingerida.

La semilla se perfila como una fuente importante de proteínas y también de aceite, a falta de saber el tipo de ácidos grasos que la componen

Perfil lipídico de la semilla de moringa

Una vez visto el gran contenido en aceite de la semilla, se decidió realizar un análisis del perfil lipídico de la misma, es decir, qué tipo de grasa contiene.

Tras una extracción de la grasa mediante hexano y la posterior metilación de los ácidos grasos, el análisis del perfil lipídico se realizó mediante cromatografía de gases. Los resultados se presentan en la Tabla N°4:

Ácidos grasos %	Semilla de Moringa
Saturados	22.7
Monoinsaturados	76.5
Poliinsaturados	0.7

Tabla N° 4. Perfil lipídico del aceite de semilla de moringa expresado en porcentaje del total de aceite presente

El aceite de la semilla de moringa resulta ser mayoritariamente de tipo monoinsaturado, similar al perfil del aceite de oliva. De esta manera la semilla se presenta como una fuente importante de aceite de gran interés nutricional.

Perfil de Aminoácidos

Una vez conocida la cantidad bruta de proteínas, resulta interesante conocer la calidad de la misma. Una de las maneras de valorarla es ver el contenido de cada uno de los aminoácidos, esenciales que componen esta proteína, es decir, aquellos aminoácidos que el organismo no puede producir y que la única vía de obtención es a través de los alimentos. A mayor variedad de aminoácidos, mayor calidad de la proteína. La tabla N°5 expresa el contenido en estos aminoácidos en las muestras analizadas.

Aminoácidos mg/g	Semilla	Hoja	Tallo	Flor
Arginina	83.94	17.23	3.76	21.86
Histidina	21.66	7.98	1.63	3.49
Isoleucina	41.11	17.20	2.08	6.70
Leucina	52.14	20.17	2.79	7.51
Lisina	32.73	15.28	1.65	3.09
Fenilalanina	42.95	19.24	3.89	10.03
Treonina	30.86	12.41	2.95	1.72
Triptófano	n.d	n.d	n.d	n.d
Valina	31.68	16.12	1.35	3.74
Metionina	11.17	1.88	n.d	n.d
TOTAL	348.23	127.51	20.11	58.13

Tabla N° 5. Cantidad de aminoácidos esenciales en diferentes partes de la moringa expresados en mg/g de materia seca. nd=nodetectado.

Como se puede observar, las muestras analizadas presentan todos los aminoácidos esenciales salvo el triptófano. La semilla es la que mayores niveles presenta seguida de la hoja seca. Una dieta equilibrada puede incluir moringa como fuente de proteínas pero se deben incorporar al mismo tiempo alimentos ricos en triptófano para conseguir una complementación proteica ideal.

Capacidad antioxidante

Se determinó mediante el método ORAC (oxygen radical absorbance capacity-capacidad de absorción de radicales de oxígeno) (Prior et al., 2003). Los distintos extracto a analizar se diluyeron a diferentes concentraciones (entre 1:10 hasta 1:5000) en función de la actividad antioxidante esperada para encontrar aquellas que estuvieran dentro del rango de lectura del equipo. Los resultados quedan recogidos en la Figura 1:

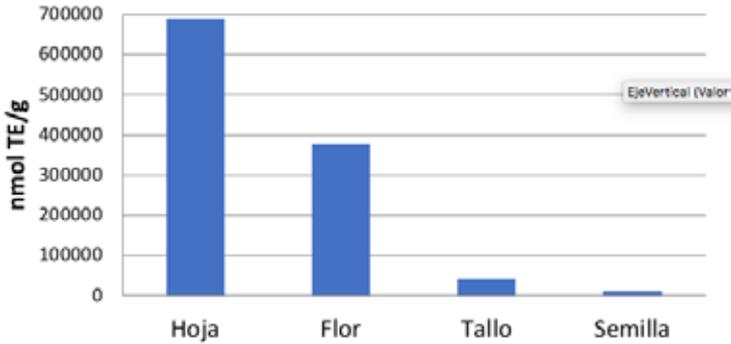


Figura N° 1. Actividad antioxidante de distintas partes de la moringa expresada en nmol Trolox Equivalente/g de materia seca.

Como se puede observar la hoja presenta gran capacidad antioxidante seguida de la flor. Los antioxidantes de los alimentos ayudan a retrasar el envejecimiento celular y los procesos inflamatorios, neutralizando los radicales de oxígeno liberados durante los mismos. Una dieta rica en antioxidante aporta múltiples beneficios al organismo. En este caso las hojas frescas y las flores pueden ser una fuente importante de éstos compuestos muy interesantes como complementos en diversas presentaciones culinarias.

Pruebas de secado

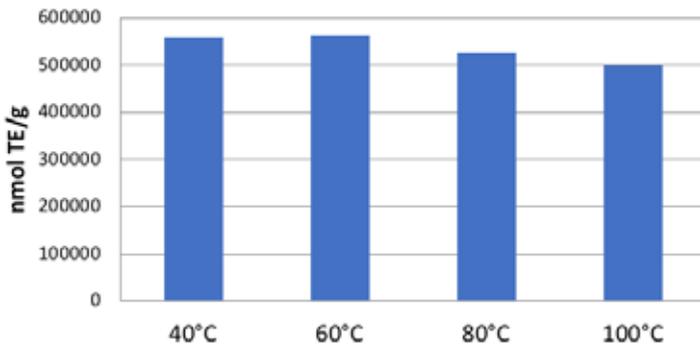


Figura N° 3. Actividad antioxidante de hojas moringa secadas a distinta temperatura expresada en nmol Trolox Equivalente/g.

En muchas ocasiones la hoja de moringa se deseca para la elaboración de distintos productos como hoja triturada en polvo, picadura para elaborar cápsulas como complemento alimentario o para elaborar té, entre otras. La temperatura de secado es un factor crítico a la hora de mantener el potencial de la materia prima. En las pruebas realizadas en laboratorio hemos comprobado el mantenimiento de la actividad antioxidante hasta los 60°C, evidenciándose un descenso paulatino a temperaturas superiores.

Resistencia a tratamientos térmicos

Determinadas propiedades de los alimentos pueden verse afectadas por los tratamiento a elevadas temperaturas, como las típicas de los procesos de cocinado. En este caso hemos utilizado la capacidad antioxidante como indicador de la resistencia a diferentes tipos de cocción, simulando las posibles condiciones de diversos cocinados. Las técnicas realizadas han sido al vapor, escaldado, hervido a 15 y 30 minutos y fritura (Figura N°2).

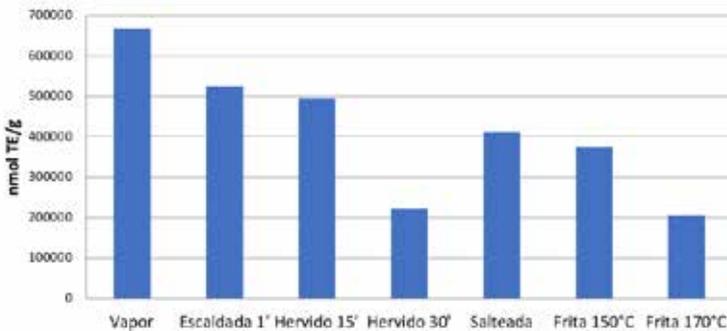


Figura N° 2. Actividad antioxidante de hojas moringa a diferentes condiciones de cocinado expresado en nmol Trolox Equivalente/g de materia seca.

En el caso de la respuesta frente a distintos cocinados se aprecia cómo el mayor contacto con el agua y el mayor tiempo de exposición incrementa la pérdida de actividad antioxidante. Por otro lado, la fritura, con mayor temperatura que el agua hirviendo, provoca mayores pérdidas. Estos datos permiten poder elegir entre distinto tipos de cocción para conservar el máximo potencial de la hoja de moringa a la hora de diseñar presentaciones culinarias.

Actividad antimicrobiana

En la Tabla N°1 se muestran diferentes estudios que analizan la actividad antimicrobiana de diferentes componentes de la moringa. Sin embargo, ninguno de ellos analiza este efecto sobre dos especies bacterianas de interés como son *Clostridium difficile* y *Clostridium perfringens*. Se comprobó la actividad antimicrobiana de diferentes extractos de hojas, semilla y cascara de semilla frente

Los extractos de las diferentes evaluadas de *M. oleifera* mostraron un grado variable de actividad antibacteriana contra las especies bacterianas probadas. Independientemente del disolvente de extracción, las hojas frescas exhibieron los mayores efectos inhibitorios. La semilla mostró más actividad antibacteriana que la cáscara de semilla. El extracto etanólico de hojas y semillas exhibió un buen efecto inhibitor. Tradicionalmente, se han utilizado de forma ancestral decocciones alcohólica de varias hierbas para curar la enfermedad diarreaica y, según el presente estudio, la preparación de un extracto con este solvente orgánico proporciona una actividad antibacteriana considerable. El efecto inhibitor de los extractos de *M. oleifera* observado contra *Clostridium* spp. puede introducir a la planta como un candidato potencial para la creación de medicamentos para el tratamiento de infecciones causada por estos patógenos, así como un desinfectante o

conservante en los alimentos contra estos microorganismos transmitidos por los alimentos, a menudo implicados en el deterioro de los alimentos y enfermedades transmitidas por los mismos (Candel-Pérez, Durango-Villadiego, Doménech-Asensi, Ros-Berruero, & Martínez-Gracia, 2018).

3. QUÍNOA Y AMARANTO

Respecto a la quínoa y amaranto, su uso culinario está más extendido. Siendo de origen andino ancestral su cultivo se ha extendido a otros continentes. Se caracterizan por ser una fuente de proteínas de alta calidad y permiten elaborar productos a base de cereales sin gluten como panes y pastas (Schoenlechner, Drausinger, Ottenschlaeger, Jurackova, & Berghofer, 2010; Venskutonis & Kraujalis, 2013). En diferentes talleres de cocina elaborados por nuestros colaboradores de AMURECO (Asociación Murciana de Restauración Cooperativa) se han mostrado preparaciones culinarias utilizando el amaranto cocido, a modo de caviar vegetal, o tostado creando pequeñas palomitas, por el mismo fenómeno que ocurre con el maíz.

Muestras

Para los análisis se utilizaron distintas variedades de quínoa (Negra, Roja, Amarilla y Titikaka) y de amaranto (Oscar Blanco y Kiwicha Lis) procedentes de Perú.

Análisis nutricional

Se realizó mediante la misma metodología que en el caso de la moringa. Los resultados se muestran en la Tabla N° 6:

	Quinoa			Amaranto		
	Roja	Negra	Amarilla	Titikaka	Oscar Blanco	Kiwicha Lis
Energía	357.2	350.3	358.1	357.1	358.2	357.3
Humedad	11.9	12.6	12.7	11.9	11.8	11.9
Proteínas	13.9	15.6	12.5	13.5	12.2	14.0
Grasas	2.4	2.4	3.1	2.4	2.8	2.9
Hidratos	69.8	66.5	70.0	70.2	70.9	68.7
Cenizas	1.7	2.7	1.6	1.7	2.0	2.3

Tabla N° 6. Composición nutricional (g) y energía (Kcal) de los distintos productos analizados por cada 100 g de materia fresca.

Como se puede apreciar, las variedades de quínoa y amaranto presentan en su conjunto un elevado contenido en proteínas y poca cantidad de grasa. Esto hace que sea un alimento ideal para dietas vegetarianas. A falta de comprobar el perfil de aminoácidos presentes en la proteína de las variedades estudiadas, la quínoa y amaranto pueden ser un buen sustituto de las fuentes de proteína de origen animal.

Perfil lipídico de quínoa y amaranto

Aunque el contenido en grasas de estos productos es relativamente bajo, resulta interesante conocer el perfil lipídico de las mismas. La técnica empleada ha sido la cromatografía de gases, al igual que en el caso de descrito en la moringa (Tabla N° 7).

Ácidos grasos %	Quínoa			Amaranto		
	Roja	Negra	Amarilla	Titikaka	Oscar Blanco	Kiwicha Lis
Saturados	12.73	12.55	12.07	11.71	24.81	26.22
Monoinsaturados	33.99	26.46	30.56	21.80	30.21	23.51
Poliinsaturados	53.26	61.00	57.36	66.45	44.99	50.26

Tabla N° 7. Perfil lipídico de la grasa presente en las variedades de quínoa y amaranto analizadas expresada en porcentaje del total de grasa presente

En este caso observamos un perfil más equilibrado aunque con predominio de los ácidos grasos poliinsaturados. Las diferentes variedades de quínoa presentan menor índice de grasas saturadas que las de amaranto. Entre las variedades de quínoa destacaría la Q. Roja con un mayor porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados mientras que en el amaranto esto ocurre con la variedad Oscar Blanco.

Perfil de Aminoácidos

En este caso también se podreó a analizar la calidad de la proteína de las muestras de quínoa y amaranto (Tabla N° 8).

Aminoácidos mg/g	Quínoa			Amaranto		
	Roja	Negra	Amarilla	Titikaka	Oscar Blanco	Kiwicha Lis
Arginine	35.41	32.34	33.33	10.33	11.20	10.25
Histidine	5.14	4.19	5.53	3.53	3.72	3.22
Isoleucine	7.80	6.42	6.95	3.94	3.71	3.46
Leucine	10.57	11.21	8.53	3.82	6.84	5.81
Lysine	18.84	17.51	2.03	11.00	7.11	6.16
Phenylalanine	5.61	5.35	8.79	7.19	4.69	4.27
Threonine	1.74	4.16	1.12	3.22	4.11	3.16
Tryptophan	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Valine	4.87	1.88	2.10	1.17	5.05	5.15
Methionine	3.48	2.53	1.93	2.89	2.82	2.12
TOTAL	93.47	85.59	70.31	47.10	49.24	43.59

Tabla N° 8. Cantidad de aminoácidos esenciales expresados en mg/g de materia seca. nd=nodetectado.

Se puede observar que en todas las variedades de quínoa y amaranto, el aminoácido limitante es el triptófano. La quínoa se presenta como una fuente interesante de proteínas, especialmente la quínoa roja y negra, pero una dieta equilibrada debe incorporar otros alimentos que aporten el triptófano necesario.

Actividad antioxidante

Se aplicó la misma metodología que en el caso de la moringa. En este caso las diluciones de los extractos fueron menores dada la menor presencia esperada de sustancias antioxidantes.

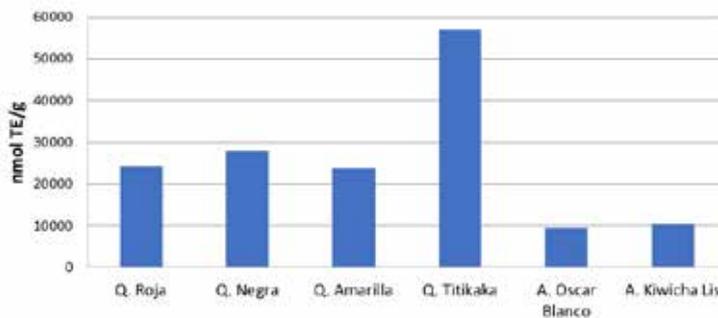


Figura N° 4. Actividad antioxidante de las variedades de quínoa y amaranto analizados expresada en nmol TE/g

En este caso apreciamos que las variedades de quínoa presentan mayor cantidad de sustancias antioxidante que las de amaranto, destacando la variedad titikaka por encima de todas las analizadas.

4. CONCLUSIONES

Tras la exposición de las pruebas realizadas con distintas partes de *Moringa oleifera* por un lado y quínoa y amaranto por otro observamos un gran potencial de uso de todas las variedades analizadas.

M. oleifera se presenta como un componente con mucho potencial dada su gran versatilidad. Su consumo alimentario puede ser como hojas en frescas, aportando compuestos bioactivos con capacidad antioxidante y alto nivel proteico. En sopas, caldos y otros platos cocinados disminuya su actividad antioxidante pero mantiene otros nutrientes. Su efecto antimicrobiano puede prevenir el deterioro de alimentos y evitar la aparición de toxiinfecciones transmitidas por los mismos. Además valoramos la semilla de moringa como una materia prima interesante para la elaboración de aceite de alto valor nutritivo debido al gran contenido de ácidos grasos monoinsaturados, comparable con el aceite de oliva.

Respecto a quínoa y amaranto, nos encontramos con granos de elevado valor nutritivo debido al elevado valor proteico. Además debemos tener en cuenta que se trata de materia prima libre de gluten por lo que los productos derivados serán aptos para población celíaca.

FINANCIACIÓN

Este trabajo se enmarca dentro del proyecto “Observatorio de Innovación Agroecológica para hacer frente al Cambio Climático”, financiado por la Unión Europea de Desarrollo Regional (FEDER) y el Programa de Desarrollo Rural 2014-2020, medida 16.1 de la Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente de la Región de Murcia.

BIBLIOGRAFÍA

- Anwar, F., Latif, S., Ashraf, M., & Gilani, A. H. (2007). Moringa oleifera: A food plant with multiple medicinal uses. *Phytotherapy Research*, 21(1), 17-25. doi:10.1002/ptr.2023
- Candel-Pérez, C., Durango-Villadiego, A., Doménech-Asensi, G., Ros-Berrueto, G., & Martínez-Gracia, C. (2018). Screening of Antibacterial Activity of Moringa oleifera Against Pathogenic Clostridium spp. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 16(S), 13-17.
- Domenech-Asensi, G., Durango-Villadiego, A. M., & Ros-Berrueto, G. (2017). Moringa oleifera: A review of food applications. *Archivos Latinoamericanos De Nutricion*, 67(2), 86-97.
- Fahey, J. W. (2005). Moringa oleifera: A Review of the Medical Evidence for Its Nutritional, Therapeutic, and Prophylactic Properties. Part 1. *Trees for life Journal*, 1(5), 1-15.
- Prior, R. L., Hoang, H., Gu, L. W., Wu, X. L., Bacchiocca, M., Howard, L., . . . Jacob, R. (2003). Assays for hydrophilic and lipophilic antioxidant capacity (oxygen radical absorbance capacity (ORAC(FL))) of plasma and other biological and food samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(11), 3273-3279. doi:10.1021/jf0262256
- Razis, A. F. A., Ibrahim, M. D., & Kntayya, S. B. (2014). Health Benefits of Moringa oleifera. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 15(20), 8571-8576. doi:10.7314/apjcp.2014.15.20.8571
- Schoenlechner, R., Drausinger, J., Ottenschlaeger, V., Jurackova, K., & Berghofer, E. (2010). Functional Properties of Gluten-Free Pasta Produced from Amaranth, Quinoa and Buckwheat. *Plant Foods for Human Nutrition*, 65(4), 339-349. doi:10.1007/s11130-010-0194-0
- Stevens, C. O., Ugese, F. D., & Baiyeri, K. P. (2015). Utilization potentials of moringa oleifera in nigeria: a preliminary assessment. *International Letters of Natural Sciences*, 40, 30-37.
- Stohs, S. J., & Hartman, M. J. (2015). Review of the Safety and Efficacy of Moringa oleifera. *Phytotherapy Research*, 29(6), 796-804. doi:10.1002/ptr.5325
- Venskutonis, P. R., & Kraujalis, P. (2013). Nutritional Components of Amaranth Seeds and Vegetables: A Review on Composition, Properties, and Uses. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(4), 381-412. doi:10.1111/1541-4337.12021

CAPÍTULO Nº 11

ADAPTACIÓN BASADA EN ECOSISTEMAS, ABE: PROYECTO LIFE AMDRYC4, UN NUEVO PARADIGMA PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LA AGRICULTURA DE SECANO MEDITERRÁNEA.

María José Martínez Sánchez

Catedrática de Edafología y Química Agrícola, Coordinadora del Proyecto. Universidad de Murcia

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto, LIFE AMDRYC4 Climate Change Adaptation of Dryland Agricultural Systems in the Mediterranean area "Adaptación al cambio climático de sistemas agrícolas en secano del área mediterránea" fue concedido en 2017, fecha entrada en vigor del Grant Agreement: 22/05/2017, la Universidad de Murcia actúa como Beneficiaria coordinadora, siendo la Investigadora Responsable del mismo la Dra. María José Martínez Sánchez. Hay otros 4 Beneficiarios: Oficina de Impulso Socioeconómico de Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, Coordinadora de Organizaciones de Agricultores y Ganaderos Iniciativa Rural de Murcia (COAG-IR Murcia), Ingeniería del Entorno Natural, SL y la Asociación Nueva Cultura por el Clima. La duración es de 52 meses. Presupuesto total para la realización del proyecto: 1.863.729 €,

Es un proyecto de demostración para la adaptación al cambio climático de ecosistemas agrícolas de secano, con un enfoque basado en ecosistemas, novedoso, y una oportunidad para integrar la biodiversidad en el mundo de la agricultura, y crear conciencia de las oportunidades que supone. La Adaptación al cambio climático basada en ecosistemas (AbE) que se propone aplicar en el proyecto tiene un sentido eficiente y económico.

1.1. CAMBIO CLIMÁTICO-AGRICULTURA-BIODIVERSIDAD: LIFE AMDRYC4, UN NUEVO PARADIGMA.

El cambio climático es considerado por muchos como un desafío clave de nuestros tiempos y, uno de los Objetivos del Desarrollo Sostenible es la acción urgente para combatir el cambio climático y sus impactos. A nivel mundial, la agricultura y el cambio en el uso de la tierra relacionado, contribuyen con casi un cuarto de las emisiones anuales de GEI, 10-12 Gt CO₂/año. El cambio climático ya está afectando a los sistemas alimentarios, y la agricultura es uno de los sectores que se espera que se vea más afectado, con impactos en la producción de alimentos. El 70% de los estudios realizados sobre impactos del cambio climático en el escenario del 2030, en cuanto al rendimientos de los cultivos muestra una disminución del mismo, y la mitad de los estudios presenta descensos del 10 al 50%. Los extremos climáticos pueden superar los umbrales críticos para la agricultura; se necesitarán mecanismos efectivos para reducir el riesgo de producción.

La agricultura en Europa, hoy en día, se basa mayoritariamente en el enfoque intervencionista, o sea, los sistemas de producción están controlados por intervenciones tecnológicas humanas, con una labranza intensiva del suelo, con aplicación excesiva de fertilizantes minerales, maquinaria pesada, etc. Se sabe que estas intervenciones degradan las funciones del suelo, por lo que la producción de los cultivos es ambientalmente degradante, económicamente ineficiente, e insostenible.

Por otra parte, hay un número creciente de sistemas de producción con un enfoque ecosistémico que mejora las funciones del suelo, los servicios ecosistémicos y entre ellos, la productividad. Estos sistemas, con agricultura de conservación, se caracterizan por ser no solo eficientes en la producción de alimentos, sino que también son más sostenibles. Su mayor desarrollo y difusión en Europa merecen un apoyo más profundo con el desarrollo de políticas adecuadas, financiación, investigación, tecnologías, difusión del conocimiento y arreglos institucionales.

La dinámica en el enfoque de la lucha contra el cambio climático precisa un verdadero cambio de paradigma. Hasta la cumbre de París en el 2015, se había mirado fundamentalmente hacia el compartimento ambiental de la atmósfera, procurando la reducción de las emisiones de gases de efecto, y en adoptar estrategias de economías bajas en carbono para lograr el objetivo de limitar el calentamiento global. Necesitamos alcanzar objetivos más ambiciosos, e implicar a otros compartimentos de la naturaleza como la edafosfera y biosfera, así como utilizar el potencial humano para afrontar los desafíos del cambio climático. En este enfoque se basa el Proyecto LIFE AMDRYC4, donde el suelo, la agricultura, la biodiversidad y el hombre son los ejes para lograr la mitigación del cambio climático, y conseguir que los agroecosistemas de secano mediterráneos puedan adaptarse al cambio climático. Se aplica el concepto de adaptación al cambio climático basada en ecosistemas (AbE), considerando la estrategia de adaptación cambio climático para ayudar a los agricultores a adaptarse a los efectos adversos mediante el uso de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, proporcionando beneficios sociales, económicos, y para el medio ambiente.

LIFE AMDRYC4 ha incorporado como objetivo prioritario la “Iniciativa 4 por mil” de aumento de carbono orgánico en el suelo, iniciativa propuesta por el gobierno francés en el 2015, que incorpora el suelo e introduce un cambio en el paradigma de la lucha por el cambio climático. El suelo forma parte del problema del cambio climático, pero puede, y debe, también formar parte de su solución. El suelo es un foco emisor de gases de efecto invernadero y estas emisiones podrían reducirse, lo que exigirá mayores esfuerzos para comprenderse y cuantificarse mejor.

En la figura 1, se esquematiza el marco analítico para elegir las medidas de AbE a aplicar en el proyecto.



Figura N° 2. Esquema de la problemática del clima y los sistemas agrícolas de secano mediterráneo

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO LIFE AMDRYC4

El *principal objetivo* de la propuesta es promoción y fomento de resiliencia al clima de agricultura de secano en áreas mediterráneas y su gestión sostenible, inteligente e integrada, como herramienta básica para adaptación al cambio climático basada en ecosistemas y fortalecer su función mitigadora como sumideros de carbono, para que sean sostenibles y persistentes.

Objetivos específicos:

- Implementar soluciones adaptativas, con tecnologías blandas y medidas sostenibles, inteligentes e integradas tendentes a la adaptación al cambio climático basada en ecosistemas (AbE) con desarrollo práctico del proyecto de demostración y participación de agentes implicados,
- Desarrollar metodologías e indicadores de seguimiento y monitorización para cuantificar y evaluar impactos transformativos producidos en el aumento de carbono (**iniciativa 4 por mil**), en servicios ecosistémicos del capital natural y lucha contra la desertificación de suelos agrícolas de secano mediterráneos

- Contribuir a mejorar conocimiento práctico de forma más precisa, y puesta en valor de estos sistemas agrícolas, mediante la modelización de la contabilidad de carbono orgánico y los servicios ecosistémicos para valorar la adaptación (AbE) y mitigación al cambio mediante la integración del análisis del coste/beneficio
- Incentivar transferibilidad y replicabilidad de acciones del proyecto ex ante y post proyecto, mediante la participación de los agentes interesados con promoción de Acuerdos Voluntarios de los agricultores y creación de la Entidad de Custodia del Territorio, como catalizadores e impulsores para la adopción de la estrategia de adaptación
- Fomentar desarrollo sostenible, inteligente e integrado, mediante la mejora de suelos agrícolas de secano, con el fin de favorecer la fijación de población al territorio, economía verde y circular y generación de empleo rural
- Contribuir a gobernanza analizando instrumentos financieros existentes y formular nuevas propuestas para la sostenibilidad del proyecto una vez finalizado (acuerdos voluntarios con sector difuso, entre otras) que permitan crecimiento sostenible, integrado e inteligente en áreas rurales de cultivo de secano
- Informar, sensibilizar e incentivar a los actores involucrados en la sostenibilidad de sistemas agrícolas de secano para que se produzca un cambio en la actitud y cultura empresarial, con fomento del cálculo de la huella de carbono, que permita avanzar en una economía baja en carbono y faciliten la implantación de la AbE

En la figura 3 se resumen los principios que se reflejan en el proyecto LIFE AMDRYC4, en concordancia con los acuerdos de París, COP21, los acuerdos COP25, y los Objetivos de desarrollo sostenible (ODS)



Figura N° 3. Principios básicos del proyecto LIFE AMDRYC4

3. ACCIONES DEL PROYECTO

A. Acciones Preparatorias

A1. Redacción de proyectos técnicos y gestión de autorizaciones necesarias para para las "Acciones C" o de ejecución

C. Acciones de implementación.

C1. Prototipo para la generación de materia orgánica compostada con residuos locales, para su uso en agricultura de secano

C2. Experiencias de agricultura orgánica con residuos locales compostados para la mejora del suelo y fomento de la economía local

C3. Actuaciones de adaptación basada en los ecosistemas naturales asociados a explotaciones agrícolas de secano en áreas afectadas por el cambio climático

C4. Guía metodológica para la modelización de la contabilidad de carbono orgánico para la mitigación y adaptación de los suelos agrícolas de secano.

C5. Entidad de custodia agraria para la adaptación al cambio climático mediante la conservación de suelos e implantación de la iniciativa 4 por mil

C6. Estrategia de replicabilidad y transferibilidad de las lecciones aprendidas en la propuesta

D. Monitorización del impacto de las acciones del proyecto

D1. Monitorización de los indicadores físico, químicos y biológicos para análisis de medidas de mitigación, servicios ecosistémicos y adaptación climática

D2. Monitorización del impacto socioeconómico derivado del proyecto

D3. Monitorización del papel de la entidad de custodia agraria para la adaptación al cambio climático

E. Comunicación y difusión de resultados

E1. Herramientas de comunicación

E2. Networking, redes de trabajo con profesionales

E3. Producción de material técnico y divulgativo

E4. Implicación de expertos, stakeholders y grupos de interés

E5. Gabinete de comunicación externa y relaciones públicas

F. Gestión del proyecto

F1. Gestión del proyecto por parte del coordinador UMU

F2. Comunicación interna, reuniones y formación para socios

F3. Seguimiento de los indicadores de progreso del proyecto

F4. Plan de comunicación posterior al proyecto LIFE

4. ACCIONES DEL PROYECTO, EJEMPLOS

4.1. GUÍA METODOLÓGICA PARA LA MODELIZACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO PARA LA MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS DE SECANO.

Se revisa el papel del carbono en el suelo, los stocks y pérdidas de carbono orgánico del suelo, así como los beneficios y servicios ecosistémicos de los sumideros de carbono en los suelos.

Se propone un Modelo conceptual para la contabilidad de carbono en suelos, y una Hoja de Ruta con 6 Etapas:

Etapa 1: Diagnóstico del estado actual de los suelos del proyecto de secuestro de carbono

Etapa 2: Metodologías de laboratorio y campo

Etapa 3: Datos base de C

Etapa 4: Evaluación de resultados en relación con las prácticas agrícolas

Etapa 5. Generación de modelos para la estimación del carbono en los suelos agrícolas sometidos a prácticas de mejoras orgánicas

Etapa 6. Modelización de la contabilidad del secuestro de carbono en suelos agrícolas de secano mediterráneo

En la figura 4 se resume el modelo conceptual que se está aplicando para la contabilidad del carbono en suelos en las 4 zonas experimentales del proyecto: Corvera, Nogalte, Xiquena y El Moralejo



Figura N° 4. Modelo conceptual para la contabilidad del carbono

En la figura 5, aparecen algunos de los resultados de medida de carbono orgánico del suelo realizada con dron con cámara de infrarrojos, que se correlaciona con medidas en laboratorio

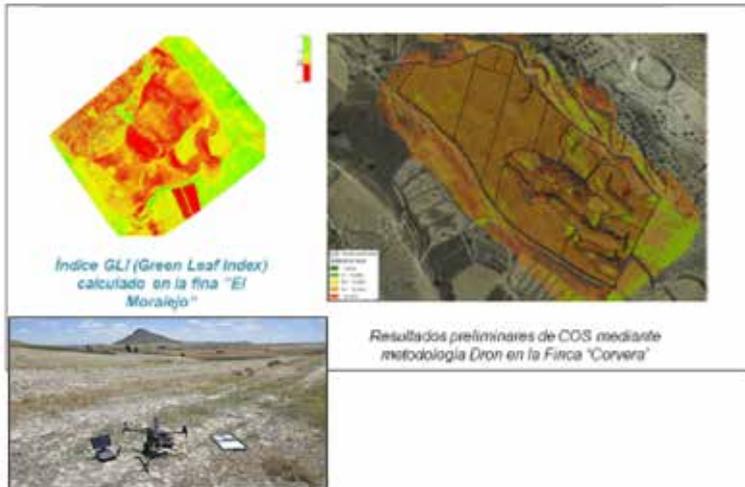


Figura N° 5. Análisis de los datos fotogramétricos y multiespectrales mediante dron y NIR

4.2. MONITORIZACIÓN DEL CARBONO, ACCIÓN D1

En el siguiente cuadro se resumen datos extrapolados de sumidero de carbono en suelos agrícolas presentados en una sesión de la COP25





Secano Región de Murcia

Cultivos	hectáreas cultivo	Secuestro suelo tCO ₂ /ha/año	Biodiversidad ha
Almendro	109.657	109.657	10.965
Olivar	13.829	13.829	1.382
Cereal en grano	55.721	55.721	5.572
Suma A+B+C	183.006	183.006	18.299
Secano	285.752	285.752	28.575

¿Como contribuyen los suelos de la agricultura de secano de la Región de Murcia como sumidero?

Proyecto LIFE AMDRYC4

Tasa de secuestro CO₂/año suelo : 1 t/ha/año

Emissiones agricultura en Murcia año: 353.470 tCO₂

La agricultura de secano en Murcia compensa las emisiones que produce al año toda la agricultura de la Región, solamente con aumentar un 4X1000 el carbono del suelos

Si a ello se suma un 10% de la superficie de cada parcela dedicada a vegetación natural, se superaría con creces esas emisiones

Se mejorarían servicios ecosistémicos que presta el suelo

4.3. MONITORIZACIÓN DE LA EROSIÓN, ACCIÓN D1.



Acciones en marcha de AMDRYC4 en relación con las inundaciones

Objetivo principal para adaptación y mitigación: Identificación de evidencias de la degradación del suelo por erosión hídrica a nivel local, y propuesta de actuaciones

Desarrollo metodologías para modelización de las evidencias de degradación.
 Aplicación de las mejores prácticas de agricultura orgánica conservadoras
 Establecer los datos base de fondo de referencia
 Monitorización con técnicas teleanalíticas con drones en escala espacio temporal
 Integración de resultados e identificación de áreas prioritarias de actuación para reducir los riesgos
 Análisis de coste beneficios medioambientales y socioeconómicos
 Planificación de gestión sostenible para la adaptación al cambio climático y lucha contra las inundaciones

4.4. BENEFICIOS SOCIOECONÓMICOS PREVISTOS DEL PROYECTO

Son numerosos los beneficios socioeconómicos que proporciona, pero los principales beneficios socioeconómicos ligados a la puesta en marcha del proyecto son:

- Mejora de la sostenibilidad económica de las explotaciones agrarias a medio y largo plazo. Durante los últimos la rentabilidad económica de las explotaciones agrarias de secano se ha visto reducida drásticamente. La falta de pluviometría conlleva una reducción drástica de las producciones agrícolas de secano, que en algunos cultivos supone la pérdida del 100% de la cosecha. Este efecto es más perjudicial en aquellas explotaciones que no se encuentran adaptadas, cuyos suelos se encuentran más degradados y donde la capacidad de retener agua y nutrientes en el suelo es menor.
- Repercusión positiva sobre el empleo a corto, medio y largo plazo
- Aumento de las inversiones en emprendimiento verde.

Las nuevas necesidades que demanda la sociedad actual en materia de cambio climático exige la puesta en marcha de nuevos negocios de emprendimiento verde. En el caso de

esta propuesta se dinamizará el sector de los viveros forestales al que se le exigirá disponer de planta adaptada al cambio climático. También en la gestión de residuos a nivel local mediante compostaje existirá un impacto positivo. Sobre el sector de la maquinaria agrícola también existirá incidencia debido al empleo de maquinaria para aprovechar en las explotaciones agrícolas los restos vegetales de las podas o de la renovación varietal y prescindir definitivamente de las que más de restos agrícolas.

- Activación de una economía circular

La filosofía de esta propuesta integra una estrategia para activar la economía circular a nivel local. La contribución a la mejora del almacén de carbono orgánico en los suelos agrícolas se basa en el desarrollo de prácticas de agricultura orgánica, en la que se deben aprovechar los residuos locales: restos vegetales de podas, rechazos de la agricultura intensiva más cercana, lodos de depuradora, estiércoles procedentes de las explotaciones ganaderas de ovino, purines de cerdo, etc. La totalidad de los recursos que se emplean son locales, requiriendo trabajos de transporte desde origen hasta parcelas de cultivo de secano o de tratamiento intermedio, gestión previa de los residuos, aplicación en campo, etc. De este modo se activa una economía circular local, con el apoyo de las mejoras técnicas necesarias para garantizar una correcta aplicación de estos recursos.

- Mejora de la competitividad en el mercado de los productores agrícolas de secano

El beneficio económico para mejorar la competitividad a medio/largo plazo es muy claro: a igualdad de insumos utilizados en un proceso productivo, la producción o rendimiento será mayor en el caso de suelos con características de calidad.

- Aumento de la eficiencia energética y de recursos

Las entidades que se adhieran a los acuerdos voluntarios para contribuir al incremento del nivel de carbono en sus suelos y a la reducción de las emisiones de su huella del carbono, también dispondrán de ventajas competitivas debido a que mejorarán su producción y el sometimiento al proceso de cálculo de huella de carbono permite una reducción de la huella de carbono

- Dinamización laboral en el sector técnico medioambiental

Se activará la demanda de estudios técnicos referentes a la cuantificación y absorción de carbono en los ecosistemas agrarios. La producción de productos compostados a partir de residuos locales también supondrá una importante dinamización laboral.

- Mejora de los bienes y servicios ecosistémicos que los ecosistemas ofrecen a la población, como los beneficios sobre la salud o como fuente de recursos básicos.

5. CONSIDERACIONES FINALES

Es un *proyecto de demostración para* afrontar nuevos retos y desafíos pioneros, siendo el primer proyecto LIFE que abarca la valoración simultánea a nivel de proyectos cuantificables, tanto de captura de carbono para compensar emisiones, como de servicios ecosistémicos con los que contribuyen las explotaciones agrícolas. Abarca:

- 1) *Adaptación al cambio climático de ecosistemas agrícolas de secano, con un enfoque basado en ecosistemas, (AbE), novedoso, y una oportunidad para integrar la biodiversidad en el mundo de la agricultura, sentido eficiente y económico, y para crear conciencia de las oportunidades que reporta.*
- 2) *Mitigación del cambio climático:* Se pone en marcha la Iniciativa de 4 por mil de aumento de carbono al año, al que España se adhirió en la pasada Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de París de noviembre de 2015, estando aún el MAPAMA en fase de desarrollo de la iniciativa en España. En el proyecto se aplican herramientas de cuantificación y valoración de coste beneficio.
- 3) *Es destacable el desarrollo de un procedimiento para la creación del Registro de compensaciones de créditos de carbono del sector difuso y del Mercado de Proyectos de Adaptación y/o Mitigación de explotaciones agrícolas de secano, que podrán financiar fondos públicos y/o privados, mediante la firma de acuerdos voluntarios entre los agricultores y la Administración.*
- 4) Los puntos anteriores repercutirán en una *Gestión sostenible del agua y lucha contra la desertificación* en estas zonas tan vulnerables a la sequía
- 5) *Los Beneficios socioeconómicos* influirán en la creación de empleo, desarrollo rural, uno de los grandes objetivos del proyecto que es la fijación de población al territorio, y la activación de la economía circular.
- 6) A lo largo de todo el proyecto, se apoya una mejor gobernanza climática con participación de la sociedad civil, ONGs, etc., implicando a los agentes interesados para que se sumen a esta iniciativa para poner en valor la agricultura de secano como sumidero de carbono y servicios ecosistémicos, a través de la participación por iniciativa ciudadana, mediante la firma de acuerdos voluntarios, y la ayuda de la Entidad de custodia del territorio.

Equipo integrante del proyecto:

Universidad de Murcia: María José Martínez Sánchez, Carmen Pérez Sirvent, Manuel Hernández Córdoba, Ignacio López García, Pilar Viñas, Natalia Campillo, María Luz Tudela Serrano, Asunción María Hidalgo Montesinos, José Molina Ruiz, Salvadora Martínez López, Lucía Belén Martínez Martínez, Silvia Garrido García (OPERUM).

CARM Servicio de Fomento del Medio Ambiente y Cambio Climático: Francisco Victoria Jumilla, Manuel Martínez Balbi.

COAG Murcia: Jose Ángel Navarro, Francisco Gil

IDEN: Esteban Jordán González, Pedro Alcoba Gómez, Nuria Sánchez López María José Miñano Pérez, Rocío García López

NCC: Antonio Soler, Miguel Ángel Mena.

BIBLIOGRAFÍA.

www.lifeamdryc4.eu

CUARTA PARTE.

SOBRE LOS INSTRUMENTOS Y LAS POLITICAS

CAPÍTULO Nº 12

LA DECLARACIÓN INSTITUCIONAL DE EMERGENCIA CLIMÁTICA Y LA APROBACIÓN DE LA PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA DE LA REGIÓN DE MURCIA

Francisco Victoria Jumilla

Jefe del Servicio de Fomento del Medio Ambiente y Cambio Climático

Comunidad Autónoma de la Región de Murcia

Manuel Martínez Balbi

Técnico Responsable. Servicio de Fomento del Medio Ambiente y Cambio Climático

Comunidad Autónoma de la Región de Murcia

1. LA DECLARACIÓN INSTITUCIONAL DE EMERGENCIA CLIMÁTICA

1.1. LA CRECIENTE CONCIENCIA SOCIAL

El cambio climático es, desde hace décadas el catalizador de movimientos ciudadanos de todo tipo que están adquiriendo cada vez más repercusión. Los eurobarómetros manifiestan que el cambio climático es uno de los problemas que más preocupa a los ciudadanos europeos.

En 2019¹, se realizó el último Eurobarómetro especial dedicado al cambio climático. Los encuestados sitúan el cambio climático en segundo lugar, después de la pobreza (primero) y delante del terrorismo internacional (tercero). Los resultados tanto a nivel europeo² como de España³ muestran una destacada sensibilidad de la población. Esta percepción es coherente con numerosas encuestas de ámbito nacional, regional y local.

Junto a los ciudadanos, los diferentes sectores económicos y sociales han asumido esta creciente preocupación. Entre los ejemplos que muestran una clara toma de posición se debe señalar al Foro Económico de Davos. En el prestigioso Foro Económico de Davos, el cambio climático centra en los últimos años las preocupaciones en la encuesta empresarial sobre los riesgos para la economía mundial.

1 https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/support/docs/report_2019_en.pdf

2 Principales resultados del sondeo a nivel europeo:

-El 92% de los encuestados (y más de ocho de cada diez en cada Estado miembro) están de acuerdo en que las emisiones de gases de efecto invernadero deben reducirse al mínimo y compensar al mismo tiempo las emisiones restantes, a fin de que la economía de la UE sea climáticamente neutra de aquí a 2050.

3 Principales resultados del sondeo a nivel de España:

-Una gran mayoría de los encuestados 95% (por encima del 92% de media de la UE) apoya el objetivo de lograr que la UE no tenga ningún impacto climático para 2050 (Neutralidad climática).

Cada año, el informe del Foro Económico Mundial, más conocido como *Foro de Davos*, ha señalado, desde 2015, que en opinión de los líderes económicos mundiales, es importante el fracaso de la mitigación y adaptación al cambio climático junto con los fenómenos meteorológicos extremos y grandes desastres naturales. En todos estos años el cambio climático sigue en el Top 5 de los riesgos globales junto a la desigualdad. También en este sentido se pronuncia el último *Informe de Riesgos Globales* de 2020⁴ en su edición número 15.



A consecuencia de la creciente concienciación ciudadana y del ámbito empresarial sobre el cambio climático, la respuesta institucional se ha incrementado en todo el mundo. Este es el caso de las “Declaraciones de emergencia climática”. Las “Declaraciones de emergencia climática” son llamadas a la acción y a la concienciación. La “Declaración de emergencia climática” implica el anuncio de medidas para lograr la mitigación (reducir las emisiones) y la adaptación para ser más resistentes a los inevitables impactos.

Australia, en 2016, inició las declaraciones de emergencia climática. Desde entonces, multitud de instituciones han hecho público este tipo de anuncios. En mayo de 2019, el Reino Unido se convirtió en el primer país europeo que declaraba públicamente el estado de emergencia climática⁵. En la moción aprobada por el Parlamento británico, el objetivo era reconocer que el cambio climático es la mayor amenaza existente en todos los ámbitos de la vida, incluida la seguridad nacional, la economía, el bienestar social y el medio ambiente y, por tanto, es necesario tomar medidas urgentes. El 28 de noviembre de 2019, el

4 Es elaborado en base a una encuesta, a escala mundial, a 750 expertos y autoridades de diversas áreas profesionales. Las personalidades que cumplimentan la encuesta deben valorar el riesgo entre 29 posibles en una escala del 1 al 7 (muy poco-mucho) y en dos parámetros: la gravedad del riesgo (sus efectos adversos globales) y la probabilidad de que el riesgo se haga real en el horizonte de diez años. <https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2020>

5 El «estado de emergencia climática» es una declaración que supone entre otras, la adopción de medidas para lograr reducir las emisiones a cero en un plazo determinado (neutralidad climática) y tomar conciencia sobre la situación de crisis que el cambio climático está generando. En 2016 la primera organización en declarar la emergencia climática fue la ciudad australiana de Darenbin. Desde 2016 lo han declarado cientos de ciudades en todo el mundo (18 grandes ciudades en Estado Unidos).

Parlamento Europeo declaró la emergencia climática⁶. Con esta declaración, el Parlamento pide a la Comisión Europea que se asegure que todas las propuestas presupuestarias y legislativas se alineen con el objetivo del Acuerdo de París de limitar el calentamiento global por debajo de 1,5 °C.

Numerosas grandes ciudades de todo el mundo declararon, durante 2019, la emergencia climática. Nueva York declaró la emergencia climática en junio de 2019. Fue la primera de las grandes ciudades de EE.UU.⁷

El 21 de enero de 2020, mediante acuerdo del Consejo de Ministros, el Gobierno Español declaró la emergencia climática⁸. La declaración de emergencia climática suele llevar aparejado el compromiso de alcanzar las emisiones cero en 2050. Numerosos países se habían comprometido a ser neutros en carbono en 2050. Para lograrlo, nuestro país se ha fijado reducir una de cada tres toneladas de CO₂ en la próxima década, duplicando el consumo final de energía renovable en 2030.

Con este acuerdo de declaración de emergencia climática, el Ejecutivo se comprometía a desarrollar 30 líneas de acción, cinco de ellas en los 100 primeros días, para hacer frente a la crisis climática y aprovechar los beneficios sociales y económicos que ofrece la transición ecológica⁹. Una de las medidas anunciadas era presentar el proyecto de Ley de cambio climático y transición energética. El 19 de mayo de 2020 el Consejo de Ministros aprobó para su remisión a las Cortes el Proyecto de Ley de cambio climático y transición energética¹⁰.

6 <https://www.europarl.europa.eu/news/es/press-room/20191121IPR67110/el-parlamento-europeo-declara-la-emergencia-climatica>

https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2019-0078_ES.html

Resolución del Parlamento Europeo, de 28 de noviembre de 2019, sobre la situación de emergencia climática y medioambiental (2019/2930(RSP))

1. *Declara la situación de emergencia climática y medioambiental; pide a la Comisión, a los Estados miembros y a todos los agentes mundiales que adopten urgentemente las medidas concretas necesarias para combatir y contener esta amenaza antes de que sea demasiado tarde, y manifiesta su propio compromiso al respecto;*

2. *Insta a la nueva Comisión a que evalúe plenamente el impacto climático y medioambiental de todas las propuestas legislativas y presupuestarias pertinentes y garantice que estén plenamente en consonancia con el objetivo de mantener el calentamiento global por debajo de 1,5 °C y no contribuyan a la pérdida de diversidad biológica;*

7 Fuente: CNN en español. <https://cnnespanol.cnn.com/2019/06/27/nueva-york-declara-una-emergencia-climatica-es-la-primera-ciudad-de-ee-uu-con-mas-de-un-millon-de-residentes-en-hacerlo/>

8 https://www.miteco.gob.es/es/prensa/declaracionemergenciaclimatica_tcm30-506551.pdf

En España, además de la declaración del Gobierno (21-1-2020) y el Congreso de los Diputados (17-9-2019), la han realizado las comunidades autónomas de Cataluña (7-5-2019), País Vasco (30-7-2019) Canarias (30-8-2019), Comunidad Valenciana (6-09-2019), Castilla la Mancha (23/09/2019), Navarra (24-09-2019) e Islas Baleares (12-11-2019) además de grandes ciudades como Madrid (25-9-2019) y Barcelona (15-1-2020). Asimismo, ha habido declaraciones institucionales en la Asamblea de Extremadura (5/12/2019) y de la Ciudad Autónoma de Melilla (29-10-2019).

9 https://www.miteco.gob.es/es/prensa/200121cminddeclaracionemergencia_tcm30-506549.pdf

10 El texto remitido al parlamento incluye 36 artículos distribuidos en nueve Títulos cuatro Disposiciones Adicionales y dos Transitorias, e incorpora las aportaciones del proceso de participación pública que se inició en febrero de 2019, para que España cumpla el Acuerdo de París en línea con los compromisos de la Comisión Europea y con el Pacto Verde Europeo.

https://www.miteco.gob.es/es/prensa/proyectedeLeydecambioclimaticoytransicionenergetica_tcm30-509256.pdf

Contiene, como no puede ser de otra forma porque ya es un acuerdo de la Unión Europea que nos vincula como país miembro, el objetivo, ya anunciado en enero con la aprobación de la Emergencia Climática, de alcanzar la neutralidad climática de España de aquí a 2050.

Para lograr el cumplimiento de los objetivos propuestos se implantarán sucesivos planes de Nacionales de Energía y Clima (PNIEC). Precisamente y dado que estos son una figura exigida por la normativa europea, el primero de ellos fue remitido a la

En la Región de Murcia, el Consejo de Gobierno adoptó, el 4 de junio de 2020, el acuerdo de aprobar la declaración institucional de emergencia climática. En ella, se señalaba que *“La Región de Murcia viene experimentando durante los últimos años los negativos efectos que el cambio climático está ocasionando en nuestro territorio. La escasez en la disponibilidad de agua, el aumento de los fenómenos meteorológicos extremos, la subida de las temperaturas o el incremento del nivel del mar afectan, de forma especialmente preocupante, al sureste español.*

Esta realidad sitúa a la Región de Murcia ante un escenario de mayor vulnerabilidad que otros territorios, por lo que se hace necesario adoptar medidas que ayuden a mitigar los efectos del cambio climático, que suponen, además de una continua erosión de los valores medioambientales, una pérdida de oportunidades para el desarrollo económico y social.

Solo durante los últimos meses la Región de Murcia ha sufrido cuatro Depresiones Aisladas en Niveles Altos (DANA) que han provocado graves daños, tanto materiales como personales, en gran parte de los 45 municipios y ocasionando pérdidas de incalculable valor.”

La declaración de emergencia climática, que se realiza en coherencia con la creciente conciencia social y la posición del cambio climático como hiperobjetivo en las políticas de la Unión europea, busca la movilización de compromisos de los diferentes sectores económicos y sociales y plantea, como hoja de ruta, los siguientes aspectos:

1. *Los objetivos y las líneas de trabajo contenidas en la Estrategia Regional de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático, incorporando el objetivo establecido por la Unión Europea de alcanzar la neutralidad climática a más tardar en 2050.*
2. *Reivindicar ante las instancias nacionales y europeas la necesidad de que en la asignación de fondos europeos se contemple la vulnerabilidad de las regiones ante el cambio climático.*
3. *Presentar esta declaración de emergencia climática y ambiental y los objetivos y líneas de trabajo contenidas en la Estrategia Regional de Mitigación y Adaptación al*

Comisión Europea el pasado 31 de marzo.

Entre los plazos previstos en la propuesta normativa, también a partir del 31 de diciembre de 2021 las comunidades autónomas tendrán que informar de sus planes de energía y clima a la Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático.

En las poblaciones de más de 50.000 habitantes, los ayuntamientos deberán establecer “no más tarde de 2023” zonas de bajas emisiones en su planificación de ordenación urbana, así como medidas de mitigación para reducir las emisiones de la movilidad, y medidas para facilitar la movilidad a pie o en bicicleta, otros medios de transporte activo y mejorar el uso del transporte público. En esa línea, también apuesta por impulsar la movilidad eléctrica compartida y el transporte eléctrico privado. Aún más, el anteproyecto establece que cualquier medida que se quiera adoptar y que suponga una regresión de las zonas de bajas emisiones que ya existan deberán contar con un informe previo del Ministerio y del órgano autonómico competente en la materia.

La Ley llevará aparejados instrumentos como el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, que está en información pública y también contempla la integración de los riesgos derivados del cambio climático en la planificación y la gestión del agua y la costa, en las infraestructuras, la ordenación del territorio y los usos de suelo y la seguridad alimentaria y contempla la elaboración de un mapa de vulnerabilidad.

Por otro lado, la Ley quiere reforzar el conocimiento del cambio climático en la sociedad para lo que revisará el tratamiento de esta materia en el currículo básico de la educación formal y no formal, así como en los planes universitarios y el Catálogo Nacional de Cualificación profesional.

Cambio Climático a los ayuntamientos de la Región de Murcia solicitando su corresponsabilidad con declaraciones municipales de emergencia climática.”

1.2 LA DECLARACIÓN INSTITUCIONAL DE EMERGENCIA CLIMÁTICA. LA INCORPORACIÓN DEL OBJETIVO STABLECIDO POR LA UNIÓN EUROPEA DE ALCANZAR LA NEUTRALIDAD CLIMÁTICA A MÁS TARDAR EN 2050

La Unión no solo está asumiendo importantes compromisos de reducción de emisiones, que vinculan a España como país miembro, sino que está prestando especial atención a financiar los aspectos relacionados con la mitigación y adaptación al cambio climático¹¹. Para el periodo 2021-2027, de los fondos europeos estructurales que llegan a los países miembros, será obligatorio que al menos el 25 % del gasto contribuya a alcanzar los objetivos climáticos. En este marco, muchas de las medidas planificadas o proyectadas por las Administraciones podrían encontrar apoyo financiero.

En la Comunicación de la Comisión “Un planeta limpio para todos. La visión estratégica europea a largo plazo de una economía próspera, moderna, competitiva y climáticamente neutra” (Bruselas, 28.11.2018 COM (2018) 773 final) se apunta que:

“La propuesta de la Comisión Europea de incrementar la integración de la dimensión climática hasta por lo menos el 25 % en el próximo marco financiero plurianual demuestra que el presupuesto de la UE continuaría actuando como catalizador para movilizar la inversión pública y privada sostenible y canalizar el apoyo de la UE para la transición a la energía limpia hacia donde más se necesita. Asimismo, constituye una parte esencial de la credibilidad de la UE, al abogar por un objetivo de cero emisiones netas de gases de efecto invernadero para 2050.”

La Unión europea que, en materia de reducción de emisiones, se había impuesto, en el marco del Acuerdo de París, objetivos muy avanzados de reducir el 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero en 2030 respecto a 1990, los está revisando y pasarán del

11 La programación de los fondos comunitarios (Fondo Europeo de Desarrollo Regional, Fondo Social Europeo, Fondo de Cohesión, Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural y Fondo Europeo Marítimo y de la Pesca) para el periodo 2014-2020 se realiza mediante el Marco Estratégico Común (MEC) que da una importancia especial al cambio climático en sus vertientes de mitigación y de adaptación.

En la Comunidad Autónoma de Murcia, el Programa Operativo FEDER (aprobado por Decisión de la Comisión Europea de Fecha 13 de mayo de 2015) contiene líneas de inversiones directamente relacionados con el cambio climático. El más importante es el “Eje prioritario 04 - EP4: Favorecer el paso a una economía baja en carbono en todos los sectores” dotado, hasta 2023, con 28,2 millones de euros y estará centrado en ayudas en materia de energías renovables y eficiencia energética a gestionar desde la Consejería de Industria. También es importante la inclusión de los aspectos relacionados con el cambio climático en la Política Agraria Común (PAC).

Hay multitud de proyectos e iniciativas que permiten financiación en el ámbito local, como el Programa Operativo Estatal de Crecimiento Sostenible que incluye un tramo dirigido directa y específicamente a las entidades locales y dotado de 1.500 millones de euros, divididos en dos asignaciones: proyectos singulares de economía baja en carbono y estrategias de desarrollo urbano sostenible e integrado.

La nueva programación de los fondos europeos para el periodo 2021 a 2027 incluye entre sus 5 objetivos el objetivo 2 “una Europa más verde y baja en carbono promoviendo una transición energética limpia y justa, la inversión verde y azul, la economía circular, la adaptación climática y la prevención y gestión de riesgos”

El nuevo Reglamento incluye el objetivo obligatorio de que el 25% del gasto financiado por la Unión Europea contribuya a alcanzar los objetivos climáticos. En el caso del FEDER los aspectos enmarcados en el objetivo 2 tendrán que suponer al menos el 30% del gasto.

40% al 55% en 2030 respecto a 1990. Todo ello, para poder cumplir de forma no traumática con la neutralidad climática en 2050, incluida entre los 4 grandes objetivos que conforman la nueva Agenda Estratégica para 2019-2024¹², aprobada en la reunión del Consejo de la Unión Europea de junio de 2019¹³.

El Parlamento Europeo aprobó el objetivo de la UE de lograr una emisión de gases de efecto invernadero netos cero el 14 de marzo de 2019. El 12 de diciembre de 2019, el Consejo Europeo aprobó el objetivo de una UE climáticamente neutral para 2050.

El objetivo de la Unión europea de convertirse en la primera gran economía del mundo neutra en carbono para 2050 ha quedado recogido en el Acuerdo verde europeo¹⁴, presentado por la presidenta de la Comisión Von der Leyen el 11 de diciembre de 2019¹⁵. El Acuerdo verde europeo o Pacto Verde europeo es la más importante hoja de ruta con compromisos concretos de los últimos años. El Pacto verde europeo establece *“cómo hacer de Europa el primer continente climáticamente neutro en 2050 impulsando la economía, mejorando la salud y la calidad de vida de los ciudadanos, protegiendo la naturaleza y no dejando a nadie atrás”*.

El Pacto verde europeo abarca numerosas líneas de trabajo y, en el calendario a corto plazo, incluye, entre otras, la propuesta de *una Ley del Clima europea* para garantizar la neutralidad climática de la Unión europea de aquí a 2050 (presentada por la presidenta de la Comisión europea el 4 de marzo de 2020) y una consulta pública (que estuvo abierta hasta el 27 de mayo de 2020) sobre un Pacto Europeo por el Clima¹⁶, que reúna a regiones, comunidades locales, sectores económicos y sociedad civil.

12 <https://www.consilium.europa.eu/es/press/press-releases/2019/06/20/a-new-strategic-agenda-2019-2024/>

13 <https://www.consilium.europa.eu/es/meetings/european-council/2019/06/20-21/>

14 https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es

15 https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_19_6691

16 La Comisión ha presentado una consulta pública sobre un nuevo Pacto Europeo por el Clima, una amplia iniciativa para dar a todas las partes interesadas una voz y un papel en el diseño de nuevas acciones climáticas, compartir información, lanzar actividades de base y mostrar soluciones que otros puedan seguir. Las aportaciones se utilizarán para dar forma al Pacto Climático, que se presentará antes de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático COP26 pendiente de fecha ante la emergencia sanitaria.



Bruselas, 4.3.2020
COM(2020) 80 final
2020/0036 (COD)

Propuesta de

REGLAMENTO DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO

por el que se establece el marco para lograr la neutralidad climática y se modifica el Reglamento (UE) 2018/1999 («Ley del Clima Europea»)

La Comisión Europea, al presentar el Reglamento sobre la Ley del Clima Europea¹⁷, propone un objetivo legalmente vinculante de Neutralidad Climática (emisiones netas de gases de efecto invernadero cero) para 2050. Los Estados miembros están obligados a tomar las medidas necesarias a nivel nacional para alcanzar el objetivo.

La puesta en marcha de la neutralidad climática a 2050 está suponiendo revisar el objetivo en vigor de reducir el 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero en 2030 respecto a 1990. Esta revisión ha sido propuesta el 17 de septiembre de 2020 por la Comisión Europea que propone pasar del 40% al 55% en 2030 respecto a 1990.

La Comisión propone una modificación de la propuesta de Ley Europea del Clima con el fin de incluir el nuevo objetivo de 55% de reducción de aquí a 2030

Para lograr esta reducción neta de al menos el 55% de las emisiones de gases de efecto invernadero para 2030, en comparación con 1990, la Comisión propone revisar para junio de 2021 cuatro normas en vigor que regulan la aplicación concreta de las políticas de mitigación en toda la economía, como son:

- El régimen de comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero.
- El reglamento de reparto del esfuerzo.
- El reglamento sobre el uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y reglamento forestal.
- Las normas sobre límites de emisión de CO₂ para los vehículos ligeros (turismos y furgonetas).

Con el compromiso europeo, en vigor, de reducir las emisiones en un 40% a 2030, adquirido para cumplir el Acuerdo de París, el objetivo europeo de reducción para los sectores obligados al comercio de derechos (también denominados: sectores ETS), que es común

¹⁷ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020PC0080&from=EN>

para cualquier estado, se concretó en un 43%. Para los sectores difusos, el objetivo se fijó en un 30%, pero con diferente intensidad para cada estado miembro. Este diferente objetivo que debe alcanzar cada estado es establecido por el reglamento de reparto del esfuerzo. El reglamento europeo de reparto del esfuerzo en vigor¹⁸ asigna a España un 26%.

En consecuencia, con el establecimiento de una nueva trayectoria para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en 2030, propuesta, por la Comisión, en un 55%, se habrá de revisar (para junio de 2021) el objetivo europeo de reducción para los sectores obligados al comercio de derechos y el nuevo objetivo europeo para los sectores difusos. Para este último, cada país miembro tendrá un objetivo diferente concretado en el nuevo reglamento de reparto del esfuerzo. Este esfuerzo en reducción de emisiones a 2030 para los sectores difusos será para el Reino de España, muy probablemente, bastante superior al actual del 26%.

El aumento de ambición climática, propuesto por la Comisión Europea, de incrementar el objetivo global (sectores ETS y sectores difusos) europeo de reducción de emisiones a 2030, pasando de al menos un 40% respecto a 1990 a un mínimo de un 55%, ha sido el que toma como referencia la “Estrategia a Largo Plazo para una Economía Española Moderna, Competitiva y Climáticamente Neutra en 2050”; aprobada por Consejo de Ministros el pasado 3 de noviembre de 2020. Esta estrategia en coherencia con los compromisos de España como Estado miembro de la Unión Europea y con el Acuerdo de París, marca la senda para lograr la neutralidad climática no más tarde de 2050.

La Estrategia señala que, para alcanzar la neutralidad climática, es necesario reducir a nivel nacional en 2050, las emisiones de gases de efecto invernadero globales (sectores ETS y sectores difusos) en un 90% respecto a 1990. Esto implica reducir las emisiones desde los 334 millones de toneladas equivalentes (MtCO₂eq) emitidas en 2018 a un máximo de 29 MtCO₂eq en 2050. Para el 10% restante de las emisiones, se contempla que los sumideros de carbono, principalmente bosques y montes, serán capaces de capturar anualmente unos 37 MtCO₂eq.

1.3. LA DECLARACIÓN INSTITUCIONAL DE EMERGENCIA CLIMÁTICA. LA INCORPORACIÓN DEL OBJETIVO DE REIVINDICAR QUE EN LA ASIGNACIÓN DE FONDOS EUROPEOS SE CONTEMPLA LA VULNERABILIDAD DE LAS REGIONES ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Es conocido que los cambios en el clima, como consecuencia del incremento de la temperatura, no van a ser uniformes en toda Europa, pues variarán de una región a otra. Esta variación se debe a una distribución desigual del calor solar, a las respuestas individuales de la atmósfera, a los océanos y a las características físicas de las regiones.

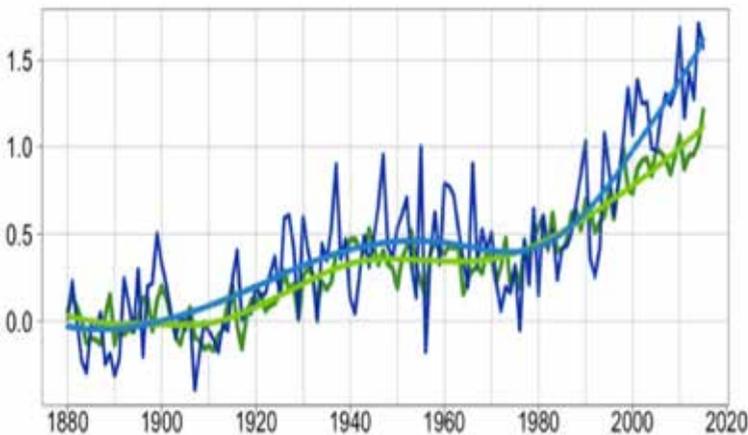
En cuanto a la desigual distribución del calor solar, sabemos, por numerosos trabajos, entre los que se puede citar los desarrollados por los investigadores Joel Guiot y Wolfgang

18 REGLAMENTO (UE) 2018/842 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 30 de mayo de 2018 sobre reducciones anuales vinculantes de las emisiones de gases de efecto invernadero por parte de los Estados miembros entre 2021 y 2030 que contribuyan a la acción por el clima, con objeto de cumplir los compromisos contraídos en el marco del Acuerdo de París, y por el que se modifica el Reglamento (UE) 525/2013 (Diario Oficial de la Unión Europea de 19-6-2018).

Cramer, pertenecientes al Centro Nacional de Investigación Científica de Francia (CNRS), que *“La zona mediterránea se calienta más que la media del planeta.”* Y esto tiene una gran trascendencia para las regiones que formamos parte del entorno mediterráneo, para los que, como señalan estos investigadores, lograr el objetivo de París, de que el aumento de la temperatura media del planeta quede a final de siglo, por debajo de los 2 °C, no es una garantía para determinadas zonas del planeta, como el entorno mediterráneo, que se situarán bastante por encima. Joel Guiot y Wolfgang Cramer señalan que *“Aunque se cumplan los objetivos del acuerdo de París, los paisajes mediterráneos cambiarán, los biomas más secos avanzarán hacia el Norte.”* *“Unos paisajes que apenas han cambiado en 10.000 años, se verán alterados en lo que dura una vida humana.”*

En sentido parecido, se pronuncian los trabajos¹⁹ desarrollados tres años después por la Red de expertos mediterráneos en cambio climático y medio ambiente, creada en 2015 en el marco del Convenio de Barcelona de Naciones Unidas para la Protección del Mediterráneo y la COP 21 de París. En octubre de 2019, se hicieron públicos los trabajos con el título: *“Riesgos relacionados con cambios climáticos y medioambientales en la región mediterránea. Una evaluación preliminar por la red MedECC. La interfaz de los creadores de ciencia – 2019”*

Este trabajo señala, como se muestra en la gráfica siguiente, que en la región mediterránea (línea azul), la temperatura media anual se sitúa alrededor 1,5 °C por encima de los promedios anteriores a la revolución industrial (1880-1899) y se incrementa con una tendencia superior al del conjunto del planeta (1,1 °C, línea verde).



En consecuencia, en la Región de Murcia y en buena parte de España, nuestra economía, nuestros recursos naturales, las actividades que se desarrollan y los planes y proyectos por desarrollar, debido a nuestra situación geográfica, pueden considerarse especialmente vulnerables a los impactos del cambio climático. Los trabajos elaborados en 2018 por el

¹⁹ https://ufmsecretariat.org/wp-content/uploads/2019/10/MedECC-Booklet_FR_WEB.pdf
<https://www.nature.com/articles/s41558-018-0299-2>

Centro Común de Investigación de la Unión Europea²⁰ se expresan, a escala de países y regiones, en este mismo sentido y predicen que *“El Sur sufrirá ocho veces más las consecuencias de los impactos que el Norte.”*

El Centro Común de Investigación calcula, para el sur de la Unión Europea, unas pérdidas anuales de alrededor del 4,2% del PIB si se llega al escenario de incremento de los 3 °C a final de siglo con respecto a la era preindustrial, es decir más del doble que la media de Europa.

Cada región, para hacer frente a los impactos, presenta una determinada capacidad de adaptación que depende de su situación geográfica y características físicas y sobre todo de su economía. La combinación de todos estos factores determina la vulnerabilidad de la región. En 2016, en el libro *“Competitividad y Cambio Climático,”* publicado por el Consejo Económico y Social, llamábamos la atención sobre el reto que supone la alta vulnerabilidad y la baja capacidad de adaptación de la región²¹.

El proyecto ESPON Climate, realizado por la Red Europea de Observación sobre Desarrollo y Cohesión Territorial de la Unión Europea, Programa ESPON²², ha permitido caracterizar a las regiones europeas en función de las posibilidades de adaptación, destacando las regiones del Mediterráneo por una baja capacidad para resistir y adaptarse. La Comunidad Valenciana, Región de Murcia, Baleares y Andalucía, junto con un buen número de regiones del sur de Europa, son las que presentan una mayor vulnerabilidad a los impactos del cambio climático²³.

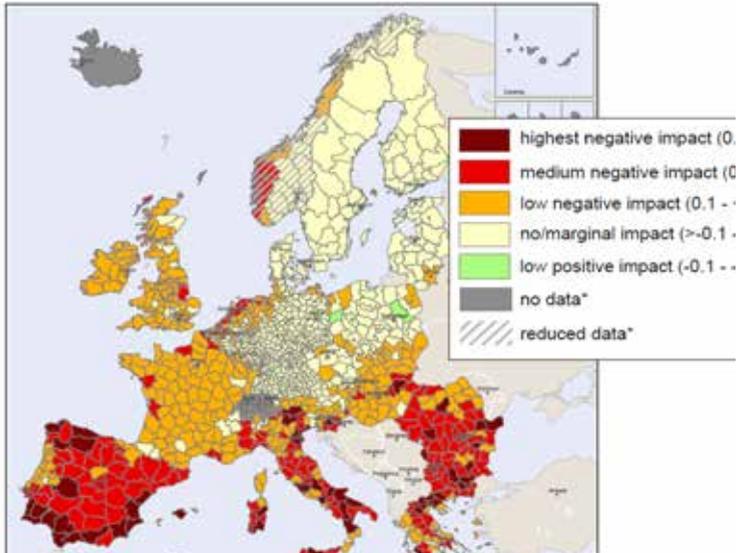
20 <https://ec.europa.eu/jrc/en/peseta-iii>

21 *“Competitividad y Cambio Climático”* Serie Cuadernos. 2016. Consejo Económico y Social de la Región de Murcia <https://www.cesmurcia.es/cesmurcia/paginas/publicaciones/PublicacionDetail.seam?pubId=1143>

22 El proyecto ESPON Climate *Change and Territorial Effects on Regions and Local Economies* 2013 ha sido financiado en el marco del Programa ESPON por la Comisión Europea, Fondo de Desarrollo Regional y los Estados miembros. Se puede consultar en www.espon.eu.

El Programa ESPON, Red Europea de Observación sobre Desarrollo y Cohesión Territorial, fue adoptado por Decisión de la Comisión (2007) 5313 de 7 de noviembre de 2007. Es un instrumento de la Política Regional de la Unión Europea (Dirección General de Política Regional y Urbana). Es financiado por los Fondos Estructurales (Fondo Europeo de Desarrollo Regional) en sus líneas de “Cooperación Territorial Europea”, dotado con 45 millones de euros para el periodo 2007-2013 y con 53,8 para el 2014-2020. ESPON es un programa de investigación aplicada para dar cobertura a las políticas territoriales y de desarrollo. Tiene un importante papel en el desarrollo de una Perspectiva Territorial Europea de Desarrollo y Cohesión. Los trabajos de investigación ESPON ofrecen una fuente de información comparable.

23 También, se pueden consultar los documentos concretos:
<https://www.espon.eu/programme/projects/espon-2013/applied-research/espon-climate-climate-change-and-territorial-effects>
<https://www.espon.eu/sites/default/files/attachments/Final%20Report%20Executive%20Summary.pdf>
<https://www.espon.eu/sites/default/files/attachments/Final%20Report%20Main%20Report.pdf>
<https://www.espon.eu/sites/default/files/attachments/Final%20Report%20Case%20Study%20Spain.pdf>



VULNERABILIDAD POTENCIAL POR EL CAMBIO CLIMÁTICO. Fuente: ESPON Climate Change and Territorial Effects on Regions and Local Economies Applied Research 2013/1/4 Final Report | Version 31/5/2011 Executive Summary.

Esta diferente capacidad de adaptación para hacer frente al cambio climático, que tienen las regiones del sur frente a las del norte de Europa será, como predicen los trabajos citados, a medio plazo un claro elemento de desigualdad. En estas circunstancias, la Unión Europea debe articular ayudas e inversiones que contribuyan a evitar que el desequilibrio existente entre el norte y el sur de la Unión Europea aumente debido al cambio climático, y en las regiones con importante vulnerabilidad, como la Región de Murcia, debemos prestar especial atención en las decisiones que, como administraciones, adoptamos en la actualidad, así como a las decisiones estratégicas y de grandes planes y proyectos que se adoptan hoy, pero que han de durar décadas.

2. LA ESTRATEGIA REGIONAL DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

El Consejo de Gobierno de la Región de Murcia, en su sesión del 11 de junio de 2020, aprobó la Estrategia Regional de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático.

El documento de partida fue elaborado por el Servicio de Fomento del Medio Ambiente y Cambio Climático. Después, a principios de 2018, se realizó una fase de consulta entre los departamentos del Gobierno Regional. Posteriormente, en la reunión del Observatorio Regional del Cambio Climático²⁴, celebrada en junio de 2019, se informó y se tomó en consideración el documento resultante.

²⁴ La Orden de 19 de febrero de 2007, de la extinta Consejería de Industria y Medio Ambiente, por la que se crea el Observatorio Regional del Cambio Climático establece entre sus objetivos actuar como órgano permanente de recogida y análisis de la información, promoviendo la investigación sobre los procesos de cambio y las medidas de adecuación y proponer, a partir de los

ESTRATEGIA DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO



El 10 de noviembre 2019, en el marco de la participación de la Región de Murcia en la COP25, el Presidente de la Comunidad Autónoma anunció la apertura de la fase de información y participación pública. Desde el 10 de noviembre el documento de la Estrategia ha podido consultarse en la web enlace: <http://cambioclimaticomurcia.carm.es>

La Estrategia de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático de la Región de Murcia es un documento de líneas maestras que define la política regional en esta materia. Incluye mitigación y adaptación. La mitigación (acciones llevadas a cabo para reducir nuestras emisiones) y adaptación (prepararnos para los impactos) son soluciones complementarias para reducir los riesgos asociados al cambio climático

Para ello, la Estrategia concreta dos grandes objetivos:

Objetivo 1: “Reducir emisiones de los sectores difusos en un 26% en 2030 con respecto a 2005”. Objetivo coherente con los compromisos asumidos por la Unión Europea que vincula al Reino de España y que debemos contemplar como límites de obligado cumplimiento para las empresas y organizaciones.

Objetivo 2: Además de reducir las emisiones es inevitable adoptar medidas de adaptación para hacer frente a los efectos climáticos y reducir los costes económicos y

datos recogidos, soluciones concretas.

ambientales que estos acarrearán. Por esta razón el segundo gran objetivo de esta Estrategia es “Conseguir una región menos vulnerable al cambio climático”.

Para conseguir dichos objetivos, en el apartado 4 del citado documento se establecen quince grandes líneas estratégicas de actuación:

1. Incorporar medidas de la adaptación y mitigación en los nuevos planes y proyectos a través del procedimiento de evaluación ambiental.
2. Impulsar acuerdos ambientales (acuerdos voluntarios) para la adaptación y mitigación.
3. Identificar y difundir acciones de mitigación y adaptación que sean ecoeficientes, es decir que además de ambientalmente favorables, son ventajosas económicamente.
4. Focalizar esfuerzos en mitigación hacia la fuente de emisiones de gases de efecto invernadero más importante de la región mediante la reducción del uso del vehículo privado y la electrificación de la movilidad.
5. Aprovechar la obligación legal del “edificio de consumo de energía casi nulo” para incorporar, a través de las licencias de obras, medidas de mitigación y adaptación.
6. Fomentar que las empresas y sectores empresariales desarrollen análisis estratégicos de adaptación al cambio climático y fomentar desde las instituciones la generación de conocimiento sobre los efectos y medidas de adaptación al cambio climático de los sectores clave en la economía regional.
7. Fomentar la comunicación de la huella de carbono y los esfuerzos voluntarios en mitigación y adaptación, en especial entre el tejido exportador.
8. Aplicar los escenarios futuros de subida del nivel del mar en la toma de decisiones urbanísticas en la costa e iniciar la adaptación de espacios urbanos e infraestructuras previsiblemente afectados.
9. Impulsar la adaptación al cambio climático del medio natural en sus aspectos relacionados con la conservación de la biodiversidad y áreas protegidas.
10. Impulsar la adaptación al cambio climático del medio natural en sus aspectos relacionados con la gestión forestal.
11. Fortalecer la salud pública actuando frente al cambio climático.
12. Impulsar una administración pública regional de cero emisiones, así como desarrollar acciones formativas y de concienciación en todos los ámbitos con especial referencia al ciudadano como consumidor en su contribución al cambio climático.
13. Impulsar la adaptación y mitigación a nivel municipal a través de los planes de acción para el clima y la energía sostenible (PACES) de la iniciativa europea Pacto de Alcaldes.
14. Revisión de la planificación de inversiones FEDER, a iniciativa de la Comunidad Autónoma, para incluir actuaciones en el objetivo temático nº 5.

15. Iniciar el camino para que en la asignación de fondos europeos se contemple la vulnerabilidad de la Región ante el cambio climático.

La aplicación de estas quince líneas estratégicas debe suponer importantes beneficios derivados de la ecoeficiencia, la economía circular y la economía baja en carbono. Por ejemplo, permitirá que al tiempo que se alcanza progresivamente la electrificación de la movilidad se reduzca la contaminación atmosférica en las ciudades.

Como señala la Estrategia, desde el momento de la aprobación y durante el plazo de un año, los departamentos de la Administración Regional tienen un papel importante en su desarrollo, colaborando con el departamento impulsor de la Estrategia, en la concreción de los instrumentos y las medidas prioritarias y urgentes que permitirán alcanzar, de la forma más ecoeficiente posible, los objetivos establecidos en esta Estrategia, concretando los tiempos de ejecución y en su caso el presupuesto necesario.

Por esta razón, no se acompaña a la Estrategia una estimación presupuestaria. Muchas actuaciones están realizándose ya y se han destinado fondos en los presupuestos y otras han de definirse en un marco sectorial con los sectores de actividad y administraciones implicadas.

Para las infraestructuras, edificios y tejidos urbanos e industriales y actividades económicas implantadas y en funcionamiento, la Estrategia pretende movilizar, a través de acuerdos ambientales de carácter voluntario, compromisos de reducción de emisiones y de adaptación progresiva a los impactos del cambio climático.

Por otro lado, para los nuevos planes y proyectos, los procedimientos de evaluación ambiental y de autorización permitirán integrar los objetivos de reducción de emisiones y de adaptación, en coherencia con la normativa europea.

3. LA PREVISTA MOVILIZACIÓN DE RECURSOS POR LA COVID-19 Y LAS POLÍTICAS DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

3.1. LA RESPUESTA DE LA UNIÓN EUROPEA A LA CRISIS GENERADA POR LA COVID-19: *NEXT GENERATION EU* Y EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA

Como se ha señalado, la Unión Europea no solo está asumiendo importantes compromisos de reducción de emisiones que vinculan a España como país miembro, sino que está prestando especial atención a financiar los aspectos relacionados con la mitigación y adaptación al cambio climático a través de fondos europeos estructurales que llegan a los países miembros. Una buena parte de los más de 79.000 millones de euros previstos por los fondos estructurales y por la Política Agrícola Común, durante el periodo 2021-2027 para España, habrán de destinarse a políticas relacionadas con el clima.

Esta línea se va a ver fuertemente incrementada en los próximos tres años como consecuencia de que el cambio climático y la transición energética son unos de los objetivos incluidos en la ayuda financiera que ha aprobado la Unión Europea como respuesta a la

crisis económica generada por la COVID-19. La respuesta de la Unión Europea a la crisis se ha concretado en la creación del Fondo de Recuperación *Next Generation EU*.

Gracias a este fondo²⁵, el acuerdo obtenido en el Consejo Europeo de 21 de julio de 2020 permitirá a España movilizar un volumen de inversión sin precedentes. El acuerdo del Consejo Europeo prevé financiación por hasta 140.000 millones de euros en transferencias y créditos en los próximos seis años. Un volumen equivalente al 11% del PIB de 2019. Para la movilización de estos recursos la presidencia del gobierno preparó en octubre de 2020 el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia²⁶. Este plan traza la hoja de ruta para la aplicación de estos fondos con el objetivo de la modernización de la economía española, la recuperación del crecimiento económico y para responder a los retos de la próxima década. Así, *“abre una oportunidad extraordinaria para nuestro país, comparable a los procesos de transformación económica producidos a raíz de la incorporación a las Comunidades Europeas en los años 80 o la creación del Fondo de Cohesión europeo en mitad de los 90. Permitirá no solo la superación de la crisis y la recuperación del empleo, sino que facilitará la modernización de nuestra economía, para que esa recuperación sea verde, digital, inclusiva y social. Se pondrán en marcha transformaciones y reformas estructurales dirigidas a la transición hacia una economía y sociedad climáticamente neutras, sostenibles, circulares, respetuosas con los límites impuestos por el medio natural y eficientes en el uso de recursos.”*

El Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia prevé concentrar el esfuerzo de movilización de los cerca de 72.000 millones en transferencias para los primeros tres años (2021-2023) y en torno a cuatro ejes transversales²⁷: la transición ecológica, la transformación digital, la igualdad de género y la cohesión social y territorial.

Entre los proyectos que contempla el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia para desarrollar el eje de la transición ecológica podemos destacar:

1. Plan de choque de movilidad sostenible. Incluye el establecimiento de zonas de bajas emisiones; el despliegue masivo de infraestructura de recarga como clave para el impulso del vehículo eléctrico, efecto tractor sobre la industria de los bienes de equipo y desarrollo de nuevos modelos de negocio, y el refuerzo de transporte público y modernización del parque con vehículos limpios, aprovechando la fabricación nacional de vehículos eléctricos.
2. Plan de rehabilitación de vivienda y regeneración urbana centrado en la eficiencia, que aborde la mejora de las condiciones de habitabilidad, el desarrollo de infraestructuras

25 https://ec.europa.eu/info/live-work-travel-eu/health/coronavirus-response/recovery-plan-europe/pillars-next-generation-eu_es

26 https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Documents/2020/07102020_PlanRecuperacion.pdf

27 Las prioridades del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia están completamente alineadas con las siete iniciativas bandera europeas (Flagship Initiatives), incluidas por la Comisión en la Estrategia Anual de Crecimiento Sostenible 2021. Estas son las siguientes: el apoyo a la electrificación, la integración de energías renovables y el hidrógeno renovable; la rehabilitación energética de edificios; el despliegue de infraestructura de recarga de vehículos eléctricos; el aumento de la cobertura 5G a las diferentes regiones; la modernización y digitalización de las Administraciones Públicas; la mejora de la eficiencia energética de los procesadores y el crecimiento del Big Data y de los servicios avanzados en la nube; y la mejora de las cualificaciones profesionales, en particular de las competencias digitales y de la formación profesional.

verdes y azules, la activación del sector de la construcción y de las instalaciones, incluyendo aplicaciones inteligentes en edificios y despliegue de “techos solares”; el impulso al despliegue de renovables distribuidas

3. Transformación y digitalización de la cadena logística del sistema agroalimentario y pesquero, con el objetivo de fomentar la calidad, la sostenibilidad y la economía circular, la producción ecológica y el consumo de temporada y de proximidad, reducir el desperdicio alimentario.
4. Conservación y restauración de ecosistemas y su biodiversidad movilizando inversiones en infraestructura verde, para favorecer la conectividad ecológica. Específicamente, se promoverá una política de reforestación dirigida al uso sostenible de las superficies forestales, la lucha contra la desertificación, la degradación de las tierras y la pérdida de la biodiversidad y para lograr el desarrollo de una política activa de mitigación y adaptación climáticas.
5. Preservación del espacio litoral y los recursos hídricos. Comprende inversiones para reducir la vulnerabilidad de los espacios naturales costeros y los recursos hídricos frente a los efectos del cambio climático, a través de restauraciones e intervenciones sobre infraestructuras orientadas a reducir la sensibilidad ante los riesgos. Igualmente, comprende acciones para promover la gestión integral del agua. En especial, se orientarán a soluciones basadas en la naturaleza para la depuración (filtros verdes), saneamiento y reutilización, la optimización de la infraestructura hídrica y la restauración de ríos y recuperación de acuíferos.
6. Despliegue masivo del parque de generación renovable dirigido al desarrollo de energía renovable eléctrica e impulso de la cadena de valor industrial y la competitividad en los sectores industriales intensivos en energía. Incluye un subplan específico de desarrollo de energía sostenible en los territorios insulares. Específicamente comprende la Estrategia Nacional de Autoconsumo y la integración de renovables en la edificación y los sectores productivos. En concreto, la hoja de ruta del biogás (favorecer la valorización de residuos para la obtención de biogás sostenible para generación eléctrica, usos térmicos y de movilidad) y la hoja para el despegue de la energía eólica marina y programas de apoyo al desarrollo tecnológico asociado a la economía azul (se desarrollarán actuaciones en nuevas tecnologías de energías renovables en el ámbito marino)
7. Hoja de ruta del hidrógeno renovable y su integración sectorial. Se trata de una apuesta de país por el hidrógeno renovable con el objetivo de descarbonizar la economía, reducir los costes energéticos para la industria, el sector servicios y los hogares, y favorecer la competitividad.

3.2. LOS PLANES DE IMPULSO AL MEDIO AMBIENTE, PIMA. EL PIMA CAMBIO CLIMÁTICO. IMPULSAR LA ADAPTACIÓN EN ESPACIOS URBANOS Y PERIURBANOS

La Administración ambiental del Estado ha puesto en marcha los Planes de Impulso al Medio Ambiente (Planes PIMA). Los Planes PIMA han supuesto en España, a través de diversas convocatorias, la ayuda económica del estado orientada a la puesta en marcha

por parte de las Comunidades Autónomas de acciones de lucha contra el cambio climático y de cambio climático relacionadas con la calidad ambiental (especialmente en materia de residuos).

En virtud del artículo 148.1 de la Constitución Española, las Comunidades Autónomas asumen competencias en las materias de ordenación del territorio, urbanismo y vivienda, y en la gestión en materia de protección del medio ambiente. Al Estado, entre los títulos competenciales (art. 149 CE) le corresponde la legislación básica sobre protección del medio ambiente, artículo 149.1.

Para este esquema de intervención compartida se ha diseñado el modelo de concesión de ayudas PIMA basados en la colaboración con las Comunidades Autónomas, que desarrollan su tramitación y asumen la gestión de los fondos y su distribución. La tipología de acciones que se pretenden fomentar entra dentro de las competencias asumidas por las administraciones autonómicas, entidades locales y municipios. Por ello, los planes PIMA utilizan la financiación por la vía de la Conferencia Sectorial, al considerar que tanto en la fase de identificación de actuaciones y proyectos susceptibles de ser subvencionados y distribución de fondos a los municipios, como en la fase de seguimiento de su ejecución y resultados, son las Comunidades Autónomas los organismos más adecuados.

Dentro de estos planes PIMA, el Plan de Impulso al Medio Ambiente para la Adaptación al Cambio Climático en España, (PIMA Adapta), es un Plan de actuaciones prioritarias que tiene por objeto poner en marcha proyectos que contribuyan a mejorar el conocimiento y el seguimiento de los impactos del cambio climático, y a minimizar sus riesgos en los ámbitos de los recursos hídricos, las costas, los bosques, los sistemas agrarios y la biodiversidad en España, aumentando las capacidades de adaptación y, en último término, incrementando la resiliencia global frente al cambio climático.

Dentro de los PIMA Adapta, el Plan PIMA Adapta Ecosistemas es el que se ha destinado al ámbito de los bosques y los sistemas agrarios, donde la aplicación de criterios de adaptación a los impactos del cambio climático es una necesidad que debe abordarse progresivamente. Además, se debe tener en cuenta que los suelos del área mediterránea tienen una fuerte vulnerabilidad a los impactos del cambio climático por sequías, eventos extremos, desertificación, pérdida de suelo, etc. Estos impactos se minimizan con técnicas de conservación y de mejora del contenido del carbono orgánico de dichos suelos, confiriéndoles una mayor resiliencia, capacidad de retención de humedad y nutrientes.

El Plan PIMA Adapta Ecosistemas tiene además en cuenta el alto potencial de absorción de CO₂ que tiene la agricultura, bien capturando él mismo en las especies vegetales con largos periodos de permanencia, como también en los suelos a través del carbono orgánico retenido. El incremento del carbono retenido por el suelo puede contribuir al cumplimiento de las obligaciones de reducción de emisiones que España ha adquirido en el marco europeo e internacional y mejorar la adaptación al cambio climático de la agricultura en especial de la de secano en el ámbito mediterráneo.

Este objetivo de buscar, a través de buenas practicas agrícolas, el incremento del carbono orgánico de los suelos es el de la iniciativa internacional "4 x 1000" a la que España se

adhiere en la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de París de noviembre de 2015. Esta iniciativa busca el incremento del carbono orgánico de los suelos en un 0,4%. Con la iniciativa “4 x 1000”, la Administración ambiental del Estado está impulsando la fase de desarrollo de la iniciativa en España, siendo el Plan PIMA Adapta Ecosistemas una de las líneas de impulso. Por esta razón, desde el departamento de cambio climático de la Administración Regional, en el marco del Plan PIMA Adapta Ecosistemas y con la colaboración de la Coordinadora de Organizaciones de Agricultores y Ganaderos Iniciativa Rural de Murcia (COAG-IR Murcia) se están desarrollando experiencias piloto de incremento del nivel de carbono en el suelo de la agricultura de secano, en la línea de la iniciativa “4 x 1000”, en los sectores agrícolas del viñedo y el olivar.

También, dentro de los PIMA Adapta, el Ministerio desarrolló el Plan PIMA Adapta Costas. El objetivo del plan de impulso de Medio Ambiente PIMA Adapta Costas es el de contribuir al desarrollo del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) y a la implementación de la Estrategia de Adaptación de la Costa Española al Cambio Climático, contribuyendo a estudios de detalle por tramos de costa de dimensión autonómica, garantizando la uniformidad en la metodología aplicada a la generación, adquisición y recopilación de datos y a la evaluación de la vulnerabilidad de las costas españolas al cambio climático y facilitando a la vez la aplicación por parte de las Comunidades Autónomas de la Disposición adicional octava de la Ley 2/2013, de 29 de mayo, de protección y uso sostenible del litoral y de modificación de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas.

Por esta razón, el departamento de cambio climático de la Administración Regional, en el marco del Plan de Impulso al Medio Ambiente PIMA Adapta Costas del Ministerio para la Transición Ecológica, está elaborando, con el apoyo del Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria²⁸, un diagnóstico de precisión sobre la vulnerabilidad y riesgo, y las posibles medidas de adaptación de todo el litoral de la Región de Murcia.

En el próximo año 2021, debemos estar en disposición de contar con:

- un Informe de alta resolución y visor cartográfico online de exposición, vulnerabilidad y riesgo, y medidas de adaptación de recursos naturales, instalaciones, usos del suelo y actividades vulnerables al cambio climático en la Costa frente al Cambio Climático.
- Un borrador de plan autonómico de adaptación al cambio climático de los terrenos de dominio público marítimo-terrestre adscritos a la Comunidad Autónoma y de las estructuras construidas sobre ellos.
- Un informe de vulnerabilidad y borrador de plan de adaptación al cambio climático de la Manga del Mar Menor.
- Acciones para la difusión y exposición del conocimiento generado sobre la vulnerabilidad de la Región de Murcia ante la subida del nivel del mar y las medidas de adaptación necesarias.

28 El Instituto de Hidráulica es uno de los centros de mayor especialización de España en esta materia.

La Manga del Mar Menor es considerada una de las áreas vulnerables del litoral mediterráneo español, a efectos del calentamiento global. El objetivo a corto plazo debe ser cuantificar la exposición, la vulnerabilidad y el riesgo, así como proponer las medidas de adaptación y prevención frente al cambio climático. El Informe de vulnerabilidad y plan de adaptación al cambio climático de la Manga del Mar Menor debe comprender al menos los siguientes aspectos:

- Estudio de detalle de la vulnerabilidad frente a los efectos del cambio climático (vulnerabilidad del territorio, las actividades y espacio edificado y el suelo urbano sin edificar).
- Análisis de riesgo sobre bienes económicos, naturales y sociales. Evaluación económica de los costes de la inacción.
- Análisis de casos a nivel internacional. Estudio de casos extrapolables y de planes y experiencias de éxito.
- Prediseño de medidas de adaptación y prevención.

El más reciente de los Planes PIMA orientados al cambio climático ha sido el Plan PIMA Cambio Climático, concretado a mediados de 2020. Se centra en la adaptación al cambio climático de los espacios urbanos y el reparto de asignaciones a las comunidades autónomas ha sido aprobado por el Consejo de Ministros del 27 de octubre de 2020. En el reparto territorial de las ayudas para adaptación al cambio climático, se asigna 342.819 euros a la Región de Murcia.

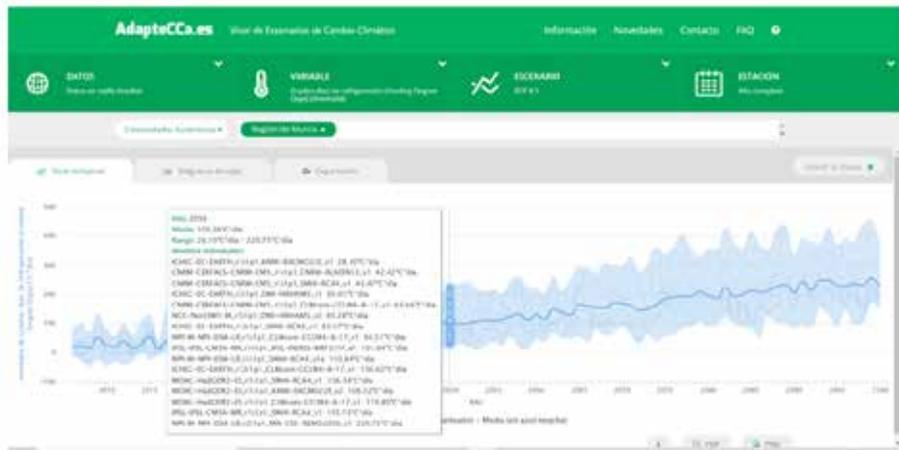
La territorialización de los fondos aprobados se ha llevado a cabo en función de proyecciones climáticas²⁹ –concretamente, de las necesidades de refrigeración en cada territorio-(grados día de refrigeración³⁰), del número de municipios menores de 100.000 habitantes y de la población en municipios menores de 100.000 habitantes, estableciéndose un máximo de 1 millón de euros y un mínimo de 100.000 para cada administración autonómica.

29 Visor de Escenarios de Cambio Climático de la Plataforma AdapteCCA (<http://escenarios.adaptecca.es>) de la Vicepresidencia Cuarta del Gobierno es una herramienta de fácil acceso para conocer, visualizar y descargar las proyecciones más actualizadas para el clima futuro de nuestro país, realizadas a partir de las proyecciones globales del Quinto Informe de Evaluación del IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático) en el marco de la iniciativa Escenarios PNACC y concretamente, de la colección de Escenarios PNACC 2017.

Los datos disponibles se nutren principalmente de dos fuentes: proyecciones puntuales de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y proyecciones en rejilla procedentes de la iniciativa internacional Euro-CORDEX. Consulta la “Descripción de los Datos” para la información completa sobre los datos y modelos utilizados.

30 Grados día de refrigeración es la unidad de medida del grado de rigor climático de un lugar, en la temporada cálida, ya que relaciona la temperatura media con una cierta temperatura de confort para refrigeración.

Se define como la suma de las diferencias horarias de la temperatura máxima media del aire exterior superior a una temperatura base de refrigeración, con respecto a este valor para todos los días del año.



Con los fondos recibidos, las CCAA harán convocatorias que recojan los objetivos del PIMA Cambio Climático y definan los criterios de elegibilidad, incluyendo posibles apoyos con otras fuentes de financiación y cofinanciación con recursos públicos.

El principal objetivo del PIMA Cambio Climático es fomentar y apoyar la adaptación al cambio climático en las áreas urbanas de municipios con un tamaño inferior a 100.000 habitantes. Las ayudas para los 43 municipios de la región menores de 100.000 habitantes deben ser dirigidas a proyectos que potencien las sinergias entre las estrategias de adaptación y mitigación en la lucha contra el cambio climático a través de actuaciones piloto de carácter innovador, en las siguientes materias:

- Integración del cambio climático e infraestructura verde en la planificación y gestión urbanística e intervenciones en el espacio urbano (análisis de escenarios de cambio climático utilizando las proyecciones regionalizadas para España, mapas de clima urbano, que analicen la capacidad de absorción y de cesión de calor por parte de los materiales urbanos y mapas de ventilación urbana).
- Adaptación de edificios públicos para prevenir el exceso de calor y mejorar la eficiencia energética. Se priorizarán las intervenciones de prevención del calor de carácter pasivo (como sistemas de sombreado y cubiertas verdes) y las realizadas sobre los equipamientos utilizados por los grupos más vulnerables al calor: centros educativos, residencias de ancianos, centros de salud, centros de día para personas mayores, etc. También, podrá incluirse la climatización de edificios públicos en base a refrigerantes naturales o bien HFOs con PCA inferior a 150.
- Apertura de “refugios climáticos”: equipamientos que mantienen temperaturas apropiadas, abiertos al uso público en periodos de calor excesivo.
- Aplicación de soluciones basadas en la naturaleza orientadas a la prevención de riesgos asociados al cambio climático en espacios urbanos y periurbanos: riesgos por

altas temperaturas, riesgo de incendios en el espacio urbano-forestal, inundaciones, fenómenos costeros, sequías, etc.

- Intervenciones en espacios públicos orientadas a atenuar el efecto isla de calor urbano (sombreado natural o artificial de calles y plazas, reducción de la impermeabilidad del suelo, captación de aguas pluviales, creación de microclimas con láminas de agua, aplicación de soluciones bioclimáticas, etc.).
- Incremento de la biodiversidad urbana y mejora de los hábitats para la vida silvestre: aumento de zonas verdes urbanas y mejora de hábitats, jardines verticales, tejados verdes, restauración o rehabilitación de zonas húmedas, hábitats para polinizadores incluyendo refugios para las especies nidificantes y presencia de vegetación adecuada en parques, jardines y alcorques, priorización de la conservación de hábitats existentes frente a la creación de nuevas zonas, instalación de comederos y cajas nido.
- Mejora de la infraestructura urbana verde y azul, caracterizada por su multifuncionalidad: restauración de tramos urbanos de ríos, zonas inundables para hacer frente a las avenidas extremas, mejora de la conectividad natural entre el medio urbano y periurbano, sistemas de drenaje urbano sostenible, etc.
- Proyectos a escala de barrio que incidan sobre el metabolismo urbano, más resiliente y más cercano a los procesos naturales, aprovechando el espacio público, espacios urbanos infrautilizados y equipamientos en desuso para integrar componentes de adaptación y mitigación del cambio climático.
- También, en las convocatorias derivadas del PIMA Cambio Climático, se recogerán las ayudas al diseño e implantación de Zonas de Bajas Emisiones, con el fin de mejorar la calidad del aire y mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero. En este caso, los beneficiarios serán los municipios de la región con población entre 50.000 y 100.000 habitantes. El diseño e implantación de estas Zonas de Bajas Emisiones se orientará entre otros a la aplicación de restricciones de acceso, circulación y estacionamiento de vehículos contaminantes.

CAPÍTULO N.º 13

INTEGRAR EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS PLANES Y PROYECTOS SOMETIDOS A EVALUACIÓN AMBIENTAL. EXPERIENCIA ADQUIRIDA. MÉTODOS Y HERRAMIENTAS DESARROLLADOS

Francisco Victoria Jumilla

Jefe del Servicio de Fomento del Medio Ambiente y Cambio Climático

Comunidad Autónoma de la Región de Murcia

Manuel Martínez Balbi

Técnico Responsable. Servicio de Fomento del Medio Ambiente y Cambio Climático

Comunidad Autónoma de la Región de Murcia

1. LA EXPERIENCIA ADQUIRIDA EN LA INTEGRACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS PLANES Y PROYECTOS SOMETIDOS A EVALUACIÓN AMBIENTAL.

1.1. LA LINEA N.º1 DE LA ESTRATEGIA DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LA REGIÓN DE MURCIA. "INCORPORAR MEDIDAS DE LA ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN EN LOS NUEVOS PLANES Y PROYECTOS A TRAVÉS DEL PROCEDIMIENTO DE EVALUACION AMBIENTAL".

El Consejo de Gobierno de la Región de Murcia, en su sesión del 11 de junio de 2020, aprobó la Estrategia Regional de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático.

La Estrategia de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático de la Región de Murcia es un documento de líneas maestras que define la política regional en esta materia. Incluye mitigación y adaptación. La mitigación (acciones llevadas a cabo para reducir muestras emisiones) y adaptación (prepararnos para los impactos) son soluciones complementarias para reducir los riesgos asociados al cambio climático

Para ello, la Estrategia concreta dos grandes objetivos:

Objetivo 1: "Reducir emisiones de los sectores difusos en un 26% en 2030 con respecto a 2005". Objetivo coherente con los compromisos asumidos por la Unión Europea que vincula al Reino de España y que debemos contemplar como límites de obligado cumplimiento para las empresas y organizaciones.

Objetivo 2: "Además de reducir las emisiones es inevitable adoptar medidas de adaptación para hacer frente a los efectos climáticos y reducir los costes económicos y ambientales que estos acarrearán". Por esta razón, el segundo gran objetivo de esta Estrategia es "Conseguir una región menos vulnerable al cambio climático".

Para conseguir dichos objetivos, en el apartado 4 de la Estrategia se desarrollan quince grandes líneas estratégicas de actuación. La primera de estas líneas se centra en las posibilidades que ofrece la evaluación ambiental como mecanismo efectivo de integración del cambio climático en los grandes planes y proyectos que han de ser obligatoriamente sometidos al procedimiento de evaluación ambiental que regula la Ley 21/2013. "1. Incorporar medidas de la adaptación y mitigación en los nuevos planes y proyectos a través del procedimiento de evaluación ambiental".

La utilización de la potente Ley 21/2013 para la mitigación y adaptación al cambio climático de los nuevos planes y proyectos es un ejercicio que se lleva realizando en la Región de Murcia desde los últimos 5 años. Para ello, se han puesto a punto métodos y herramientas que pueden consultarse en la web del Servicio de Fomento del Medio Ambiente y cambio Climático

Comentamos a continuación, de forma sintética, la experiencia adquirida y los elementos clave de la integración del cambio climático en los planes y proyectos.

1.2. LA EXPERIENCIA ADQUIRIDA A TRAVÉS DEL PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL.

La Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental (BOE nº 296 de 11 de diciembre de 2013) ¹ obliga a tener en cuenta el cambio climático en el procedimiento de evaluación. La evaluación ambiental es uno de los caminos más adecuados para conseguir una integración temprana de la adaptación y la mitigación al cambio climático en los nuevos planes y proyectos.

Los proyectos y planes sometidos a evaluación ambiental representan una buena parte de las decisiones que conforman la actividad económica de una región, suponiendo una parte significativa de las emisiones que corresponden a los llamados sectores difusos y una buena parte de los planes y proyectos que pasarán a incrementar la vulnerabilidad de la economía si no han integrado medidas de adaptación.

Desde 2015, cuando empezó a aplicarse la obligación legal contenida en la Ley 21/2013, el departamento de cambio climático de la Administración Regional de Murcia ha ido concretando los métodos y las herramientas² más adecuados para evaluar la contribución

1 <https://www.boe.es/buscar/pdf/2013/BOE-A-2013-12913-consolidado.pdf>

2 Métodos y herramientas para la integración del cambio climático en el procedimiento de evaluación ambiental que se pueden consultar en la web (www.cambioclimaticomurcia.carm.es) en su apartado recursos destacables:

-1.- CONDICIONES HABITUALMENTE INCORPORADAS Y Nº DE INFORMES REALIZADOS PARA EL PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

http://cambioclimaticomurcia.carm.es/index.php?option=com_k2&view=item&id=363:expedientes-del-servicio-de-fomento-y-cambio-climatico&Itemid=303

-2.- GUÍAS TÉCNICAS PARA LA CONSIDERACIÓN DE LA ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS PLANES Y PROYECTOS SOMETIDOS A EVALUACIÓN AMBIENTAL

http://cambioclimaticomurcia.carm.es/index.php?option=com_k2&view=item&id=365:mayo-de-2019-guias-tecnicas-para-la-consideracion-de-la-adaptacion-y-mitigacion-del-cambio-climatico-en-los-planes-y-proyectos-sometidos-a-evaluacion-ambiental&Itemid=303

-3.- CALCULO RESERVAS DE CARBONO PARA EL PROCEDIMIENTO DE EVALUACION AMBIENTAL

http://cambioclimaticomurcia.carm.es/index.php?option=com_k2&view=item&id=313:calculo-de-las-reservas-de-carbono&Itemid=303

-4.- VISOR SOBRE NIVEL MEDIO DEL MAR Y CAMBIO CLIMÁTICO GENERADO EN EL MARCO DEL PROYECTO LIFE

de los planes y proyectos al cambio climático y ha ido concretando las posibilidades de la compensación de las emisiones que no pueden ser reducidas, creando con todo ello un marco de conocimiento que se ha sido mostrando en la web del departamento desde 2018: www.cambioclimaticomurcia.carm.es

Los 5 años transcurridos han permitido aquilatar herramientas y métodos de predicción, así como concretar medidas que hoy forman parte de cientos de resoluciones publicadas en el Boletín Oficial de la Región de Murcia. Estas medidas de obligado cumplimiento deben contribuir a que los nuevos planes y proyectos no incrementen aún más las emisiones del conjunto de la economía regional y hacer que cada uno de esos grandes planes y proyectos sea más resiliente a los impactos del cambio climático actual y previsto.

Entre las medidas que se vienen aplicando, a través de las resoluciones publicadas, podemos destacar las siguientes:

En cuanto a la adaptación al cambio climático:

- Recuperación del agua de lluvia incidente sobre los edificios y contribuir a la adaptación a su escasez: Incorporar en el diseño de edificios la necesidad de que estos capturen y utilicen las aguas pluviales y aguas grises.
- Recuperación del agua de lluvia incidente sobre viales aceras y demás espacios. Aumentar la permeabilidad de aceras y demás elementos de la urbanización como elementos de adaptación a los factores climáticos y para la captura del agua de lluvia.

En cuanto a la mitigación:

- Compensación del 100% de la pérdida de reservas de carbono en suelo y vegetación por la artificialización y sellado del suelo.
- Compensación del 26% de las emisiones por las obras en proyectos de actividades e infraestructuras y en proyectos de obras de urbanización.
- Reducción y en su caso compensación de las emisiones generadas por movilidad obligada.
- Aplicación del objetivo de cubrir mediante energías alternativas el máximo del consumo de electricidad posible, tanto de alumbrado público como de otros elementos.
- Contribución a la electro movilidad mediante el equipamiento con puntos de recarga de vehículos eléctricos en las plazas de aparcamiento.

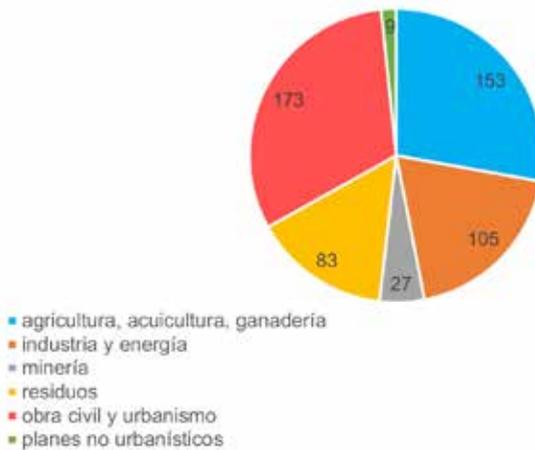
En la graficas siguientes se muestra la proporción de planes y proyectos según sectores de actividad y número de expedientes anuales (entre febrero de 2015 y noviembre de 2020 se han tramitado unos 550 expedientes) que se han informado desde el Servicio de Fomento del Medio Ambiente y Cambio Climático, al actuar como administración pública afectada, que debe ser consultada desde el órgano ambiental de acuerdo con la Ley 21/2013.

ADAPTATE

http://cambioclimaticomurcia.carm.es/index.php?option=com_k2&view=item&id=346:visor-sobre-nivel-medio-del-mar-y-cambio-climatico-generado-en-el-marco-del-proyecto-life-adaptate&Itemid=303



Expedientes por sector desde febrero 2015 a noviembre 2020



Desde 2018 la plataforma AdapteCCa (<https://www.adaptecca.es/>) de consulta e intercambio de información en materia de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático, dependiente del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico incluye un apartado donde se recogen casos prácticos, consistentes en experiencias, iniciativas y proyectos innovadores sobre adaptación desarrollados en diferentes territorios de España e implementadas por Administraciones Públicas, entidades del sector privado, organizaciones diversas.

<https://www.adaptecca.es/casos-practicos?combine2=integraci%C3%B3n>



Entre esos casos prácticos, se encuentra la “integración del cambio climático en la evaluación ambiental que lleva a cabo la Administración de la Región de Murcia”.



El caso práctico referido consiste en la forma en que la Administración Ambiental de la Región de Murcia lleva a cabo la integración del cambio climático en la evaluación ambiental. Se puede consultar en:

<https://www.adaptecca.es/integracion-del-cambio-climatico-en-la-evaluacion-ambiental-de-la-region-de-murcia>

Desde 2015, a través del procedimiento de evaluación ambiental, se ha logrado incluir, en cada uno de los 600 planes y proyectos sometidos a evaluación ambiental, medidas dirigidas a la mitigación y adaptación frente al cambio climático que reducen su contribución en emisiones y los hace más resilientes al cambio climático.

1.3. ELEMENTOS DEL PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

-Elementos básicos del procedimiento.

El procedimiento de evaluación ambiental es solo de aplicación a los planes y proyectos que vienen reflejados en su articulado y anexos.

Para iniciar el procedimiento de evaluación ambiental, la documentación técnica (borrador de plan o proyecto y los documentos ambientales exigidos por la Ley) es presentada por el promotor ante el llamado órgano sustantivo, órgano competente para aprobar el plan o proyecto, que los somete a información pública y consulta a las administraciones públicas afectadas, entre éstas el órgano competente de la administración en materia de cambio climático. Basándose en la información aportada y en el resultado de las consultas e información pública, el órgano ambiental de la administración a la que pertenece el órgano sustantivo realiza el análisis técnico y adopta la decisión (resolución) que declara (hace público) que el plan o proyecto es compatible con el medio ambiente y las medidas y condiciones en que puede llevarse a cabo. En las resoluciones que adopta el órgano ambiental, se concretan las medidas necesarias, que pasan a ser de obligado cumplimiento sin las que no podrá ser autorizado o aprobado.

Las medidas que deban incorporarse en el plan o proyecto son las que en cada momento sean necesarias para garantizar que el plan o proyecto no tienen efectos negativos sobre el medio ambiente. Es decir, las que motivadamente son las más adecuadas a ese tipo de plan o proyecto y a sus circunstancias, sin que necesariamente estén previamente recogidas en la legislación sectorial en vigor.

-Contenido de los documentos técnicos.

En el caso de la evaluación de impacto ambiental de proyectos. Tras lo establecido por el artículo 5 de la Directiva 2014/52/UE, los aspectos fundamentales en el contenido del estudio de impacto ambiental, en relación con el cambio climático, se centran en *la naturaleza y magnitud de las emisiones de gases de efecto invernadero, y la vulnerabilidad del proyecto con respecto al cambio climático* para esto es importante entre otros explicitar el consumo de suelo y energía.

Un aspecto destacado de lo establecido en el anexo VI de la Ley 21/2013 es que en su referencia a las medidas preventivas, correctoras y compensatorias señala que *“El presupuesto del proyecto incluirá estas medidas con el mismo nivel de detalle que el resto del proyecto, en un apartado específico, que se incorporará al estudio de impacto ambiental.”* Esta exigencia es importante no solo porque establece que se concreten estas medidas con el mismo nivel de detalle sino porque, al formar parte presupuesto del proyecto, quedan contempladas en aquellos casos en que la legislación exige depositar una fianza para

garantizar la correcta ejecución de las obras como ocurre en aplicación de la Ley del suelo en el caso de los proyectos de obras de urbanización.

Para la evaluación ambiental de planes, la Ley 21/2013, en su artículo 18.1.d), exige que en el documento inicial estratégico se estudien los potenciales impactos ambientales “tomando en consideración el cambio climático”, y en el anexo IV “Contenido del Estudio Ambiental Estratégico” se señala que la información que deberá contener el estudio ambiental estratégico, previsto en el artículo 20, será como mínimo la siguiente:

6. [...] su incidencia en el cambio climático, en particular una evaluación adecuada de la huella de carbono asociada al plan o programa, [...];

7. Las medidas previstas para prevenir, reducir y, en la medida de lo posible, compensar cualquier efecto negativo importante en el medio ambiente de la aplicación del plan o programa, incluyendo aquellas para mitigar su incidencia sobre el cambio climático y permitir su adaptación al mismo.”

Como hemos señalado, el procedimiento de evaluación ambiental ofrece unas enormes posibilidades para la integración del cambio climático plan a plan o proyecto a proyecto. Reducir la transformación y ocupación de nuevo suelo³ y mantener los depósitos de carbono y la tasa de absorción de la vegetación y compensarla en el caso de que no sea posible. Reducir el grado de sellado del suelo incorporando vegetación (reverdecer los proyectos y los planes) para reducir los costes de adaptación a los incrementos de temperatura y capturar y utilizar el agua de lluvia son, en definitiva, objetivos para la adaptación y mitigación al cambio climático que habrá que contemplar en la concepción de planes y proyectos sometidos a evaluación ambiental.

1.4. REFERENCIAS DE INTERÉS INTRODUCIDAS CON LA MODIFICACIÓN DE 2020 DE LA LEY 13/2015, DE 30 DE MARZO, DE ORDENACIÓN TERRITORIAL Y URBANÍSTICA DE LA REGIÓN DE MURCIA

A todo este compendio de medidas, que han permitido concretar cómo deben ser los planes y proyectos de hoy para no incrementar las emisiones y la vulnerabilidad de la región en el futuro, se ha unido recientemente el Decreto-Ley n.º 3/2020, de 23 de abril, de mitigación del impacto socioeconómico del COVID-19 en el área de vivienda e infraestructuras que ha modificado la Ley 13/2015, de 30 de marzo, de ordenación territorial y urbanística de la Región de Murcia. Entre los preceptos introducidos, se pueden destacar el artículo 117.l) y 124.m, que obliga entre las determinaciones que han de contener los Planes Generales para el suelo urbano y los Planes parciales a:

“l) Introducir parámetros de ecoeficiencia con soluciones para paliar los efectos climatológicos como la utilización de pavimentos permeables como medida para evitar la impermeabilización de suelos, la resolución de la evacuación de aguas mediante redes

³ Las exigencias en cuanto a utilización del suelo son un elemento importante en la selección de alternativas y justificación de la solución adoptada. La explotación intensiva del suelo es uno de los elementos que el Anexo V de la Ley 21/2013 señala para analizar si un plan debe someterse a evaluación estratégica ordinaria. En general, en toda la documentación exigible para todo el procedimiento de evaluación ambiental, tanto de planes como de proyectos, el consumo de suelo ocupado y sellado aparece entre los contenidos de información exigibles.

separativas de pluviales y residuales, estableciendo sistemas de reutilización de aguas pluviales (economía circular), la implantación de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) en los modelos de urbanización, y Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible para aquellos suelos de especiales escorrentías (SUDs) y la adopción de medidas de economía circular, reciclaje de residuos de la construcción, eficiencia energética, etc., en todas las instalaciones urbanas”.

De la misma forma, entre los preceptos introducidos en la vigente Ley 13/2015, de 30 de marzo, de ordenación territorial y urbanística de la Región de Murcia, se pueden destacar las determinaciones que han de contener los Planes Especiales (artículo 128):

“5. Los planes especiales establecerán medidas de renaturalización de las ciudades. La rehabilitación de edificios y espacios públicos se realizará con criterios de sostenibilidad, sobre todo en entornos degradados. Se implantarán medidas contra la impermeabilización de suelos urbanos existentes mediante Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) y Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SUDs). Se fomentará la reutilización y reciclado de residuos de la construcción (RCD). Se adoptarán medidas de captación del agua de lluvia en edificios para su posterior reutilización y evitar así el vertido de agua acumulada en cubiertas a las vías públicas, para no incrementar las escorrentías en episodios de precipitación de carácter intenso. Se fomentarán las soluciones basadas en la naturaleza (SBN) en edificios, como la implementación de cubiertas vegetales siempre que sea posible”.

1.5. LA INTEGRACIÓN DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y DE ADAPTACIÓN EN EL SECTOR DE LA EDIFICACIÓN

La edificación constituye, dentro del conjunto de los llamados sectores difusos, un sector importante en la lucha contra el cambio climático, tanto durante la fase de construcción como en cuanto a las emisiones asociadas al funcionamiento de los edificios. En su fase de funcionamiento, durante los años de vida útil, los edificios son responsables de emisiones directas por consumo de combustibles fósiles (principalmente por calefacción) y, sobre todo, indirectas como consecuencia del consumo de electricidad cuyas emisiones se generan y, por tanto, estarán contabilizadas a las empresas productoras de energía eléctrica. Estas necesidades energéticas y, por tanto, las emisiones asociadas durante su vida útil, dependen, sin embargo, del tipo de edificio que se construya y de su configuración.

La Directiva Europea 2010/31/UE, que incorpora el concepto de edificio de consumo de energía casi nulo NZEB (Nearly Zero Energy Building)⁴, ya obligó a su aplicación en edificios públicos el 31 de diciembre de 2018, y en septiembre de 2020 para los edificios privados. En el año 2013, se publicó el Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.

4 “La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida por el edificio esté cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno”. Deben ser edificios sin consumo de energía de origen fósil.

En 2019, se aprobó la parte del Código Técnico de la Edificación que regula la aplicación el concepto de edificio de consumo de energía casi nulo a todos los edificios nuevos.

La evaluación ambiental permite complementar la mitigación aportada por la exigencia legal de *edificio de consumo de energía casi nulo* con medidas de reducción o compensación de las emisiones por las obras y también medidas de adaptación como cubiertas verdes, captura y utilización de agua de lluvia y aguas grises, etc. Todo ello, incorporando en las figuras de planeamiento la exigencia de que en las licencias de obras se exijan todos estos aspectos como la recogida y utilización del agua de lluvia junto a las medidas relacionadas con el bajo consumo energético, “consumo de energía casi nulo”, que ya son exigibles desde septiembre de 2020.

La integración se ha realizado en, al menos, 100 figuras de planeamiento, como planes parciales y planes especiales.

2. ELEMENTOS CLAVE DE UN PLAN O PROYECTO EN RELACIÓN CON EL CAMBIO CLIMÁTICO. CUANTIFICAR Y COMPENSAR LAS EMISIONES

2.1. CUANTIFICAR LA DESTRUCCIÓN DE SUMIDEROS

Para determinar la incidencia en el cambio climático del plan o proyecto en la fase de obras se deben contemplar, en primer lugar, las derivadas del cambio de uso del suelo de terrenos agrícola o forestal a suelo artificial (el cambio de uso del suelo va a liberar la mayor parte del carbono secuestrado en suelo y vegetación y va a suponer la pérdida de la capacidad de secuestro o remoción de carbono). En segundo lugar, debemos contemplar las emisiones por obras propiamente dichas (emisiones de maquinaria y procesos necesarios para dar lugar a la obra).

Recordemos que, como señala el documento de la Comisión Europea “Los costes ocultos del sellado del suelo”, de 2013⁵: *“La destrucción de la capa superior del suelo durante las actividades de construcción hace que libere parte de su contenido en carbono orgánico en forma de gases de efecto invernadero a causa de la mineralización.”*

En este sentido se pronuncia el Ministerio de Medio Ambiente de Francia que, en su base de datos de factores de emisión *Base Carbone*,⁶ considera que, para los cambios de usos del suelo, que transforman suelos agrícolas o forestales a suelos impermeabilizados (vías, aparcamientos o edificios), se aplicará por defecto una emisión equivalente al total del stock de carbono contenido en el suelo, considerando que como media se emiten con la transformación 290 toneladas de CO₂/ha si son forestales y 190 toneladas de CO₂/ha si son cultivos en tierras arables.

5 http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/SoilSealing-Brochure_es.pdf

6 Base Carbone 2016. Página 79

<http://bilans-ges.ademe.fr/docutheque/docs/%5BBase%20Carbone%5D%20Documentation%20g%C3%A9n%C3%A9rale%20v11.5.pdf>

La destrucción de la vegetación contenida en el suelo transformado implica que debe considerarse que se ha emitido una cantidad de CO₂ equivalente al 100% del carbono almacenado en esa vegetación. Sin embargo, en cuanto al carbono almacenado en el suelo, revisiones bibliográficas recientes, *“Sols artificialisés et processus d’artificialisation des sols : déterminants, impacts et leviers d’action”* (en ese artículo se hizo una completa revisión, en 2018, en relación con la literatura científica sobre el carbono en suelos en proceso de artificialización) nos llevan a que atribuir por defecto el 100% de pérdida de carbono del suelo a la impermeabilización como consecuencia de cualquier tipo transformación y ocupación puede no ser correcto. Dependerá del grado de alteración del suelo por excavación y movimientos de tierras y de la mineralización resultante. Por ejemplo, en labores de instalación de plantas solares que limiten su intervención a limpieza o desbroce del suelo carente de vegetación arbórea o arbustiva las pérdidas no serán mayores de un 10% como se puede extraer de la diferencia entre un suelo labrado y uno no labrado (la calculadora de huella de carbono para organizaciones del sector agrícola del Ministerio para la Transición Ecológica utiliza como factor de cambio de la existencia de carbono según la gestión el valor 1 para el laboreo tradicional y 1,10 para la ausencia de laboreo. Es decir, se estima en torno a un 10% la diferencia de contenido de carbono en un mismo suelo labrado y no labrado). En consecuencia, en muchos proyectos puede ser razonable atribuir en torno a un 10% de pérdida de carbono del suelo por impermeabilización, siempre que las tierras sobrantes se gestionen adecuadamente evitando la mineralización.

Así pues, con objeto de evaluar la pérdida de capacidad de secuestro o remoción de carbono asociada a estos cambios de uso en el suelo, así como para poder establecer posteriormente medidas de compensación, se hace necesario cuantificar el contenido de carbono orgánico que tienen esos suelos y vegetación.

Las reservas de carbono en el suelo dependen del clima y el tipo de suelo y de la gestión de las tierras como son las labores agrícolas en ellos desarrolladas durante años (labrado y aporte de estiércol). Por ello, es posible, partiendo de unos niveles de referencia medios, estimar el contenido en carbono orgánico de un suelo. Para ello, existen herramientas o métodos de estimación entre las que hay que destacar la contenida en la “Decisión de la Comisión Europea de 10 de junio de 2010, sobre directrices para calcular las reservas de carbono en suelo”⁷, basada en la Guías del IPCC para inventarios nacionales de emisiones de gases de efecto invernadero.

La Decisión permite cuantificar por un lado el carbono orgánico en suelo y por otro la reserva de carbono en la vegetación por encima y por debajo del suelo, ambos medidos como masa de carbono por hectárea. Aplicando la Decisión de la Comisión Europea de 10 de junio de 2010 a usos del suelo habituales en el centro, sur o levante de nuestro país, podemos ver que se se perderían entre 324 y 111 t de CO₂/ha al transformar cada hectárea de suelo, en función del uso al que se destinaba el suelo que se pretende transformar.

7 DECISIÓN DE LA COMISIÓN de 10 de junio de 2010 sobre directrices para calcular las reservas de carbono en suelo a efectos del anexo V de la Directiva 2009/28/CE (DOUE de 17 del 6 de 2010).

Hay métodos distintos del establecido por la Decisión de la Comisión de 10 de junio de 2010 para contabilizar el contenido en la vegetación (arbórea o matorral, pero no hortícola en el caso de la agricultura).

Si en el suelo ocupado o afectado por el proyecto o plan hay vegetación forestal, para la estimación del carbono almacenado se pueden utilizar los datos contenidos en la guía de proyectos de absorción del Ministerio para la Transición Ecológica⁸, generada en el marco del Registro Nacional de Huella de Carbono. Si se trata de vegetación agrícola, se puede utilizar la desarrollada en base a la iniciativa “lessco2” de la Región de Murcia (iniciativa para la que aportaron conocimiento la Universidad Politécnica de Cartagena, el Centro de Edafología y Biología Aplicada del Sureste CEBAS del Consejo superior de Investigaciones Científicas y el Centro de Investigaciones Agrícolas de la Comunidad Autónoma de Murcia IMIDA⁹).

En relación con la vegetación agrícola, se debe contemplar el carbono contenido en tronco, ramas principales y raíces. Un 50% de la composición de la madera es carbono. No se considera el carbono contenido en la cosecha, por ser un ciclo del carbono de muy corta duración. También, por esta razón, se considera como 0 el contenido en la vegetación de cultivos hortícolas.

La absorción producida por el crecimiento de la vegetación agrícola leñosa hasta el estado adulto es importante. A modo de ejemplo, de acuerdo con los trabajos del IMIDA, se ha estimado para el caso de cultivos de naranjos que por cada hectárea afectada se destruirían 110 t de CO₂ en forma de carbono¹⁰ (unos 400 kg de CO₂ por árbol por unos 275 árboles por hectárea) retenido en tronco, ramas y raíces principales de los árboles.

2.2. REDUCIR EL CONSUMO DE NUEVO SUELO Y EVITAR EL SELLADO E IMPERMEABILIZACIÓN

Los nuevos proyectos y los planes sometidos evaluación ambiental y las decisiones sobre los usos del suelo deben contemplar el objetivo de limitar al máximo la ocupación de nuevo suelo¹¹ (terrenos agrícolas o naturales) para transformarlos en suelos sellados (viales,

8 https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_pa_v2_tcm30-178911.pdf

9 Más información en <http://www.lessco2.es/>

También resulta interesante el siguiente anexo:

Anexo C “Especificaciones sobre el contenido y las características con que se ha de reflejar el balance de emisiones y remociones de gases de efecto invernadero. Metodología de cálculo y declaración empresarial”

http://www.lessco2.es/pdfs/anexo_c.pdf

10 Evaluación de la Fijación de Carbono en la Agricultura de la Región de Murcia. Francisco del Amor Saavedra et al. IMIDA. Páginas 93-140 del libro:

Etiquetado de carbono en las explotaciones y productos agrícolas. La Iniciativa agricultura murciana como sumidero de CO₂

http://cambioclimaticomurcia.carm.es/pdfs/libro_lessco2.pdf

Más información en <http://www.lessco2.es/>

http://www.lessco2.es/pdfs/INFORME_SUBVENCION_MAYO_12.pdf

11 En el documento estratégico de 2011 «Hoja de ruta hacia una Europa eficiente en el uso de los recursos» <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0571:FIN:ES:PDF> la Comisión Europea propone que las políticas de la UE deben tener en cuenta su impacto directo e indirecto en la ocupación del suelo, con el objetivo de que en 2050 no exista ocupación neta de suelo.

Con este objetivo, el documento desarrolla una jerarquía de medidas en tres niveles: limitar – mitigar – compensar.

1. La mejor opción: limitar el sellado del suelo a terrenos que ya fueron ocupados en el pasado, por ejemplo reutilizar los terrenos industriales abandonados.

2. Cuando no sea posible evitar la ocupación de nuevo suelo, se puede intentar dentro de los objetivos del plan o proyecto desti-

aceras, aparcamientos, edificios). La opción más ecoeficiente y de economía circular es reutilizar suelo anteriormente usado, reducir el sellado del ocupado y, cuando esto no sea posible, compensar sus efectos (incorporar el objetivo de compensar la destrucción de la capacidad de sumidero del suelo y vegetación transformados).

Ocupar menos suelo aumentando la densidad es un buen objetivo de mitigación. Se calcula que se libera tres veces más carbono al ampliar las ciudades hacia la periferia que al densificar las zonas urbanas¹².

Reducir el sellado del suelo ocupado se convierte también en un objetivo de adaptación.

Así, por ejemplo, el sellado del suelo incrementa el efecto de isla de calor urbano. Reducir el sellado, manteniendo espacios para la vegetación, contribuirá mediante la evapotranspiración y el sombreado a reducir este efecto al ser la temperatura del aire bajo un grupo de árboles 5 °C más baja que a pleno sol. Las zonas suburbanas con árboles maduros son 3 °C más frescas que las de nueva construcción¹³.

El sellado del suelo, que incrementa el daño por la torrencialidad por las precipitaciones y, sobre todo, la escasez futura de agua, hacen imprescindible el objetivo no solo de evitar el sellado, sino el objetivo de aumentar la captura y utilización del agua de lluvia, tanto a nivel de proyectos (captura del agua de lluvia sobre las cubiertas de los edificios industriales, comerciales y residenciales) como a nivel de planes. En el caso del planeamiento urbanístico, además de la captura de agua en edificios, es necesario contemplar sistemas de drenaje sostenible y medidas basadas en la naturaleza que permitan capturar y utilizar la mayor cantidad posible del agua de lluvia de viales, aceras y aparcamientos, como es el caso de jardines de agua o zonas de infiltración forzada para captura y aprovechamiento del agua.

Los espacios urbanos periféricos y de baja densidad producen, además de mayor consumo de suelo, una mayor movilidad obligada y una mayor emisión de GEI para la prestación de los servicios mínimos, que la que producen los núcleos tradicionales o “ciudad compacta”. La baja densidad supone un coste ambiental y costes económicos. En la prestación de servicios, la ciudad dispersa, formada por viviendas aisladas y adosados (baja densidad), es mucho más ineficiente que la ciudad compacta (media y alta densidad), conformada preferentemente por bloques compactos. En este mismo sentido, se pronuncia el más reciente documento estratégico del Ministerio de Fomento¹⁴ “la Agenda Urbana Española 2019”.

La localización de zonas y centros de actividad a cierta distancia de los núcleos tradicionales dan lugar a emisiones por movilidad obligada. Los proyectos de industrias y actividades

nar la mayor superficie posible a vegetación e intercalando pequeñas zonas verdes.

3. La tercera opción, “de último recurso” como señala el documento, consistiría en compensar cada sellado con una actividad de recuperación del suelo en otro lugar. En este último caso parece coherente que si no son posibles las opciones anteriores, al menos se compense la capacidad de sumidero de carbono destruida o alterada.

12 Comisión Europea. Los costes ocultos del Sellado del Suelo. Página 17

13 Comisión Europea. Los costes ocultos del Sellado del Suelo. Página 17.
http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/SoilSealing-Brochure_es.pdf

14 <https://www.fomento.gob.es/arquitectura-vivienda-y-suelo/urbanismo-y-politica-de-suelo/urbanismo-y-sostenibilidad-urbana/agenda-urbana-espanola>

generadores de movilidad deben contemplar como objetivo alcanzar o contribuir a la movilidad sostenible, en este momento una movilidad electrificada.

En consecuencia, en los casos de planes y proyectos sometidos a evaluación ambiental que supongan una importante movilidad obligada, se puede proponer incorporar en las resoluciones del procedimiento de evaluación ambiental la obligación de que los aparcamientos deberán contemplar el equipamiento para la electromovilidad.

2.3. LA HUELLA DE CARBONO ASOCIADA AL PLAN O PROYECTO. CUANTIFICAR LAS EMISIONES.

Predecir las emisiones. La asignación de la responsabilidad en las emisiones

La Ley 21/2013 señala la necesidad de "*una evaluación adecuada de la huella de carbono*" asociada al plan o proyecto.

En el caso de obras de urbanización (en ejecución del planeamiento urbanístico) o las de cualquier otro proyecto de obras sometido a evaluación de impacto ambiental, como por ejemplo las infraestructuras, las emisiones son, por un lado, las derivadas del consumo de combustibles fósiles utilizados para maquinaria y vehículos de excavación, relleno, transporte de materiales y residuos y transporte de mezclas bituminosas, hormigones y otros materiales; por otro lado, como hemos analizado en el apartado anterior las derivadas de la destrucción de sumideros de carbono (vegetación y suelo) ocupados directamente por la obra. Este aspecto tiene especial interés en proyectos de gran extensión como el de infraestructuras de transporte.

En los proyectos de actividad (industrias) son más destacables que las emisiones originadas por las obras, las emisiones generadas por el funcionamiento. Son, con frecuencia, emisiones debidas al uso de combustibles fósiles por instalaciones de combustión fijas, para las que habitualmente se utiliza el gas natural y, en menor medida, el gasoil, o bien por las flotas de vehículos asociados al proyecto (gasoil o gasolina).

Un caso particular dentro de las evaluaciones de impacto ambiental de proyectos de actividad, en cuanto a emisiones de funcionamiento, es el de las instalaciones ganaderas, donde el gas de efecto invernadero de mayor importancia es el gas metano (CH_4), con un potencial de calentamiento global¹⁵ muy superior al CO_2 . También, es el caso de la agricultura donde, con frecuencia, las emisiones de funcionamiento de mayor interés no vienen del consumo de combustible en tractores y maquinaria se deben al uso de abonos nitrogenados que generan emisiones de óxido nítrico (N_2O) un potente gas de efecto invernadero, con un potencial de calentamiento global casi trescientas veces superior al CO_2 .

La huella de carbono aplicada a un plan o proyecto representa las emisiones netas de gases de efecto invernadero (GEI) que se generarían en las obras necesarias para llevarlo a cabo o en su funcionamiento.

¹⁵ El cuarto informe del IPCC (AR4) de 2007 contempla un potencial de calentamiento global (PCG) para varios gases de efecto invernadero que ha sido corregido por el quinto informe del año 2013. De esta forma el IPPC AR4 un kg de Óxido Nítrico N_2O equivale a 298 kg de CO_2 . Un kg de Metano CH_4 equivale a 25 kg de CO_2 . En el IPPC AR5 de 2013: Un kg de Óxido Nítrico N_2O equivale a 265 kg de CO_2 . Un kg de Metano CH_4 (origen biogénico) equivale a 28 kg de CO_2

La determinación de la huella de carbono se basa en predecir las fuentes de emisión y el tipo de GEI. Los gases a considerar son los seis grupos de gases inicialmente señalados por el Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC), hexafluoruro de azufre (SF₆), junto con el trifluoruro de nitrógeno (NF₃) incorporado a finales de 2012.

Las emisiones de cada tipo de fuente a considerar son todas aquellas que puedan generar alguno de los gases señalados en el párrafo anterior. Estas emisiones son calculadas a partir de datos indirectos, como son los *“datos de actividad”*; por ejemplo litros de combustibles de origen fósil que se prevé se consumirán en la obra o en el funcionamiento. Los valores que permiten transformar estos datos de actividad en emisiones de gases de efecto invernadero se denominan *“factores de emisión”*.

La multiplicación de los datos de actividad por el factor de emisión permite calcular la cantidad emitida para cada tipo de GEI. Cuando se trata de emisiones de diferentes gases y para poder sumarlos, deben ser expresados como CO₂ equivalente (CO₂eq). La transformación a unidades de CO₂ equivalente se hace tomando como referencia el potencial de calentamiento global (*Global Warming Potential*) que tiene cada gas.

Para ayudar a determinar la responsabilidad en las emisiones, el “Protocolo de Gases de Efecto Invernadero” introdujo el concepto de “alcance”. Con la denominación de “alcance 1” se refiere a las *“emisiones directas”*; en nuestro caso: emisiones que son responsabilidad del promotor del plan o proyecto (combustibles que se consumirán, emisiones previstas de metano de una granja, emisiones de óxido nitroso por abonado nitrogenado en el funcionamiento de la agricultura, etc.); en el “alcance 2”, incluye las *“emisiones indirectas asociadas a la compra de electricidad”* (emisiones realizadas por el productor de electricidad para generar la energía eléctrica que el plan o proyecto estimamos que consumirá) y en el “alcance 3” se relacionan el resto de emisiones indirectas *“otras emisiones indirectas”* asociadas a la adquisición de materiales o servicios necesarios (realizadas por los fabricantes y transportistas (por ejemplo áridos, agua, combustibles, etc.), servicios (por ejemplo gestión de residuos externa) que se prevé sería necesario adquirir o contratar para las obras o para el funcionamiento de la actividad, plan o proyecto.

El alcance es por tanto muy importante ya que acota la responsabilidad en cuanto a la contribución al cambio climático del promotor del plan o proyecto. El alcance que tiene mayor interés desde el punto de vista de la evaluación ambiental a los efectos de plantear las posibles compensaciones de emisiones es el alcance 1.

Factores de emisión y calculadoras para consumo de combustibles y emisiones de actividades diversas

Con el fin de facilitar el cálculo de la huella de carbono para inscripción en el Registro Nacional de Huella de Carbono, el Ministerio para la Transición Ecológica publica anualmente los factores de emisión¹⁶ de combustibles tanto para instalaciones de combustión fija como para vehículos y las emisiones por consumo de electricidad en kWh, asociadas al

16 https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factores_emision_tcm30-446710.pdf

suministro de cada una de las comercializadoras que operan en nuestro país. El Ministerio ha elaborado herramientas de cálculo de las emisiones de un ayuntamiento y de una explotación agrícola¹⁷ y un apartado de información de interés¹⁸, donde se puede encontrar información relevante sobre huella de carbono.

Una fuente de información completa sobre factores de emisión aplicables a cualquier tipo de proyecto son la Guías para los inventarios nacionales de emisiones, elaboradas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Estas guías se pueden consultar en castellano¹⁹. Suponen una información muy completa organizada según 5 volúmenes:

- Volumen 1. Orientación general y generación de informes
- Volumen 2. Energía
- Volumen 3. Procesos industriales y uso de productos
- Volumen 4. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra
- Volumen 5. Desechos

También, una documentación de interés en relación con factores de emisión, que ya hemos citado, es la Base de datos desarrollada por la Agencias de la Energía y el Medio Ambiente de Francia que puede consultarse en el siguiente documento de *“Base Carbone. Documentation des facteurs d’émissions de la Base Carbone”*²⁰.

El caso particular de las obras. Factores de emisión y calculadoras para maquinaria y vehículos de obras

Una base de datos específica para factores de emisión de obras públicas de gran utilidad para cualquier obra o edificación es “HueCO2²¹”. Cuando se dispone de un proyecto de ejecución (con unidades de obra y datos concretos), se puede utilizar, la herramienta “HueCO2” para la estimación concreta de la huella de carbono que supondrá la construcción de la obra con esas partidas y esos datos.

HueCO2, “huella de carbono de la construcción de obras públicas”, es una base de datos de factores de emisión y una aplicación informática destinada al cálculo de la huella de carbono de la construcción de una obra pública en España. Creada en 2014 con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica, es considerada como Base de Datos Oficial del Ministerio para la Transición Ecológica en cuanto al cálculo de la huella de carbono de obras públicas. La base de datos HueCO2 incluye 200 factores de emisión de los que 125 corresponden a los distintos tipos de maquinaria y están expresados en horas de trabajo proyectadas para de cada tipo de máquina. En el caso del

17 <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/calculadoras.aspx>

18 https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/que_es_Registro.aspx

19 <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>

20 <http://www.bilans-ges.ademe.fr/static/documents/%5BBase%20Carbone%5D%20Documentation%20g%C3%A9n%C3%A9rale%20v11.0.pdf>

Se puede acceder a la base de datos en continua actualización a través de <http://www.bilans-ges.ademe.fr/>

21 <http://hueco2.tecniberia.es/>

transporte con vehículos propios el factor de emisión contempla toneladas por kilómetro recorrido es decir la distancia a la obra.

Aplicando los factores de emisión de la bases de datos HueCO2 a proyectos concretos de sometidos al procedimiento de evaluación ambiental hemos podido estimar las emisiones medias de alcance 1, 2 y 3 que supones las obras de construcción de edificios industriales y comerciales e infraestructuras de aparcamiento.

Hemos podido observar la escasa contribución del alcance 2 y la enorme aportación de emisiones de alcance 3 que se concitan para poder dar lugar a una obra. El alcance 3 es entre 6 y 8 veces mayor que el alcance 1 en una obra²². Esto nos permite hacernos una idea de las importantes emisiones que induce, en la fase de obras, la construcción de edificios e infraestructuras²³. Son emisiones que se producen, por ejemplo, por los fabricantes de cemento o por los fabricantes de acero estructural y cualquier otro material utilizado en la obra. Sin embargo, casi con toda probabilidad las emisiones de estos ya están sujetas a la normativa del comercio de derechos de emisión y como tal están contabilizadas y formarán parte de Inventario Nacional de Gases de efecto invernadero que marca el grado de contribución del Reino de España al cambio Climático y también el grado de cumplimiento de los compromisos de reducción de emisiones impuestos por la Unión Europea. Si exigimos algún tipo de reducción o compensación por alguna de esas emisiones de alcance 3 al promotor de las obras (que no es el fabricante de los materiales), estaríamos duplicando las responsabilidades sobre estas emisiones.

Por las razones anteriores, el alcance que tiene interés práctico desde el punto de vista de la huella de carbono en la evaluación ambiental es el alcance 1.

El caso particular de las emisiones por funcionamiento en instalaciones ganaderas. Método de cálculo del Ministerio

Un caso particular dentro de las evaluaciones de impacto ambiental de proyectos de actividad es el de las instalaciones ganaderas. Las emisiones más destacadas no son las de la fase de construcción sino las de la fase de funcionamiento. De estas, las más elevadas no derivan al consumo de combustibles de origen fósil sino que se deben la gestión de los animales y su estiércol. El gas de efecto invernadero de mayor importancia es el metano (CH₄). Como fuente de información de interés sobre agricultura, ganadería y cambio climático se puede citar la Red REMEDIA²⁴.

Como hemos señalado, las emisiones de metano que son de directa responsabilidad del promotor (alcance 1) se producen a consecuencia de la fermentación entérica y por la

22 Se puede ver más información sobre el alcance 3 por la construcción de edificios y obras, aunque referidos a Francia en la página 227 y siguientes de la Base de datos de Factores de Emisión Base Carbone <http://bilans-ges.ademe.fr/docutheque/docs/%5BBase%20Carbone%5D%20Documentation%20g%C3%A9n%C3%A9rale%20v11.5.pdf>

23 Aunque, puede si se quiere repercutir las emisiones a lo largo de 50 años de vida útil de los edificios construidos los efectos negativos se producen en el momento de su construcción ya que salvo pequeñas obras de reparación y restauración la inmensa mayoría de las emisiones se realizan en ese momento.

24 <https://redremedia.wordpress.com/>

gestión del estiércol²⁵. Además del metano, se producen emisiones de óxido nítrico (N_2O) procedentes de la transformación del nitrógeno contenido en el estiércol generado, tanto en el almacenamiento como cuando se aplica sobre el terreno agrícola. Estas últimas, si la aplicación sobre el terreno se gestiona por empresa externa (gestores de residuos), serían de alcance 3 (“otras indirectas”).

Los factores de emisión y la forma de cálculo de las emisiones de metano y óxido nítrico en granjas de porcino y de aves vienen establecidas por el Ministerio de Agricultura en el siguiente enlace:

http://www.prtr-es.es/data/images/emisiones_granjas_marm-43DC75A337B522C2.pdf

Un sencillo juego de tablas nos permite calcular las emisiones de metano y de óxido nítrico. Una vez estimadas las emisiones de metano se multiplican por 28 y tendremos CO_2 eq. De la misma forma hacemos con las emisiones de óxido nítrico que multiplicamos por 265 para tener CO_2 eq.

Las emisiones directas (alcance 1) de un proyecto de instalación ganadera será la suma de las emisiones de metano y óxido nítrico, medidos como CO_2 eq, que proceden de la fermentación entérica más la gestión del estiércol. El total de las emisiones generadas por la gestión del estiércol se computarán al alcance 1 del proyecto, si se realiza en el marco del proyecto por el promotor del proyecto. En caso contrario, como se ha señalado, serían de alcance 3.

2.4. COMPENSACIÓN DE LAS EMISIONES QUE NO PUEDEN SER REDUCIDAS

Un aspecto de interés en relación a la integración del cambio climático en la evaluación ambiental es la compensación de emisiones. En concreto, la compensación del 100% de las emisiones generadas por destrucción de la capacidad de sumidero y la compensación del 26% de las emisiones de alcance 1 por las obras y en su caso por el funcionamiento.

Reducir o compensar el 26% de las emisiones, con el horizonte 2030, tiene su origen en los compromisos vinculantes para los estados miembros que la Unión Europea comunicó a Naciones Unidas, en relación con el Acuerdo de París. Para los sectores de actividad no incluidos en el ámbito de aplicación de la normativa europea del comercio de derechos de emisión, conocidos como sectores difusos²⁶, la reducción ha sido concretada mediante Reglamento²⁷ del Parlamento Europeo y del Consejo en junio de 2018, correspondiendo a España una reducción del 26%.

25 Un 90% de las emisiones de proceso en una granja corresponden a la gestión del estiércol. Si fuera viable económicamente una planta de biogás aprovecharía este flujo de gas metano para producir electricidad y enmienda orgánica en forma de digestato. Por esta razón, es importante para este sector explorar opciones como la biodigestión para valorización energética de las importantes cantidades de metano que producen en cada granja (plantas de pequeña escala para autoconsumo como las promovidas por el proyecto europeo “biogás 3.” <http://www.biogas3.eu/esp/descripcion.html>)

26 La mayor parte de los planes y proyectos sometidos a evaluación ambiental pertenecen a los sectores de actividad conocidos como sectores difusos

27 REGLAMENTO (UE) 2018/842 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 30 de mayo de 2018 sobre reducciones anuales vinculantes de las emisiones de gases de efecto invernadero por parte de los Estados miembros entre 2021 y 2030 que contribuyan a la acción por el clima, con objeto de cumplir los compromisos contraídos en el marco del Acuerdo de París, y por el

La compensación de una tonelada de gases de efecto invernadero constituye una reducción neta de emisiones, ya que las emisiones se mezclan uniformemente en la atmósfera, por lo que las reducciones o absorciones en cualquier lugar plan o proyecto pueden cancelar las emisiones de otro lugar plan o proyecto. La dinámica atmosférica distribuye las emisiones realizadas desde cualquier punto. Lo importante es reducir la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera en su conjunto, por lo que es indiferente desde qué punto se “remueven” (se retiran) y, por tanto, son capturadas por un sumidero o desde qué punto se evitan las que se podrían producir (emisiones evitadas).

Por esta razón, la compensación se puede plantear bien mediante emisiones evitadas, o mediante el incremento o manejo de la capacidad de sumidero que consiga una absorción equivalente a la reducción de emisiones necesaria, incrementando el carbono en la vegetación o en el suelo.

Sistemas de compensación por absorción en sumideros vegetales o secuestro de carbono en el suelo.

Los árboles y cultivos agrícolas y la vegetación en general, por su capacidad fotosintética, remueven o retiran CO₂ de la atmósfera, fijándolo y almacenándolo y actuando así como sumideros. En un bosque, o en la actividad agrícola, parte del CO₂ que fija la planta queda almacenado en el suelo gracias a sus raíces o a la incorporación al suelo de restos de poda y cosecha, comportándose como un sumidero a largo plazo, mientras que el CO₂ necesario para el carbono contenido en el crecimiento del tronco, raíces y ramas principales se comporta como un sumidero a medio plazo (en el caso de árboles agrícolas como mínimo tanto como el periodo de vida del árbol, comenzando un nuevo ciclo de acumulación de carbono con el árbol que sustituye al anterior), pudiendo prolongarse si se aprovecha esta madera o en otros productos forestales como el papel). Sin embargo, el CO₂ fijado en la cosecha no se contempla a efecto de compensación, ya que se comporta como un sumidero a muy corto plazo²⁸.

Como en el caso de la determinación de la huella de carbono, en los que se utilizaban factores de emisión para multiplicar por los datos de actividad, en la compensación se utilizan factores que estiman la absorción (media anual o durante un periodo) que realiza cada especie de vegetación.

La compensación de emisiones que produce una repoblación forestal se puede estimar de forma sencilla consultando la información contenida en la “Guía para la estimación de absorciones de dióxido de carbono”²⁹ desarrollada por la Oficina Española de Cambio Climático, en el marco del Registro Nacional de Huella de carbono y Compensación de emisiones, creado por el Real Decreto 163/2014. En los cuadros finales de la guía se señala la absorción (fijación) que produciría cada unidad de una serie de especies forestales después de su crecimiento a 20, 25, 30, 35 y 40 años.

que se modifica el Reglamento (UE) 525/2013 (Diario Oficial de la Unión Europea de 19-6-2018).

28 En menos de un año ha vuelto a la atmósfera a través de la digestión de los alimentos.

29 https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guiapa_tcm30-479094.pdf

De esta forma, se pueden determinar los árboles que necesitarían para compensar una determinada cantidad de emisiones medidas como CO₂ equivalente.

Sistemas de compensación por emisiones evitadas

Uno de los posibles métodos de compensación es el de emisiones evitadas. En nuestro caso, emisiones que dejarían de producirse gracias a la actuación contemplada por el plan o proyecto sometido a evaluación ambiental.

Uno de los ejemplos clásicos de compensación por emisiones evitadas es el de las energías renovables. Las condiciones climáticas en la región y las opciones tecnológicas de las energías renovables (solar térmica o fotovoltaicas aerogeneradores eólicos, biogás, etc.), permiten que las energías renovables sean una interesante y ecoeficiente forma de compensación de emisiones.

Dentro de las energías renovables, una de las opciones de compensación mediante emisiones evitadas más utilizada es la instalación de energía solar fotovoltaica, que permita el autoconsumo de energía eléctrica. Desde la perspectiva de un proyecto, el autoconsumo puede ser una alternativa económica más ventajosa que el suministro tradicional de electricidad por suministradores externos.

Así, para producir un kWh en España se emiten como media del mix eléctrico peninsular 0,331 kg de CO₂³⁰. Cada metro cuadrado de panel para energía solar fotovoltaica produce cada año en el levante español alrededor de 270 kWh. Si aplicáramos con carácter general este factor, cada metro cuadrado de panel compensaría 89,37 kg cada año, es decir 0,09 toneladas de CO₂. Es decir 0,09 toneladas de CO₂ por metro cuadrado cada año durante al menos 25 años de vida útil.

En el procedimiento de evaluación ambiental, se están aplicando otros muchos métodos para compensación por emisiones evitadas. Por ejemplo, las emisiones evitadas por aplicación de estiércol en la agricultura (que es utilizada en los proyectos de evaluación de impacto ambiental de ganadería) cuyo aporte sustituye la necesidad de suministrar una parte del abonado nitrogenado de síntesis que, de esta forma, no es necesario fabricar ni transportar hasta los cultivos. También, en sectores dedicados a la gestión de residuos, la recuperación de recursos de los residuos genera emisiones evitadas³¹.

Una de las emisiones evitadas que a su vez es una medida de adaptación es la relacionada con el agua de suministro. En el sur y levante de nuestro país, con una creciente escasez de agua y elevadas tarifas³² de los servicios municipales de suministro, la captura y apro-

30 https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Otros%20documentos/Factores_emision_CO2.pdf

En este documento elaborado en 2016 conjuntamente por los Ministerios de Industria y Energía y el de Fomento se proponen como factor de emisión representativo del Sistema Peninsular: 331 g CO₂/kWh.

Muy parecido es el dato estimado por la Oficina Catalana de Cambio Climático para el mix eléctrico peninsular de 2018. Producir un kWh en España en 2018 supuso, como media peninsular, emitir 0,321 kg de CO₂.

31 <https://asegre.com/clasificador-de-residuos-ler/huella-de-carbono/>
https://www.tierra.org/wp-content/uploads/2016/01/compostaje_reducir_huella_carbono_estatal.pdf

32 "Tarifas 2017. Precio de los servicios de abastecimiento y saneamiento en España". Asociación Española de Empresas Gestoras de Servicios de Agua Urbana.

vechamiento del agua de lluvia es una posibilidad de compensación que debe utilizarse en los planes y proyectos sometidos a evaluación ambiental.

También, junto a los anteriores, podemos encontrar otros muchos ejemplos de reducción o compensación de emisiones en la web del Ministerio para la Transición Ecológica para los “*Proyectos Clima*”³³ y en la web de la Oficina Catalana de Cambio Climático en su programa voluntario de reducción de emisiones³⁴. En este último caso, podemos encontrar métodos y ejemplos de estimación de emisiones evitadas muy diversos³⁵. El listado de estas metodologías para la estimación de la reducción de emisiones se extiende a diversos tipos de actuaciones en sectores como el agrícola, residencial y comercial, industrial, residuos, transporte y gases fluorados³⁶.

3. PREDECIR EL CAMBIO CLIMÁTICO ESPERADO EN EL PLAZO DE VIGENCIA DEL PLAN O PROYECTO

A corto y medio plazo, las decisiones sobre planes y proyectos en España han de prestar una especial atención a la adaptación a los impactos que va dibujando el cambio climático. Nuestra situación geográfica hace que esta consideración sea de gran importancia.

El incremento general de la temperatura en todo el planeta no parece tener las mismas consecuencias en todas las regiones. El calentamiento no es homogéneo y algunas zonas están ya siendo más afectadas que otras. Este sería el caso de los países del Mediterráneo y su entorno.

En materia de adaptación, España ha sido uno de los primeros países europeos en desarrollar un Plan Nacional de adaptación. Una iniciativa destacable, en el marco del Plan Nacional de Adaptación, es la plataforma AdapteCCa, de intercambio de información sobre impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la que ya hemos hablado en el apartado 1.2.

Las políticas de adaptación y preparación para el cambio climático han de ser modeladas en función de las circunstancias del tipo de actividad económica y localización. Por tanto, es importante considerarlas a nivel de plan o proyecto. El procedimiento de evaluación ambiental debe desempeñar un importante papel en este sentido.

33 <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/proyectos-clima/default.aspx>

34 http://web.gencat.cat/web/shared/OVT/Departaments/TES/A_Qualitat_ambiental_TES/Documents/20467_Manual_suport_promotors_compradors_credits_GEH.pdf

35 <http://web.gencat.cat/es/tramits/tramits-temes/Programa-voluntari-de-compensacio-demissions-de-gasos-amb-efecte-hivernacle?category=&moda=1>

Actuaciones de implementación de energías renovables (reducción de emisiones de GEI sustituyendo tecnología que funciona con fuentes no renovables por energías renovables). -Actuaciones de movilidad eléctrica (reducción de emisiones de GEI por la sustitución de vehículos de combustión por vehículos eléctricos o por bicicletas y triciclos eléctricos). -Actuaciones de evitar el desperdicio alimentario (reducción de emisiones de GEI que supone evitar que los excedentes alimentarios se derrochen y se tengan que gestionar como un residuo). -Gestión de fertilizantes en suelos agrícolas (actuación de optimización de la cantidad de fertilizante nitrogenado aplicado a los suelos agrícolas)

36 <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/fondo-carbono/metodologias.aspx>

Escenarios de clima futuros

Para poder tomar decisiones sobre las medidas de adaptación que deben incorporarse en la evaluación ambiental de un plan o proyecto, el primer paso debe ser recabar información sobre los principales cambios que se esperan en las variables climáticas y elementos como la subida del nivel del mar. Ante los previsibles escenarios, el Plan Nacional de adaptación ha ido generando números trabajos que señalan las medidas que, con el conocimiento actual, serían adecuadas para preparar la adaptación a los impactos. En función de este conocimiento, se pueden estudiar medidas específicas orientadas a la Adaptación.

La consulta de escenarios de clima futuro se puede hacer accediendo al “visor de Escenarios” de la web <http://adaptecca.es>. Este “visor de Escenarios” es una aplicación diseñada por la Agencia Estatal de Meteorología siguiendo técnicas de regionalización estadística. Permite visualizar predicciones por región, cuenca hidrográfica y municipio o para un área territorial concreta con la opción “dibujar área”. Con esta última opción, los proyectistas y redactores de documentos ambientales para el procedimiento de evaluación ambiental van a poder dibujar el área del plan o proyecto y visualizar las condiciones futuras de clima.

La aplicación permite mostrar, además, gráficos y mapas de ámbito regional y municipal. En estos se comparan los resultados históricos (medidas reales del periodo 1961-2000) con la evolución futura para cualquiera de los nueve grupos de variables meteorológicas señaladas anteriormente.

El visor permite trabajar con dos (RCP 4.5 y RCP8.5) de los cuatro escenarios de emisión establecidos en el Quinto Informe del IPCC. Son las denominadas Sendas Representativas de Concentración (RCP, por sus siglas en inglés): RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 y RCP8.5. Estas se identifican por su forzamiento radiativo total (energía que llega a la tierra) para el año 2100, que originaría un determinado esfuerzo internacional de reducción de emisiones y que varía desde 2,6 a 8,5 vatios/m².

La información aportada por “visor de Escenarios” puede ser también complementada, para la variable “precipitaciones”, dentro de la plataforma Adaptecca a través del “visor de recursos hídricos”³⁷.

El visor de recursos hídricos está alimentado con la información de base que sirvió para dar lugar al último trabajo en el marco del Plan Nacional de Adaptación, elaborado por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas CEDEX³⁸. Se pueden obtener mapas para cualquier zona del país. La resolución espacial de los mapas es de cuadrículas de 1 kilómetro x1 kilómetro. Los periodos son 1970-2000 o periodo de control y los periodos para escenarios 2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100.

Entre los factores que condicionan la temperatura resultante en las ciudades destaca el conocido “efecto de isla de calor urbano” (UHI, en sus siglas en inglés), que se produce en las áreas edificadas respecto de la periferia. Los materiales artificiales (especialmente el asfalto y los edificios), que capturan la energía del sol, casi como cuerpos negros y con su elevada

37 <https://www.adaptecca.es/cambio-climatico-y-recursos-hidricos-en-espana-aplicacion-camrec>

38 <https://www.adaptecca.es/recursos/buscador/evaluacion-del-impacto-del-cambio-climatico-en-los-recursos-hidricos-y-sequias-en>

inercia térmica, son una de las principales causas de una temperatura más elevada durante las noches y el lento enfriamiento. Por esta razón, es necesario tener en cuenta en la concepción de los planes y proyectos, sobre todo los urbanísticos, este posible incremento adicional por el efecto UHI, especialmente ante episodios extremos como las olas de calor.

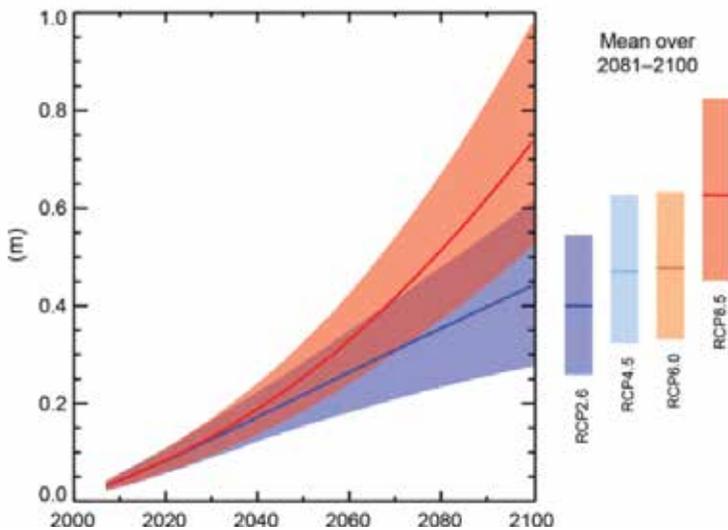
Predicción sobre el aumento de del nivel del mar y de la inundabilidad

El cambio climático es responsable del aumento del nivel del mar³⁹. La subida del nivel medio del mar afectará a planes y proyectos a desarrollar en lugares muy concretos de la costa, en los que habrá que contemplar unos niveles de inundación permanente. También, se deberían contemplar los daños por la inundación ocasional.

En la actualidad, el mar sube en nuestras costas medio centímetro cada año, como nos indican los mareógrafos de la Red de Puertos del Estado.

Mareógrafo. Puerto de:	Tendencia cm/año	Años considerados
Barcelona	0,631	30
Valencia	0,55	30

El IPCC de Naciones Unidas prevé, en su Quinto informe, una subida del nivel medio del mar de hasta 98 centímetros para finales de este siglo.



Previsiones de aumento del nivel medio del mar. Fuente: Quinto Informe del IPCC, de septiembre de 2013. (Documento del grupo de trabajo I, GTI: Bases físicas, publicado el 27 de septiembre de 2013). Página 26 https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf

39 Una de las dos causas más importantes que dan lugar al incremento del nivel medio del mar es la temperatura del agua. El agua al estar más caliente ocupa mayor volumen. La otra gran causa es la aportación de los deshielos de glaciares y casquetes polares situados sobre los continentes

Trabajos recientes, partiendo de los modelos utilizados por el IPCC de 2013 de la Universidad de Hamburgo y diversas adaptaciones a las características del mar Mediterráneo⁴⁰, contemplan que el nivel medio del mar en el levante español se situaría, en 2050, entre 58 y 60 centímetros y, para finales de este siglo, entre 83 y 104 centímetros, sobre el nivel de referencia para los instrumentos topográficos. Es decir, un incremento sobre la altura actual de entre 33 y 35 para 2050 y de entre 58 y 79 para 2099.

El ascenso del nivel del mar amplifica el efecto de los temporales. Por esta razón, para la caracterización de la cota de inundación como nivel máximo del mar (no permanente), para un determinado proyecto, se debe estudiar la aportación adicional que hace el oleaje o la marea astronómica y la meteorológica y la probabilidad de que estos coincidan⁴¹, en su opción más desfavorable, para el conjunto de los años horizonte.

El Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Suelo, en su artículo 22⁴², establece que el informe de sostenibilidad ambiental de los instrumentos de ordenación de actuaciones de urbanización deberá incluir un mapa de riesgos naturales del ámbito objeto de ordenación. Uno de los riesgos naturales más importantes que considerar es el de inundabilidad relacionada con el cambio climático. Esta interpretación ha sido recogida por el proyecto de Ley de Cambio Climático y Transición Energética.

El Real Decreto 903/2010⁴³ ha regulado la evaluación y gestión de riesgos de inundación, incluyendo los derivados del cambio climático⁴⁴. Asimismo, se ha elaborado información con mapas que muestran las zonas inundables. La información de mapas de inundaciones abarca tanto la de origen fluvial como la de origen marino.

40 Universitat de les Illes Balears

Estudio del aumento del nivel medio del mar y de los extremos marinos sobre las costas de Águilas y Cartagena considerando la información generada por los mareógrafos de Cartagena y Alicante. Marta Marcos, Juan M. Sayol y Ángel Amores. Julio de 2018.

41 Dado que la marea astronómica, meteorológica y el incremento del nivel medio del mar inducido por el cambio climático no pueden considerarse independientes entre sí, existiendo una elevada correlación estadística entre ellos, ha optado por sumar los efectos correspondientes.

42 Artículo 22. *Evaluación y seguimiento de la sostenibilidad del desarrollo urbano, y garantía de la viabilidad técnica y económica de las actuaciones sobre el medio urbano.*

1. Los instrumentos de ordenación territorial y urbanística están sometidos a evaluación ambiental de conformidad con lo previsto en la legislación de evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente y en este artículo, sin perjuicio de la evaluación de impacto ambiental de los proyectos que se requieran para su ejecución, en su caso.

2. El informe de sostenibilidad ambiental de los instrumentos de ordenación de actuaciones de urbanización deberá incluir un mapa de riesgos naturales del ámbito objeto de ordenación.

43 <https://www.boe.es/eli/es/rd/2010/07/09/903/con>

44 El Real Decreto 903/2010, concreta la obligación de considerar el cambio climático en la evaluación preliminar del riesgo de inundación en el artículo 6d y 6e. Presta especial atención a la integración del cambio climático en el caso del riesgo sobre las zonas costeras. En concreto en los artículos 7.3, 8c y 21.4.

CAPÍTULO Nº 14

ACUERDOS VOLUNTARIOS PARA LA MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO. DIEZ ELEMENTOS BÁSICOS QUE CONSIDERAR

Francisco Victoria Jumilla

Jefe del Servicio de Fomento del Medio Ambiente y Cambio Climático

Comunidad Autónoma de la Región de Murcia

Manuel Martínez Balbi

Técnico Responsable. Servicio de Fomento del Medio Ambiente y Cambio Climático

Comunidad Autónoma de la Región de Murcia

En la Región de Murcia, la Estrategia Regional de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático (en adelante: la Estrategia), aprobada por acuerdo de Consejo de Gobierno el 11 de junio de 2020, establece el doble objetivo de mitigación¹ y adaptación² y, en concreto, el de reducir las emisiones de los sectores de nuestra economía no obligados al comercio de derechos de emisión, en coherencia con las obligaciones impuestas por la Unión Europea, en un 26%, en el horizonte de 2030, y de adaptar nuestra región a las nuevas condiciones que impone el cambio climático de la forma más ecoeficiente y rentable posible.

Para alcanzar estos objetivos, la Estrategia, en su apartado 4, desarrolla quince grandes líneas de actuación. La línea número 2, titulada “*impulsar acuerdos ambientales (acuerdos voluntarios) para la adaptación y mitigación*” propone utilizar la figura del acuerdo ambiental para fomentar la asunción voluntaria de compromisos de reducción de emisiones. Señala que “*mediante estos Acuerdos Ambientales, las organizaciones que se adhieren se comprometen a estimar sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de directa responsabilidad, es decir el denominado alcance 1 de su huella de carbono, y establecer medidas para reducirlas en un 26% de aquí al año 2030 y compensar aquellas que no pueden ser reducidas.*”

Los acuerdos ambientales, en la línea marcada por la Estrategia, son el marco y la herramienta ideal para que las grandes empresas de la región desarrollen, con carácter voluntario, un ejercicio de responsabilidad social corporativa con horizonte en la mitigación y adaptación al cambio climático y con el fin de que la sociedad pueda visualizar el esfuerzo ambiental realizado.

1 Mitigación: en el contexto del cambio climático, se refiere reducir las emisiones o incrementar los sumideros de gases de efecto invernadero. El objetivo de la mitigación es reducir el efecto invernadero para mantener el aumento de la temperatura media mundial, con arreglo a lo dispuesto en el Acuerdo de París.

2 Adaptación: proceso de ajuste al clima real o proyectado y a sus efectos. La adaptación trata de moderar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas.

En este capítulo, gracias a la habilitación legal de la Ley 4/2009, de acuerdo con la Estrategia Regional de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático, así como con la Declaración de Emergencia Climática, hemos querido analizar los elementos clave que deberían considerarse a la hora de impulsar una política de acuerdos voluntarios. Nos hemos centrado en nuestro análisis en los diez elementos que creemos más importantes.

1. LOS ACUERDOS VOLUNTARIOS EN LA VIGENTE LEY 4/2009, DE 14 DE MAYO, DE PROTECCIÓN AMBIENTAL INTEGRADA

Los Acuerdos Voluntarios han permitido, en el pasado en esta Región,³ experiencias de éxito fomentando la responsabilidad social con el medio ambiente y están regulados en la vigente Ley 4/2009, de 14 de mayo, de protección ambiental integrada, en sus artículos 112 y 120 del TÍTULO VI “*Fomento del Medio Ambiente y lucha frente al cambio climático*”. El contenido de estos artículos 112 y 120 constituye un excelente marco regulador⁴ para la puesta en marcha de los acuerdos a los que se refiere la línea estratégica n.º 2.

Los Acuerdos ambientales son definidos por la Ley 4/2009, donde se concretan sus características básicas⁵, señalando entre otras, que “*tendrán fuerza ejecutiva entre las partes que los suscriban, y serán públicos*”. Además, específicamente en relación con su aplicación al cambio climático, el artículo 120 “*Impulso de acuerdos voluntarios para incentivar la reducción y compensación de emisiones*” establece que:

1. *La Consejería competente en materia de medio ambiente incentivará la reducción voluntaria de emisiones de gases de efecto invernadero de aquellos sectores de ac-*

3 http://cambioclimaticomurcia.carm.es/index.php?option=com_k2&view=item&task=download&id=9_41f945b4edfb2b6ced-fe7a2eb2888eff&Itemid=138

http://cambioclimaticomurcia.carm.es/pdfs/rsco2/iniciativa_rsco2_borm.pdf

http://www.lescco2.es/pdfs/ORDEN_LESSCO2.pdf

4 El Artículo 112. “*Acuerdos voluntarios. Registro de compromisos voluntarios de responsabilidad ambiental*” señala en su apartado 1 que:

1. *La Consejería competente en materia de medio ambiente promoverá la celebración de acuerdos con los agentes económicos, profesionales y sociales de la Región, que tengan por objeto la adopción de medidas de ecoeficiencia y sostenibilidad ambiental o la reducción de la carga contaminante emitida, más allá de los límites exigidos por la legislación vigente.*

Por otro lado, en el apartado 2 y 3 del Artículo 112 concreta su alcance

2. *Los acuerdos voluntarios tendrán fuerza ejecutiva entre las partes que los suscriban, y serán públicos. Los resultados del cumplimiento de estos acuerdos serán objeto de publicidad y de seguimiento periódico por la Consejería con competencias en materia de medio ambiente.*

3. *La Consejería con competencias en materia de medio ambiente creará un registro público de compromisos voluntarios de responsabilidad ambiental, y promoverá que los esfuerzos realizados alcancen reconocimiento social, y procuren, en su caso, ventajas competitivas para quienes los asumen.*

5 Acuerdo Voluntario: de acuerdo con el Artículo 112, apartado 1, de la Ley 4/2009 de Protección ambiental integrada de la Región de Murcia, se puede definir como “*la celebración de acuerdos con los agentes económicos, profesionales y sociales de la Región, que tengan por objeto la adopción de medidas de ecoeficiencia y sostenibilidad ambiental o la reducción de la carga contaminante emitida, más allá de los límites exigidos por la legislación vigente*”.

El apartado 2 y 3 del Artículo 112 concreta su alcance, señalando que:

2. *Los acuerdos voluntarios tendrán fuerza ejecutiva entre las partes que los suscriban, y serán públicos. Los resultados del cumplimiento de estos acuerdos serán objeto de publicidad y de seguimiento periódico por la Consejería con competencias en materia de medio ambiente.*

3. *La Consejería con competencias en materia de medio ambiente creará un registro público de compromisos voluntarios de responsabilidad ambiental, y promoverá que los esfuerzos realizados alcancen reconocimiento social, y procuren, en su caso, ventajas competitivas para quienes los asumen.*

tividad no sometidos a autorización de emisión de gases de efecto invernadero, de conformidad con lo previsto en la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero.

2. *La Consejería competente en materia de medio ambiente impulsará la compensación voluntaria de las emisiones que no hayan podido ser reducidas y fomentará el patrocinio y el mecenazgo en relación con el cambio climático.*

El artículo 120 orienta los acuerdos voluntarios a *“aquellos sectores de actividad no sometidos a autorización de emisión de gases de efecto invernadero,”* conocidos como sectores difusos⁶.

2. COMPENSACIÓN DE LAS EMISIONES QUE NO PUEDAN REDUCIRSE

Un elemento que destacar del artículo 120 es que señala la compensación de emisiones⁷ como mecanismo para neutralizar aquellas contribuciones en emisiones que no hayan podido reducirse.

La Ley convierte, de esta forma, la compensación voluntaria de emisiones en el elemento que hace posible reducir o anular la contribución al cambio climático. Para muchas organizaciones, la reducción de emisiones tiene, a veces, límites tecnológicos que no dependen de ellas. Pensemos, por ejemplo, en el transporte de mercancías, donde la electrificación de los vehículos de gran tonelaje no es posible por ahora. En estas circunstancias, la opción de la compensación de emisiones es la clave para neutralizar o anular una parte de su contribución al cambio climático.

En el amplio marco de la compensación, hay multitud de posibles opciones y multitud de tipos de proyectos o actividades, a través de los que se conseguiría esta compensación. Las grandes opciones de compensación⁸ se centran o bien en conseguir emisiones evitadas o bien en incrementar o manejar de la capacidad de sumidero en la vegetación⁹ o en el suelo.

6 Sectores difusos: sectores de actividades no incluidas en el ámbito de aplicación de la normativa europea del comercio de derechos de emisión, tales como transporte (excepto aviación), edificación, industria alimentaria, comercio, agricultura, ganadería, etc.

7 La compensación de una tonelada de gases de efecto invernadero constituye una reducción neta de emisiones, ya que las emisiones se mezclan uniformemente en la atmósfera, por lo que las reducciones o absorciones en cualquier lugar y desde cualquier actividad pueden cancelar las emisiones de otro lugar y actividad. La dinámica atmosférica distribuye las emisiones realizadas desde cualquier punto. Lo importante es reducir la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera en su conjunto, por lo que es indiferente desde qué punto se “remueven” (se retiran) y, por tanto, son capturadas por un sumidero o desde qué punto se evitan las que se podrían producir (emisiones evitadas).

8 La compensación puede realizarse a través de cualquier actividad que consiga que el CO₂ sea capturado por un sumidero o que consiga evitar las emisiones de cualquier gas de efecto invernadero que se podrían producir (emisiones evitadas). Compensación de emisiones mediante emisiones evitadas. Cuando hacemos disminuir nuestras emisiones de alcance 1 mediante acciones en nuestra empresa o explotación, estamos hablando de “reducción de emisiones”. Cuando conseguimos que otros reduzcan o eviten sus emisiones, estas últimas se convierten en opciones de compensación para nosotros.

9 E incluso en la vegetación marina. Por ejemplo, las posibilidades de almacenamiento de las praderas de fanerógamas marinas como *Posidonia oceanica*. O bien el cultivo y utilización de algas.

En esta tarea de definición de las opciones de compensación y de determinación de los correspondientes factores para calcular, de forma sencilla, su capacidad de neutralizar las emisiones¹⁰, corresponderá un papel determinante al departamento de la Administración Regional responsable en materia de cambio climático. Las medidas para reducir o compensar las emisiones, siempre que sea posible, deben estar basadas en la ecoeficiencia¹¹. Es decir, además de ambientalmente correctas deben ser económica y socialmente favorables para quien las emprende o para el conjunto de la economía y la sociedad.

3. COMPENSACIÓN DE EMISIONES BASADA EN ACCIONES O PROYECTOS DE CARÁCTER DOMÉSTICO

Cualquiera de estas opciones o formas de compensación de emisiones, si se realizan en el ámbito territorial y económico concreto (lo que podríamos llamar acciones o proyectos domésticos de compensación¹²), son una oportunidad para contribuir a la reactivación del empleo en el mundo rural, en el caso de proyectos de compensación por absorción en sumideros. También serán de gran interés para otras empresas y sectores de actividad si la compensación se plantea a base de emisiones evitadas.

En definitiva, un sistema de compensación basado en acciones o proyectos de carácter doméstico, además de neutralizar de manera eficiente las emisiones que no se han podido reducir, ayuda a ahorrar y aprovechar los recursos económicos de un territorio y a generar empleo y actividad económica y beneficios para la sociedad.

Así, son fácilmente identificables las economías que se generan y los beneficios que obtiene la sociedad, cuando las opciones de compensación están basadas en energías renovables, en la captura y aprovechamiento del agua de lluvia o en la reutilización de recursos (economía circular). En el caso de compensación mediante incremento de la capacidad de sumidero, hay que resaltar, como beneficios sociales, los denominados servicios ecosistémicos (reducción de daños por inundaciones, erosión y pérdida de suelos, captura de agua y recarga de acuíferos, mejora de la calidad del aire, etc.).

En este último caso, cuando las opciones de compensación se plantean a través de la reforestación, suele haber un factor limitante, que es la disponibilidad de suelo. Por ello, colaborar en proyectos forestales realizados por la Administración Regional en montes públicos y de utilidad pública es una buena opción. En este sentido, es necesario que los acuerdos voluntarios posibiliten esta colaboración de forma sencilla a través la aportación

10 En concreto, la compensación del 26% de las emisiones de alcance 1 por el funcionamiento anual de la empresa u organización en una determinada instalación o lugar de actividad.

11 Ecoeficiencia aplicada a la mitigación y adaptación está basada en medidas que permiten logran una eficiencia económica asociada a una eficiencia ambiental. Una acción es ecoeficiente si, además de ambientalmente favorable, es ventajosa económicamente.

12 La compensación puede realizarse desde cualquier lugar siempre que contribuya a reducir la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, por lo que es indiferente desde qué punto y de qué forma se realiza. Sin embargo, un sistema de compensación basado en acciones o proyectos de carácter doméstico puede aprovechar los recursos económicos para ayudar a la economía local. Por esta razón, los proyectos y las acciones que permitan compensar emisiones en el marco de un acuerdo voluntario deben desarrollarse íntegramente en la Región de Murcia, lo que permite que la compensación sea verificable y certificable por la Administración ambiental regional.

económica que corresponda a los costes que en proyectos forestales suponga la cantidad de emisiones que la entidad interesada necesita compensar.

En consecuencia, por los beneficios económicos y sociales que genera la compensación de emisiones y por las evidentes limitaciones de competencia territorial para que puedan certificarse por la Administración Regional, los proyectos y las acciones que permitan compensar emisiones deberán desarrollarse íntegramente en la Región de Murcia.

4. OBJETIVO REDUCIR O COMPENSAR EL 26% DE LAS EMISIONES AL AÑO 2030

El objetivo de la Estrategia, de reducir o compensar el 26% de las emisiones al año 2030, debe ser uno de los compromisos centrales del o de los acuerdos voluntarios. Este límite cuantitativo tiene su origen en los compromisos vinculantes para los estados miembros que la Unión Europea comunicó ante el Acuerdo de París¹³.

Para cumplir con el Acuerdo de París, 187 países presentaron sus propuestas de reducción o contribución. La contribución de la Unión Europea fue presentada el 6 de marzo de 2015¹⁴. El compromiso señala que *“la UE cumplirá colectivamente el objetivo de la manera más eficaz posible en términos de coste, con reducciones en los sectores sujetos y no sujetos al régimen de comercio de derechos de emisión del 43% y del 30%, respectivamente, en 2030 en comparación con 2005.”* La distribución del esfuerzo para los diferentes Estados miembros, en cuanto a los sectores difusos¹⁵, ha sido concretada mediante Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo en junio de 2018, correspondiendo a España¹⁶ una reducción del 26%.

En consecuencia, el objetivo mínimo de reducción o compensación de emisiones a que debe comprometerse la adhesión en un acuerdo voluntario es, de cara a 2030, del 26% de las emisiones de directa responsabilidad o alcance 1 de la huella de carbono.

De forma adicional y al margen de este objetivo mínimo, las empresas pueden plantearse conseguir en un determinado periodo de tiempo la neutralidad climática. Esto es, reducir a cero o compensar al 100% las emisiones de alcance 1. Este es un objetivo ambicioso, que la Unión Europea va a establecer como obligatorio para 2050¹⁷ y al que se ha comprometido el Gobierno español y, más recientemente, la Comunidad Autónoma de la Región

13 Acuerdo de París. Acuerdo alcanzado bajo la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático en diciembre de 2015 en París. El Acuerdo de París insta a realizar todas las acciones de mitigación necesarias para “mantener el aumento de la temperatura media global por debajo de 2 °C respecto a los niveles preindustriales y hacer esfuerzos para limitarlo a 1,5 °C”. El Acuerdo de París ha sustituido al protocolo de Kioto en diciembre de 2020.

14 Intended Nationally Determined Contribution of the EU and its Member States. Riga, 6 March 2015 <https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/European%20Union%20First/LV-03-06-EU%20INDC.pdf>

15 Emisiones procedentes de actividades, obras, infraestructuras, no incluidas en el ámbito del comercio europeo de derechos de emisión, tales como transporte, edificación, industria alimentaria, comercio, agricultura, etc.

16 REGLAMENTO (UE) 2018/842 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 30 de mayo de 2018 sobre reducciones anuales vinculantes de las emisiones de gases de efecto invernadero por parte de los Estados miembros entre 2021 y 2030 que contribuyan a la acción por el clima, con objeto de cumplir los compromisos contraídos en el marco del Acuerdo de París, y por el que se modifica el Reglamento (UE) 525/2013 (Diario Oficial de la Unión Europea de 19-6-2018).

17 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020PC0080&from=EN>

de Murcia, en su “Declaración Institucional de Emergencia Climática”¹⁸, aprobada por acuerdo de Consejo de gobierno el 4 de junio de 2020.

El objetivo de neutralidad climática para 2050 se llevará a cabo a través del Reglamento Europeo denominado “Ley Europea del Clima.” Para alcanzar progresivamente esa cifra, la Unión Europea está revisando al alza los objetivos de reducción a 2030. En septiembre de 2020, la Comisión Europea ha propuesto para 2030 una reducción del 55%.

5. CENTRAR LOS ESFUERZOS EN LAS EMISIONES DE ALCANCE 1 DE LA HUELLA DE CARBONO

La huella de carbono¹⁹ es el instrumento que nos permite calcular cuál es la contribución, en emisiones de gases de efecto invernadero medidos como CO₂ equivalente²⁰, de una empresa u organización para proponer, en su caso, el tipo y la forma de llevar a cabo la reducción y/o la compensación de emisiones que proceda. Para la delimitación de responsabilidades por las emisiones, la huella de carbono utiliza el concepto de “alcance”²¹.

18 [Emergencia Climatica Ambiental-declaracion_institucional_COPIA.pdf](#)

19 Huella de carbono: la huella de carbono, contabilidad de emisiones o inventario de emisiones, aplicada a una organización, representa las emisiones netas de gases de efecto invernadero, expresadas como CO₂ equivalente, que se generan durante el periodo de un año para mantener su actividad (a efectos de este acuerdo voluntario, se utilizará la correspondiente al año 2019).

20 Gases de Efecto Invernadero (GEI): gases que en la atmósfera absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de ondas, provocando un incremento de la temperatura (efecto invernadero). Son los incluidos en el Protocolo de Kioto y que se reflejan en el Anexo I del Reglamento (UE) 525/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2013, a saber: Dióxido de carbono (CO₂). Metano (CH₄). Óxido nitroso (N₂O). Hidrofluorocarbonos (HFC). Perfluorocarbonos (PFC). Hexafluoruro de azufre (SF₆).

CO₂ equivalente (CO₂ eq). Medida normalizada de la contribución de un gas al efecto invernadero basada en su potencial de calentamiento global, tomando como referencia el CO₂, al que se asigna el valor 1. Resulta de transformar el efecto de cada GEI en la cantidad de CO₂ que tendría un efecto equivalente.

La equivalencia, de acuerdo con el V Informe del Panel Intergubernamental de Naciones Unidas (IPCC) para los gases más comunes, es la siguiente:

1	Dióxido de carbono (CO ₂)
30	Metano (CH ₄) de origen fósil
28	Metano (CH ₄) de origen biogénico
265	Óxido nitroso (N ₂ O)

21 Emisiones de “alcance 1.” El concepto de “alcance 1, 2 y 3” se introduce en la terminología utilizada para el cálculo y comunicación de la huella de carbono para identificar la responsabilidad en la contribución al cambio climático. Con la denominación de “alcance 1”, también denominado “emisiones directas”, nos referimos a las emisiones que son responsabilidad de la empresa. En este caso, la empresa u organización firmante o adherida a un acuerdo voluntario. Son emisiones sobre las que tiene control y capacidad de decisión (combustibles que se han consumido, carburantes consumidos por los vehículos de la empresa, emisiones de metano de una granja, emisiones de óxido nitroso por abonado nitrogenado en el funcionamiento de la agricultura y las posibles fugas de gases de efecto invernadero, como son los gases fluorados.).

Por otra parte, en el “alcance 2”, se incluyen las “emisiones indirectas asociadas a la compra de electricidad” (emisiones realizadas por el productor de electricidad para generar la energía eléctrica que es suministrada).

En el “alcance 3” se relacionan el resto de emisiones indirectas “otras emisiones indirectas” asociadas a la adquisición de materiales o servicios necesarios (realizadas por los fabricantes y transportistas (por ejemplo áridos, agua, combustibles, etc.), servicios (por ejemplo gestión de residuos externa), que es necesario adquirir o contratar para el funcionamiento de la actividad.

En conclusión, las emisiones de alcance 2 y 3, conocidas como emisiones indirectas, no se deben aplicar a acuerdos voluntarios que tengan por objetivo reducir la contribución al cambio climático (las emisiones de alcance 2 y 3 son las emisiones que otros realizan para que la empresa u organización pueda disponer de la electricidad, materias primas y servicios que necesita). El alcance que tiene interés a los efectos de identificar la responsabilidad, evitar la doble contabilidad y plantear las posibles compensaciones de emisiones es el alcance 1.

El “alcance 1” se refiere a las “emisiones directas”, emisiones que son responsabilidad de la empresa u organización como son las emisiones de CO₂ por uso de combustibles fósiles que se consumen tanto por instalaciones fijas, como por los vehículos de titularidad de la empresa, las emisiones de metano en el caso de una granja (por gestión del estiércol y por fermentación entérica), las emisiones de óxido nitroso por abonado nitrogenado en el funcionamiento de la agricultura, etc.

Las emisiones de funcionamiento son, con frecuencia, emisiones debidas al uso de combustibles fósiles por instalaciones de combustión fijas, para las que habitualmente se utiliza el gas natural y, en menor medida, el gasóleo, o bien por las flotas de vehículos asociados a la actividad (gasóleo o gasolina). En este último caso, destacan las empresas de logística y transporte de mercancías²², al producir algunas de ellas emisiones anuales de alcance 1 del orden de 30.000 o 40.000 toneladas de CO₂ equivalente.

En muchas actividades, las emisiones se centran en GEI diferentes del CO₂, como ocurre con las instalaciones de gestión de residuos y depuración de aguas o las instalaciones ganaderas. En estas últimas, el gas de efecto invernadero de mayor importancia es el gas metano generado por los propios animales y por la gestión del estiércol. El metano (CH₄) tiene un potencial de calentamiento global²³ muy superior al del CO₂. Esto también ocurre en la agricultura donde, con frecuencia, las emisiones de funcionamiento de mayor interés no vienen del consumo de combustible en tractores y maquinaria, sino que se deben al uso de abonos nitrogenados que generan emisiones de óxido nitroso (N₂O), un potente gas de efecto invernadero, que posee un potencial de calentamiento global casi trescientas veces superior al del CO₂.

En el caso de empresas de obras públicas o de edificación (sector de la construcción), las emisiones de directa responsabilidad son las derivadas del consumo de combustibles fósiles utilizados para maquinaria y vehículos de excavación, relleno, transporte de materiales y residuos y transporte de mezclas bituminosas, hormigones y otros materiales, para las obras realizadas durante un año.

El concepto de “alcance” permite acotar la responsabilidad en cuanto a la contribución al cambio climático de la empresa u organización firmante del acuerdo voluntario. El alcance que tiene interés a los efectos de plantear las posibles compensaciones de emisiones es el alcance 1, ya que es el que tiene reflejo en la cuenta de resultados de la contribución de la economía regional (inventario de gases de efecto invernadero) y evitamos así la injusta doble contabilidad, identificando claramente a los responsables de la contribución²⁴.

22 La Región se sitúa a la cabeza del sector del transporte de mercancías por carretera en España con una de las mayores flotas de camiones y otros vehículos industriales.

23 El cuarto informe del IPCC (AR4) de 2007 contempla un potencial de calentamiento global (PCG) para varios gases de efecto invernadero que ha sido corregido por el quinto informe del año 2013. De esta forma el AR4 un kg de Óxido Nitroso N₂O equivale a 298 kg de CO₂. Un kg de Metano CH₄ equivale a 25 kg de CO₂. En el IPCC AR5 de 2013: Un kg de Óxido Nitroso N₂O equivale a 265 kg de CO₂. Un kg de Metano CH₄ (origen biogénico) equivale a 28 kg de CO₂

24 El objetivo de contemplar solo las emisiones de alcance 1 es además de acotar la responsabilidad de cada empresa evitar la doble contabilidad de emisiones. Pensemos por ejemplo que entre las emisiones de alcance 1 que realiza una empresa constructora debemos incluir las generadas por el consumo de combustibles fósiles por la maquinaria pero no las emisiones necesarias para fabricar los materiales de construcción (por ejemplo material cerámico, cemento etc.). Estas últimas por fabricación de

6. CONDICIONES PARA QUE REDUCCIONES O COMPENSACIONES PUEDAN SER ACEPTADAS COMO TALES

En base a lo expuesto en los apartados anteriores, en el caso de acciones o proyectos que supongan emisiones evitadas, para que puedan ser computadas como reducciones o compensaciones, deberán provenir de emisiones de alcance 1 de cualquiera de los gases de efecto invernadero y que cumplan con las condiciones siguientes:

- a) Deberán contribuir a reducciones que tengan reflejo en el Inventario de Gases de Efecto Invernadero de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, es decir deberán haberse realizado en el ámbito de la Región de Murcia.
- b) No procederán de emisiones incluidas en la normativa del comercio de derechos de emisión en instalaciones sujetas, con el objeto de evitar supuestos de doble contabilidad. Podrán provenir, en instalaciones sujetas al comercio de derechos, de aquellas otras emisiones y gases no incluidos en el régimen de comercio de derechos de emisión.
- c) Deberán proceder de una o varias actuaciones puestas en marcha posteriormente a la firma o adhesión de cada acuerdo voluntario.
- d) No deberán venir exigidas por la normativa sectorial que les resulte de aplicación y contarán con todas las autorizaciones administrativas necesarias.

De la misma forma, en el caso de acciones o proyectos que supongan compensaciones por absorciones y secuestro de sumideros, para que puedan ser computadas como compensaciones (es decir para que puedan ser certificadas como tales por la Administración Regional), deberán ser planteadas en función de acciones o proyectos realizados en el ámbito de la Región de Murcia.

La compensación solo debe utilizarse cuando las posibilidades de reducción en la empresa se agotan y puede justificarse la inviabilidad técnica y/o económica de la reducción.

7. LOS OBJETIVOS DE MITIGACIÓN (REDUCCIÓN O COMPENSACIÓN DEL 26%) SON COMUNES, LOS DE ADAPTACIÓN DEBEN SER ESPECÍFICOS PARA CADA ORGANIZACIÓN Y CIRCUNSTANCIAS

El segundo gran objetivo de la Estrategia y por tanto de un posible Acuerdo Voluntario es establecer medidas de adaptación a las nuevas condiciones que impone el cambio climático de la forma más ecoeficiente y rentable posible. En este caso, a diferencia de la reducción de emisiones, donde es fácil establecer un objetivo común (reducción o compensación del 26%), las medidas de adaptación dependen de cada tipo de actividad y de su situación. Para la valorar las necesidades de adaptación y la vulnerabilidad de las

materiales no son de alcance 1 son de alcance 3 y son emisiones que ya están contabilizadas en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero a otras instalaciones emisoras (otras empresas probablemente de fuera de la región o incluso del país, productora de ese material cerámico, cemento etc.) para las que estas emisiones si son de alcance 1. Estas importantes emisiones por fabricar los materiales de construcción deben, para evitar doble contabilidad, asignarse a sus verdaderos responsables, los fabricantes de cemento o cerámica.

En el anexo de este acuerdo voluntario se profundiza en la determinación del alcance 1 de la huella de carbono.

diferentes actividades, infraestructuras organizaciones y territorios, un elemento de partida debe ser la puesta a disposición de la información más actualizada en cada momento sobre escenarios de clima futuro y de subida del nivel del mar. En esta tarea de suministro de la mejor información disponible, debe desempeñar un papel destacado, además del Departamento de la Administración Regional responsable en materia de cambio climático, las Organizaciones Empresariales sectoriales.

La selección de medidas que deben llevarse a cabo para la adaptación, apropiadas para un sector, corresponde a las Organizaciones Empresariales de cada sector de actividad y a cada empresa, con el impulso y, en su caso, apoyo de la Administración.

No obstante, hay medidas de adaptación que podemos denominar de carácter general, que de una u otra manera son comunes a la mayoría de las empresas y organizaciones adheridas al Acuerdo Voluntario y que son, al mismo tiempo, ecoeficientes. Por esta razón, este acuerdo voluntario propondría con carácter no limitativo medidas de adaptación de carácter general que puedan ser tomadas en consideración por las empresas firmantes y adheridas.

8. FOCALIZAR EL ESFUERZO EN AQUELLAS ORGANIZACIONES QUE SUPONEN UNA MAYOR CONTRIBUCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Como se ha señalado, la Ley 4/2009, de 14 de mayo, de Protección Ambiental Integrada, de la Región de Murcia, establece dentro de su Título VI, mandatos para fomentar una economía baja en carbono.

Realizar una transición a una economía baja en carbono y resiliente al clima pasa por implicar al tejido empresarial en esta transición. Para ello, es importante fomentar la colaboración público-privada y la coordinación entre los agentes empresariales y la Administración ambiental.

Además, las empresas son un instrumento clave para reducir nuestra contribución como región ya que concentran una parte muy destacada de las emisiones del conjunto de la economía regional. Para ser más eficientes, debemos focalizar el esfuerzo en aquellas que suponen una mayor contribución.

Por ello, es necesario centrarse en las grandes empresas²⁵ y organizaciones y crear el marco que canalice y aglutine el mayor número de grandes esfuerzos individuales de reducción o compensación de emisiones. Esos esfuerzos, para que sean eficaces, han de ser voluntarios y adaptados a las características, posibilidades y el momento más adecuado para cada instalación, cada actividad o cada explotación.

25 Gran empresa (se ha optado por esta sencilla definición que es la que utiliza la legislación española del IVA): una compañía se considera gran empresa si su volumen de operaciones en el año anterior superó los seis millones de euros. A efectos de un acuerdo voluntario, si el objetivo es centrar o focalizar el esfuerzo a las mayores contribuciones al cambio climático y estas no se conocen se puede utilizar como línea de corte el concepto de Gran empresa que se utiliza en política fiscal

9. ELEGIR UN MECANISMO DE COMUNICACIÓN SENCILLO Y DE COSTE CERO BASADO EN LA DECLARACIÓN RESPONSABLE

El mecanismo de comunicación de la huella de carbono, de los compromisos de reducción y/o compensación asumidos y de los resultados alcanzados debe ser la Declaración Responsable²⁶.

Las organizaciones firmantes y las adheridas se comprometen a llevar a cabo políticas activas de diagnóstico de su huella de carbono y de reducción o compensación, de forma verificable y certificable por la Administración ambiental regional y, en concreto, se comprometen a:

- Realizar la estimación de emisiones de alcance 1 y comunicar su resultado mediante una Declaración Responsable.
- Formular compromisos de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de directa responsabilidad (alcance 1) de cada una de sus instalaciones o explotaciones y si esto no es posible compromisos de compensación. La reducción y/o compensación será al menos un 26% en el horizonte de 2030 y deberán ser comunicados mediante una Declaración Responsable.

Con independencia del límite mínimo de reducción y/o compensación del 26%, un Acuerdo Voluntario es igualmente un marco para que las empresas que lo deseen se planteen como objetivo alcanzar la neutralidad climática en el alcance 1, reduciendo y/o compensando las emisiones necesarias en el horizonte de 2030-2050 al mismo tiempo que asumiendo, como mínimo, una reducción y/o compensación de emisiones de alcance 1 del 55% a 2030.

- Llevar a cabo la compensación de las emisiones que no es posible reducir por razones técnicas y/o económicas, mediante el desarrollo y ejecución de actuaciones verificables e identificables en cualquiera de las diversas modalidades de compensación o bien a través de la colaboración en proyectos forestales en montes públicos y montes de utilidad pública que desarrolle la Consejería competente en la materia.
- Implantar medidas concretas que aumenten la resiliencia a las consecuencias del cambio climático.
- Informar del grado de cumplimiento de los compromisos de mitigación y adaptación y obtener, en consecuencia, las certificaciones y el uso de la marca a que se seleccione para identificar los esfuerzos en el marco de cada acuerdo voluntario.
- Solicitar por escrito, como gesto de responsabilidad social corporativa, a sus principales suministradores que pudieran encontrarse en el ámbito de aplicación del acuerdo

²⁶ Declaración Responsable: de conformidad con lo establecido en el artículo 69.1 de la Ley 39/2015, de 1 de octubre, de Procedimiento Administrativo Común, la declaración responsable es el documento suscrito por un interesado en el que éste manifiesta, bajo su responsabilidad, que cumple con los requisitos establecidos en la normativa vigente para obtener el reconocimiento de un derecho o facultad o para su ejercicio, que dispone de la documentación que así lo acredita, que la pondrá a disposición de la Administración cuando le sea requerida, y que se compromete a mantener el cumplimiento de las anteriores obligaciones durante el período de tiempo inherente a dicho reconocimiento o ejercicio.

voluntario, la adhesión al mismo. Estos suministradores deberán desarrollar su actividad o parte de su actividad en la región y tener la característica de gran empresa²⁷.

- Permitir que sean públicos los datos sobre las emisiones, los compromisos de mitigación y adaptación adquiridos, los resultados obtenidos y los escritos de petición de adhesión al acuerdo voluntario a sus suministradores.

10. LOS ESFUERZOS REALIZADOS, ADEMÁS DE CERTIFICADOS POR LA ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL QUE ACTÚA DE NOTARIO Y GARANTE DE SU VERACIDAD, HAN DE TENER UN RECONOCIMIENTO SOCIAL

El apartado 2 y 3 del Artículo 112 de la Ley 4/2009, al concretar el alcance de los Acuerdos Voluntarios, establece que:

2. Los acuerdos voluntarios tendrán fuerza ejecutiva entre las partes que los suscriban, y serán públicos. Los resultados del cumplimiento de estos acuerdos serán objeto de publicidad y de seguimiento periódico por la Consejería con competencias en materia de medio ambiente.

3. La Consejería con competencias en materia de medio ambiente creará un registro público de compromisos voluntarios de responsabilidad ambiental, y promoverá que los esfuerzos realizados alcancen reconocimiento social, y procuren, en su caso, ventajas competitivas para quienes los asumen.

En consecuencia, estos esfuerzos, además de certificados por la Administración ambiental, que actúa de notario y garante de su veracidad, han de tener un reconocimiento social a través de mecanismos como la publicidad en la página web oficial y el apoyo institucional. Para ello, debe ayudar la utilización de una marca identificativa. Las empresas y demás organizaciones que reduzcan o compensen las emisiones de gases de efecto invernadero, en los términos establecidos en el Acuerdo Voluntario y aquellas otras que hubieran colaborado en la ejecución de proyectos forestales realizados por la Administración Regional en montes públicos y de utilidad pública podrán utilizar la marca identificativa que se elija, indicándose junto a la marca y de manera claramente visible la cantidad reducida y/o compensada.

La marca debe ser una marca identificativa de la propiedad exclusiva de la Administración Regional, en virtud de su registro en la Oficina de Patentes y Marcas que se pone al servicio del acuerdo voluntario.

Poco antes de la impresión de este libro, con motivo de una reunión con la Asociación de Empresas del Valle de Escombreras, el Consejero de Agricultura, Agua, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente presentó un borrador de acuerdo voluntario, que puede descargarse en el siguiente enlace:

http://cambioclimaticomurcia.carm.es/index.php?option=com_k2&view=item&task=download&id=478_af9a14a82a809a0ac2609bca8549fcc6&Itemid=303

²⁷ Aquellas cuyo volumen de operaciones en el año anterior superó los seis millones de euros.

CAPÍTULO Nº 15

LA INTEGRACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS PROCEDIMIENTOS DE CONCESIÓN DE LICENCIAS DE OBRAS Y DE ACTIVIDAD. DIEZ ELEMENTOS CLAVE PARA UNA ORDENANZA MUNICIPAL.

Francisco Victoria Jumilla

Jefe del Servicio de Fomento del Medio Ambiente y Cambio Climático

Comunidad Autónoma de la Región de Murcia

Manuel Martínez Balbi

Técnico Responsable. Servicio de Fomento del Medio Ambiente y Cambio Climático

Comunidad Autónoma de la Región de Murcia

1. INTRODUCCIÓN

La Estrategia Regional de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático, aprobada mediante acuerdo de Consejo de Gobierno de 11 de junio de 2020, establece el objetivo de reducir o compensar, en coherencia con las obligaciones impuestas por la Unión Europea, en un 26%¹, en el horizonte de 2030, las emisiones de los sectores de nuestra economía no obligados al comercio de derechos de emisión. Incluye, igualmente, un segundo objetivo que es adaptar nuestra región a las nuevas condiciones que impone el cambio climático, de la forma más ecoeficiente² y rentable posible.

Para conseguir esos dos grandes objetivos, la Estrategia, en su apartado 4, desarrolla a modo de hoja de ruta quince líneas de trabajo. La número 5. “*Aprovechar la obligación legal del “edificio de consumo de energía casi nulo para incorporar, a través de las licencias de obras, medidas de mitigación y adaptación”*”, está pensada para orientar la necesaria colaboración de los ayuntamientos hacia intervenciones concretas en una fase tan temprana como es la licencia de obras.

Los planes urbanísticos de competencia municipal y las licencias de obras y de actividad, que conceden los ayuntamientos, generan emisiones por la ejecución de las obras proyectadas y durante el funcionamiento de viviendas y actividades que se aprueban. Estas emisiones se encuadran en los llamados sectores difusos³ (sectores de nuestra economía no

1 *Reducir o compensar el 26%*: El objetivo para un plan o proyecto de reducir o compensar el 26% de las emisiones, con el horizonte 2030, tiene su origen en los compromisos vinculantes para los estados miembros que la Unión Europea comunicó a Naciones Unidas, en relación con el Acuerdo de París. Para los sectores de actividad no incluidos en el ámbito de aplicación de la normativa europea del comercio de derechos de emisión, la reducción ha sido concretada mediante Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo en junio de 2018, correspondiendo a España una reducción del 26%.

2 *Ecoeficiencia* (aplicada a la mitigación y adaptación): Medidas que permiten lograr una eficiencia económica asociada a una eficiencia ambiental. Una acción es ecoeficiente si, además de ambientalmente favorable, es ventajosa económicamente.

3 *Sectores difusos*: sectores de actividad no incluidos en el ámbito de aplicación de la normativa europea del comercio de dere-

obligados al comercio de derechos de emisión). El transporte inducido por la forma en que se define el planeamiento urbanístico y la edificación y la construcción de obras e infraestructuras son sectores que presentan una importante contribución en emisiones de gases de efecto invernadero. Por esta razón, las posibilidades de lucha contra el cambio climático, a través de las decisiones que adoptan en su día a día los ayuntamientos, son importantes y pueden ser fácil de articular con el objetivo de tomar en consideración el cambio climático en el proceso de aprobación de esos planes urbanísticos de competencias municipal y de esas licencias de obras y de actividad. Intervenir en una fase tan temprana, como es la fase de proyecto, permite una integración eficiente de las medidas necesarias de mitigación y adaptación en cada plan o proyecto que se autoriza.

La línea numero 5 establecida por la Estrategia es un ejemplo de integración concreta del cambio climático en la concesión de licencias de edificación. Trata de conseguir que, junto y con las exigencias legales relacionadas con el “consumo de energía casi nulo” (exigible desde el 24 de septiembre de 2020 a cualquier nuevo edificio, de acuerdo con el Real Decreto 732/2019 de 20 de diciembre, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación), se incorporen otras medidas, también importantes, para la mitigación y la adaptación al cambio climático. Un edificio con una eficiente envolvente térmica, pensada para “consumo de energía casi nulo”, será, además, un edificio más adaptado a las futuras temperaturas extremas y, en consecuencia, menos vulnerable al cambio climático. De la misma forma, el diseño eficiente energéticamente no es incompatible con la captura y aprovechamiento del agua de lluvia de las cubiertas y esto permite, edificio a edificio, preparar mejor al municipio frente a la escasez futura de agua.

En síntesis, al tiempo que los edificios que se proyectan para ser de “consumo de energía casi nulo”, deberían diseñarse también para poder ser “edificios para una economía baja en carbono o climáticamente neutros” y, al mismo tiempo, “edificios a prueba del clima” o “edificios adaptados y resilientes”.

Esta idea, de integración concreta en del cambio climático en las licencias de edificación, es también extrapolable a otras licencias municipales como las de actividad y las de cualquier obra, entre las que deben destacar las infraestructuras.

Desde 2018, se desarrolla el proyecto LIFE ADAPTATE, en el que participan, entre otros, la Administración Regional y los municipios de Águilas, Cartagena y Lorca. En este Proyecto LIFE, se señala como una de las acciones, que vinculan a los municipios participantes, “establecer la obligación de incluir los objetivos de reducción de emisiones para 2030 establecidos por la UE en cualquier nuevo plan y proyecto de obras o actividades, además de incluir los efectos del cambio climático y medidas de adaptación necesarias para enfrentarlo”.

Para facilitar el cumplimiento de los objetivos de esa acción del proyecto, se redactó *La Guía de inclusión de la mitigación y adaptación del cambio climático en las políticas locales*, que se puede descargar⁴ en <http://LIFEadaptate.eu/>.

chos de emisión, tales como transporte (excepto aviación), edificación, industria alimentaria, comercio, agricultura, ganadería, etc.

4 http://lifeadaptate.eu/wp-content/uploads/ES_Gu%C3%ADa-de-adaptaci%C3%B3n-de-las-pol%C3%ADticas-locales-CC.pdf

La *Guía de inclusión de la mitigación y adaptación del cambio climático en las políticas locales* se recoge íntegramente como anexo 3 de este libro.

De acuerdo con lo establecido en ese proyecto LIFE, la guía se ha orientado a *cualquier nuevo plan y proyecto de obras o actividades* y, para esto, se propuso, como estrategia fundamental la intervención en el procedimiento de autorización municipal y como herramienta básica, la compensación de las emisiones que no se pudieran reducir.

La guía propone objetivos concretos y cuantitativos que introducir entre las obligaciones exigibles en la aprobación de proyectos de obras de urbanización, así como en la concesión de licencias de obras de edificación y demás licencias de competencia municipal.

Durante el proceso de difusión de la Estrategia Regional de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático entre los municipios de la región, momento el que también se les expuso la guía, se apuntó la conveniencia de regular, para mayor seguridad jurídica, mediante ordenanza, las nuevas condiciones que se podrían exigir en el marco de los procedimientos de concesión de licencias de obras y de actividad.

Con esta idea, desde el Servicio de Fomento del Medio Ambiente y cambio Climático se ha preparado un borrador de ordenanza tipo⁵, con el fin de que pudiera servir de orientación para que los municipios interesados en regular la integración del cambio climático, en las licencias de obra y actividad, dispusieran de un documento técnico de partida.

En este capítulo hemos querido analizar, a la vista del trabajo realizado, los elementos clave que se han considerado a la hora de proponer, mediante ordenanza, un marco de regulación de la integración del cambio climático en los procedimientos municipales de concesión de licencias de obras y de actividad. En este sentido, se reflejan a continuación las dos líneas de trabajo en que se ha basado la propuesta de borrador de ordenanza.

2. LÍNEAS DE TRABAJO EN LAS QUE SE HA BASADO LA PROPUESTA DE BORRADOR DE ORDENANZA

2.1. APROVECHAR LA EXPERIENCIA ADQUIRIDA EN LA APLICACIÓN DE LEY 21/2013 DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

La estrategia anticipatoria, de contemplar la adaptación y la mitigación al cambio climático en una fase tan temprana, como es la fase de redacción y aprobación de los proyectos y los planes, que permite aplicar la Ley 21/2013 en aquellos supuestos sometidos a evaluación ambiental, debe ser extendida a otros muchos planes y proyectos que necesitan autorización municipal, pero que no están obligados por la Ley 21/2013.

Por lo tanto, nuestra propuesta es la de utilizar las condiciones que vienen siendo aplicadas por la Administración Regional en los procedimientos de evaluación ambiental a grandes planes y proyectos. Si se consigue aplicar este esquema en la licencia de obras y de actividad y en las decisiones urbanísticas de competencia municipal, se evitará que el

⁵ El borrador de ordenanza puede descargarse de la siguiente página:
http://www.cambioclimaticomurcia.carm.es/index.php?option=com_k2&view=item&id=428:borrador-ordenanza-municipal-cambio-climatico&Itemid=303

crecimiento de las ciudades y de la economía, con los nuevos planes y proyectos no sometidos al procedimiento de evaluación ambiental, se haga de espaldas al cambio climático, incrementando así el déficit futuro en mitigación y adaptación.

Con este espíritu, de trasladar experiencias de gestión, que están funcionando en su aplicación a los grandes planes y proyectos sometidos al procedimiento de evaluación ambiental, y para hacer posible *“la inclusión de los objetivos de reducción de emisiones para 2030 establecidos por la UE en cualquier nuevo plan y proyecto de obras o actividades, además de incluir los efectos del cambio climático y medidas de adaptación necesarias para enfrentarlo”*, se articulan, en el borrador de ordenanza, diferentes medidas.

Las medidas abarcan la mitigación (reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y reducción de la destrucción de sumideros de carbono como son el suelo y la vegetación) y la adaptación a sus efectos.

Entre las medidas de mitigación seleccionadas está la obligación de compensar la pérdida del carbono secuestrado en la vegetación y el suelo. Otra medida es la compensación de las emisiones de directa responsabilidad (denominado alcance 1 de la huella de carbono⁶) del promotor prevista por las obras, en los términos señalados a España por la Unión Europea (un 26%). Otras medidas permiten la adaptación a los impactos futuros, como son las destinadas a luchar contra la escasez y torrencialidad del agua. También, hay medidas que dependerán de las características concretas del ámbito territorial como, por ejemplo, tener en cuenta la subida del nivel del mar en la concesión de licencias de obras y de futuros aprovechamientos urbanísticos.

Estas medidas concretas se configuran a modo de condiciones para las autorizaciones y permisos municipales que, *de esta forma, consiguen que los nuevos planes y proyectos de obras reduzcan o compensen su contribución al cambio climático y sean autorizados con mayor resiliencia a los impactos previstos.*

En la web www.cambioclimaticomurcia.carm.es y, en concreto, en el apartado “RECURSOS DESTACABLES (VISORES, ESTRATEGIA, LIBROS, ESTADÍSTICAS...)” se pueden consultar guías y herramientas destinadas a la integración del cambio climático en el procedimiento de evaluación ambiental, como son:

- 1.- Condiciones habitualmente incorporadas y nº de informes realizados para el procedimiento de evaluación ambiental:

http://cambioclimaticomurcia.carm.es/index.php?option=com_k2&view=item&id=363:expedientes-del-servicio-de-fomento-y-cambio-climatico&itemid=303

- 2.- Guías técnicas para la consideración de la adaptación y mitigación del cambio climático en los planes y proyectos sometidos a evaluación ambiental:

http://cambioclimaticomurcia.carm.es/index.php?option=com_k2&view=item&id=365:mayo-de-2019-guias-tecnicas-para-la-consideracion-de-la-adaptacion-y-mitiga-

6 *Huella de carbono*: la huella de carbono aplicada a un plan o proyecto representa las emisiones netas de gases de efecto invernadero (GEI) que se generarían en las obras necesarias para llevarlo a cabo o en su funcionamiento.

cion-del-cambio-climatico-en-los-planes-y-proyectos-sometidos-a-evaluacion-ambiental&itemid=303

3.- Cálculo reservas de carbono para el procedimiento de evaluación ambiental:

http://cambioclimaticomurcia.carm.es/index.php?option=com_k2&view=item&id=313:calculo-de-las-reservas-de-carbono&itemid=303

4.- Visor sobre nivel medio del mar y cambio climático generado en el marco del proyecto LIFE ADAPTATE:

http://cambioclimaticomurcia.carm.es/index.php?option=com_k2&view=item&id=346:visor-sobre-nivel-medio-del-mar-y-cambio-climatico-generado-en-el-marco-del-proyecto-life-adaptate&itemid=303

2.2. DESARROLLAR LA LÍNEA NÚMERO 5 DE LA ESTRATEGIA REGIONAL DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO “APROVECHAR LA OBLIGACIÓN LEGAL DEL “EDIFICIO DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO PARA INCORPORAR, A TRAVÉS DE LAS LICENCIAS DE OBRAS, MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN”

Una parte muy destacada de las decisiones y licencias de obras se centra en la edificación. La edificación constituye, dentro del conjunto de los llamados sectores difusos, cuya autorización a través de la licencia de edificación es competencia municipal, un sector importante en la lucha contra el cambio climático, tanto durante la fase de construcción como en cuanto a las emisiones asociadas al funcionamiento de los edificios. Como media europea, supone el 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Como se ha comentado, la reducción de la contribución de los edificios al cambio climático en su fase de funcionamiento viene ya exigida desde la normativa europea. Sin embargo, para la reducción o compensación de las emisiones generadas para la fase de construcción de los edificios no existe una obligación de carácter general. Por ello, es fundamental el papel que se puede desempeñar, a nivel municipal, a través de la intervención en la concesión de la licencia de obras.

Los edificios son responsables de emisiones directas por consumo de combustibles fósiles (principalmente por calefacción) en su funcionamiento, durante los años de vida útil. Estas necesidades energéticas y, por tanto, las emisiones asociadas durante al menos 50 años de vida útil dependen, sin embargo, del tipo de edificio que se construya y de su configuración.

Para ello, la Directiva Europea 2010/31/UE incorpora el concepto de edificio de consumo de energía casi nulo NZEB (*Nearly Zero Energy Building*). Esta obligación de “consumo de energía casi nulo” es, como se ha señalado, exigible a cualquier nueva construcción de edificios e intervenciones en los existentes que requieran licencia de obras.

El mandato que establece la Estrategia Regional de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático y, por tanto, el objetivo concreto del borrador de ordenanza en relación con la edificación, es complementar la obligación legal del “edificio de consumo de energía casi

nulo”. Lo anterior se hará incorporando, a través de la licencia de obras, otras medidas de adaptación al cambio climático para la fase de funcionamiento y medidas de mitigación (reducción de emisiones) para la fase de obras.

La exigencia de “edificio de consumo casi nulo” solo alcanza a la fase de funcionamiento o vida útil del edificio una vez construido. Esto obligaría a seleccionar medidas y modos de construcción que aporten menos emisiones en la fase de construcción (obras) y, si lo anterior no es viable, al menos compensar las emisiones que no se han podido reducir.

Igualmente, el procedimiento de autorización o licencia de edificación debe contemplar medidas para la adaptación y resiliencia al cambio climático que, con la exigencia de “edificio de consumo de energía casi nulo”, no se contemplan ni para la fase de obras ni para la del funcionamiento posterior.

Estas medidas que incorporar para la mitigación y la adaptación en la edificación serán complementarias a las ya exigidas para el consumo de energía casi nulo. Por ejemplo, una envolvente térmica puede, además, de cumplir con un nivel elevado de eficiencia energética conseguir la necesaria adaptación y resiliencia a las futuras temperaturas extremas y olas de calor que impone el cambio climático. De la misma forma, la captura y aprovechamiento del agua de lluvia de las cubiertas, principio básico de la economía circular aplicada a la edificación que ya recoge la Ley 13/2015 de ordenación territorial y urbanística de la Región de Murcia, hace posible una sencilla medida de adaptación al cambio climático, como es la de preparar el tejido urbano ante la escasez futura de agua.

Por las razones anteriores, no debe ser difícil técnicamente la incorporación de condiciones de mitigación y adaptación, complementarias a la exigencia derivada de la legislación europea de *Nearly Zero Energy Building*, en la fase de proyecto. La exigencia de medidas concretas de mitigación y adaptación al cambio climático en el procedimiento de concesión de licencias de obras y/o actividad y en la aprobación del planeamiento urbanístico, a imagen de lo que se hace en el procedimiento de evaluación ambiental regulado por la Ley 21/2013, debe conseguir una integración temprana no traumática de la necesaria e imprescindible adaptación y mitigación al cambio climático, en los nuevos planes y proyectos.

3. DIEZ CONSIDERACIONES TÉCNICAS O PROPUESTAS CONCRETAS EN QUE SE HA BASADO LA PROPUESTA DE BORRADOR DE ORDENANZA

Recogemos a continuación diez consideraciones técnicas o propuestas concretas, que se han incorporado al texto articulado que constituye el borrador de ordenanza.

Propuesta concreta 1. Objeto y Ámbito de aplicación

Objeto

La ordenanza propuesta tiene por objeto establecer los protocolos de actuación para que, en la concepción y gestión del planeamiento urbanístico de competencia municipal y en la concesión de licencias de obra y de actividad, se contemple el cambio climático y se integren en los nuevos planes y proyectos las medidas que permitan reducir su contribución

en emisiones de gases de efecto invernadero (mitigación⁷) y aumentar su adaptación y resiliencia, así como reducir su vulnerabilidad⁸.

Ámbito de aplicación

1. La ordenanza debería poder aplicarse a:

-las licencias de obras y, en concreto, a los proyectos de obras de urbanización y las obras incluidas en los mismos, así como a todos los actos de transformación, construcción, edificación y uso del suelo y el subsuelo que requerirán, para su lícito ejercicio, de licencia urbanística, según el artículo 263 de la Ley 13/2015, de 30 de marzo, de ordenación territorial y urbanística de la Región de Murcia, o de norma que la sustituya. En síntesis, se propone que sea de aplicación obligatoria a las obras de nueva construcción y a las intervenciones en edificios existentes para las que, en ambos casos, se solicite licencia municipal de obras.

-Igualmente, debería poder aplicarse a las actividades que requieran licencia de actividad, según el anexo I de la Ley 4/2009 de protección Ambiental Integrada y se realicen en el término municipal.

-Estarán asimismo sujetos a los preceptos de la ordenanza la aprobación y gestión del planeamiento urbanístico de desarrollo que sea de competencia municipal.

2. No se debería aplicar, entre otros, a:

-Los actos de transformación, construcción, edificación o uso del suelo o el subsuelo que requieran, para su lícito ejercicio, Declaración Responsable o Comunicación Previa, de acuerdo con lo establecido en los artículos 264 y 265 de la Ley 13/2015, de 30 de marzo, de ordenación territorial y urbanística de la Región de Murcia.

-Los edificios protegidos oficialmente, por ser parte de un entorno declarado o debido a su particular valor arquitectónico o histórico, en la medida en que el cumplimiento de las exigencias

7 *Mitigación*: reducir las emisiones o incrementar los sumideros de gases de efecto invernadero. El objetivo de la mitigación es reducir el efecto invernadero para mantener el aumento de la temperatura media mundial, con arreglo a lo dispuesto en el Acuerdo de París.

Acuerdo de París: acuerdo alcanzado bajo la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático en diciembre de 2015 en París. El Acuerdo de París insta a realizar todas las acciones de mitigación necesarias para "mantener el aumento de la temperatura media global por debajo de 2 °C respecto a los niveles preindustriales y hacer esfuerzos para limitarlo a 1,5 °C".

8 *Adaptación*: proceso de ajuste al clima real o proyectado y a sus efectos. La adaptación trata de moderar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas.

Vulnerabilidad: para el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático la vulnerabilidad está definida como el grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y, en particular, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos.

Resiliencia: el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) la define como: "la capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales de afrontar un suceso, tendencia o perturbación peligrosa, respondiendo o organizándose de modo que mantengan su función esencial, su identidad y su estructura, y, conservando al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación." Es decir, la capacidad de para absorber perturbaciones, sin alterar de manera significativa sus características estructurales y funcionales, pudiendo regresar a su estado original luego de que el factor de perturbación haya cesado. El Acuerdo de París hace especial énfasis en incrementar la capacidad de adaptación, fortalecer la resiliencia y reducir la vulnerabilidad al cambio climático.

establecidas en esta sección pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto, siendo la autoridad que dicta la protección oficial quien determine los elementos inalterables.

Podría a juicio del ayuntamiento no exigirse a los proyectos para vivienda unifamiliar donde el promotor es el futuro usuario de la vivienda.

Propuesta concreta 2. *Objetivos generales y de funcionamiento de la integración del cambio climático en las decisiones municipales que afectan a la concesión de licencias y al planeamiento urbanístico*

1. En la toma de decisiones municipales, relativas a la aprobación y gestión del planeamiento urbanístico de desarrollo y las relativas a la concesión de licencias de obra y de actividad, se tomará en consideración la contribución (en emisiones de gases de efecto invernadero) al cambio climático de los planes y proyectos de que se trate y, al mismo tiempo, se dictarán las medidas necesarias para reducir o compensar las emisiones, mejorar su adaptación y resiliencia y reducir su vulnerabilidad del frente al cambio climático

2. A los efectos del apartado anterior, la integración o toma en consideración del cambio climático en las decisiones municipales sobre cualquier nuevo plan y proyecto de obras o actividades se llevará a cabo mediante la aplicación de los siguientes objetivos generales:

En cuanto a mitigación

- Reutilizar terrenos que ya fueron ocupados en el pasado y reducir la transformación y ocupación de suelo agrícola o forestal, con el fin de evitar la destrucción de los depósitos de carbono en suelo y vegetación y compensar⁹ el 100% del carbono en el caso de que no sea posible evitar la ocupación o transformación del suelo¹⁰.
- Compensación del 26% de las emisiones de directa responsabilidad (alcance 1¹¹ de la huella de carbono) generadas por las obras resultantes de la opción o alternativa de

9 *Compensación:* la dinámica atmosférica distribuye uniformemente las emisiones realizadas desde cualquier punto y se mezclan uniformemente en la atmósfera. Las reducciones o absorciones desarrolladas o impulsadas por una acción o pueden cancelar, neutralizar o anular las emisiones realizadas por otra. La compensación de una tonelada de gases de efecto invernadero constituye una reducción neta de emisiones. La compensación puede realizarse a través de cualquier actividad que consiga que el CO₂ sea capturado por un sumidero o que consiga evitar las emisiones de cualquier gas de efecto invernadero que se podrían producir (emisiones evitadas).

La compensación puede realizarse desde cualquier lugar siempre que contribuya a reducir la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, por lo que es indiferente desde qué punto y de qué forma se realiza. Sin embargo, un sistema de compensación basado en acciones o proyectos de carácter doméstico puede aprovechar los recursos económicos para ayudar a la economía local. Por esta razón, siempre que sea posible, los proyectos y las acciones que permitan compensar emisiones en el marco de esta Ordenanza deben desarrollarse íntegramente dentro de este término municipal, lo que permite que la compensación sea verificable por los servicios técnicos de esta Administración municipal.

Compensación de emisiones mediante emisiones evitadas: cuando hacemos disminuir nuestras emisiones de alcance 1 mediante acciones en nuestro plan o proyecto, estamos hablando de "reducción de emisiones". Cuando conseguimos que otros reduzcan o eviten sus emisiones de alcance 1, que se corresponden con las nuestras de alcance 2 o 3, estas se convierten en opciones de compensación para nosotros.

10 En la web www.cambioclimaticomurcia.carm.es y en concreto en el apartado "RECURSOS DESTACABLES (VISORES, ESTRATEGIA, LIBROS, ESTADÍSTICAS...)" se pueden consultar: calculo reservas de carbono para el procedimiento de evaluación ambiental

http://cambioclimaticomurcia.carm.es/index.php?option=com_k2&view=item&id=313:calculo-de-las-reservas-de-carbono&Itemid=303

11 *Emisiones de "alcance 1":* el concepto de "alcance 1, 2 y 3" se introduce en la terminología utilizada para el cálculo y co-

plan o proyecto seleccionada sometida a autorización o licencia. Este límite del 26% es coherente con los objetivos de reducción de emisiones señalados por la Unión Europea para España¹².

- Reducción y/o compensación del 26% de las emisiones de directa responsabilidad (alcance 1 de la huella de carbono) generadas durante el funcionamiento de las industrias y actividades sometidas a licencia de actividad. Al igual que en el caso de emisiones durante la fase de obras, durante la fase de funcionamiento de las actividades, el objetivo cuantitativo debe ser el 26%. Este objetivo es coherente con los esfuerzos de reducción de emisiones establecidos por la Unión Europea para España¹³, reflejados en el anexo del REGLAMENTO (UE) 2018/842.
- Reducir la contribución al cambio climático de los “centros de atracción de viajes generadores de movilidad obligada”, mediante su colaboración a la electromovilidad y la movilidad sostenible.
- Complementar la obligación legal del “edificio de consumo de energía casi nulo” (pensada para la fase de funcionamiento) incorporando, a través de las licencias de obras, medidas de mitigación para la fase de obras.

En cuanto a la adaptación al cambio climático

- Recuperación del agua de lluvia incidente sobre los edificios y contribuir a la adaptación a su escasez: Incorporar en licencia de obras de los edificios la necesidad de que estos capturen y utilicen las aguas pluviales y aguas grises.
- En los nuevos desarrollos urbanos, proyectos industriales, comerciales y en proyectos de obras de urbanización:

municación de la huella de carbono para identificar la responsabilidad en la contribución al cambio climático. Con la denominación de “alcance 1”, también denominado “emisiones directas”, nos referimos a las emisiones que son responsabilidad del plan o proyecto en su fase de obras y/o en su funcionamiento. Son emisiones sobre las que tiene control y capacidad de decisión (combustibles consumidos por los vehículos destinados a la obra, combustibles que se consumirán durante el funcionamiento de la actividad, emisiones de metano de una granja, etc.). Las emisiones de alcance 2 y 3, conocidas como “emisiones indirectas”, no se aplican a esta Ordenanza (son las emisiones que otros realizan para que la empresa pueda disponer de la electricidad, materias primas y servicios que necesita). El alcance que tiene interés a los efectos de identificar la responsabilidad del promotor del plan o proyecto, evitar la doble contabilidad y plantear las posibles compensaciones de emisiones es el alcance 1.

En definitiva, se consideran emisiones directas de gases de efecto invernadero o de directa responsabilidad las generadas por el consumo de combustibles fósiles sobre los que se ejecuten las actuaciones, las emisiones de proceso, tanto de CO₂ como de cualquier otro gas de efecto invernadero y las posibles fugas de gases de efecto invernadero, como son los gases fluorados. En el “alcance 2” se incluyen las “emisiones indirectas asociadas a la compra de electricidad” (emisiones realizadas por el productor de electricidad para generar la energía eléctrica que el plan o proyecto estimamos que consumirá) y en el “alcance 3” se relacionan el resto de emisiones indirectas “*otras emisiones indirectas*” asociadas a la adquisición de materiales o servicios necesarios (realizadas por los fabricantes y transportistas (por ejemplo áridos, agua, combustibles, etc.), servicios (por ejemplo: gestión de residuos externa) que se prevé que sería necesario adquirir o contratar para las obras o para el funcionamiento de la actividad, plan o proyecto.

12 REGLAMENTO (UE) 2018/842 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 30 de mayo de 2018 sobre reducciones anuales vinculantes de las emisiones de gases de efecto invernadero por parte de los Estados miembros entre 2021 y 2030 que contribuyan a la acción por el clima, con objeto de cumplir los compromisos contraídos en el marco del Acuerdo de París, y por el que se modifica el Reglamento (UE) 525/2013 (Diario Oficial de la Unión Europea de 19-6-2018).

13 Reducir o compensar el 26% de las emisiones, con el horizonte 2030, tiene su origen en los compromisos vinculantes para los estados miembros que la Unión Europea comunicó a Naciones Unidas, en relación con el Acuerdo de París. Para los sectores de actividad no incluidos en el ámbito de aplicación de la normativa europea del comercio de derechos de emisión, la reducción ha sido concretada mediante Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo en junio de 2018, correspondiendo a España una reducción del 26%.

- Reducir el grado de sellado del suelo incorporando vegetación (renaturalizar los proyectos y los planes) para reducir los costes de adaptación a los incrementos de temperatura y capturar y utilizar el agua de lluvia, reduciendo daños por escorrentía y adaptándose a su escasez futura. Para ello, es necesario en primer lugar limitar, siempre que sea posible, la artificialización (impermeabilización) del suelo a terrenos que ya fueron ocupados en el pasado. Si es inevitable la utilización de nuevo suelo, se optará por reducir la ocupación y compensar la capacidad de sumidero de carbono destruida o alterada.
- Recuperación y uso del agua de lluvia incidente sobre viales aceras y demás espacios de los nuevos desarrollos urbanos e industriales y comerciales.
- Aumentar la permeabilidad de aceras y superficies selladas y el control de la escorrentía, aplicando técnicas de drenaje sostenible y soluciones basadas en la naturaleza como elementos de adaptación a los previstos incrementos en la torrencialidad de las precipitaciones.
- Complementar la obligación legal del “edificio de consumo de energía casi nulo” para incorporar, a través de las licencias de obras, medidas de adaptación al cambio climático, tanto para la fase de obras como de funcionamiento de los edificios.
- Tener en cuenta los previsibles efectos de la subida del nivel del mar en la concesión de licencias de obras y de futuros aprovechamientos urbanísticos.

3. La contribución al cambio climático, durante la fase de obras de un plan o proyecto se valorará estimando la destrucción o liberación de carbono secuestrada en el suelo y vegetación afectados por las obras. La forma de calcular el carbono liberado se refleja en uno de los anexos de la propuesta de ordenanza y se recogen en el anexo A de este capítulo.

La contribución al cambio climático, tanto durante la fase de obras como durante el funcionamiento, de un plan o proyecto se valorará estimando la huella de carbono de alcance 1. La forma de calcular las emisiones de alcance 1 se refleja, a modo de ejemplo, en uno de los anexos de la propuesta de ordenanza y se recogen en el anexo B de este capítulo.

A los efectos de esta propuesta de ordenanza, solo considerarán las emisiones directas (de directa responsabilidad o alcance 1 de la huella de carbono). El resto de las emisiones (emisiones de alcance 2 y 3) ya están contabilizadas en los inventarios nacionales y regionales de gases de efecto invernadero a otras instalaciones emisoras y, lógicamente, deben, para evitar doble contabilidad, asignarse a sus verdaderos responsables.

4. Las emisiones de alcance 1, por obras o por funcionamiento anual de las actividades, para las que el promotor considere que no es viable técnica o económicamente su reducción en un 26% podrán compensarse. Las opciones de compensación, que habrán de ser aceptadas por el ayuntamiento, se reflejan, a modo de ejemplo, en uno de los anexos de la propuesta de ordenanza y se recogen en el anexo C de este capítulo.

5. Para que puedan ser aceptadas como reducciones o compensaciones por emisiones evitadas, al objeto de aplicación de la ordenanza, las reducciones o compensaciones deberán

provenir de emisiones de alcance 1 de cualquiera de los gases de efecto invernadero, siempre y cuando cumplan con las siguientes condiciones:

- e) No deberán venir exigidas por la normativa sectorial que les resulte de aplicación al plan o proyecto objeto de licencia o aprobación.
- f) Deberán proceder de una o varias actuaciones puestas en marcha posteriormente a la concesión de la licencia de obras, actividad, edificación o aprobación del proyecto de obras de urbanización y, siempre que sea posible, deberán llevarse a cabo dentro del término municipal.

6. Las compensaciones por absorciones y secuestro de sumideros, para que puedan ser computadas como compensaciones a efectos de aplicación de la ordenanza, deberán ser planteadas en función de acciones o proyectos realizados en el ámbito del término municipal y deberán ser puestas en marcha posteriormente a la concesión de la licencia de obras, actividad, edificación o aprobación del proyecto de obras de urbanización.

7. La compensación solo debe utilizarse cuando las posibilidades de reducción se agotan y, por tanto, son complementarias. La compensación puede utilizarse en su totalidad cuando puede justificarse la inviabilidad técnica y/o económica de la reducción.

8. La forma en que se llevarán a cabo los objetivos (de reducción del 26% de las emisiones y/o compensación del 26% o de compensación del 100% de la destrucción de sumideros por ocupación y transformación del suelo) se concretará en cada plan o proyecto mediante la incorporación de un anejo específico en el proyecto de obras de urbanización resultante, en el caso de planeamiento urbanístico, y en el proyecto constructivo en la licencia de obras, en el caso de proyectos de edificación y proyectos de infraestructuras, así como en el proyecto de actividad, en el caso de industrias y actividades.

9. La aprobación del proyecto y, en consecuencia, la licencia de obras y en su caso la de actividad quedará condicionada a que se incluya, con detalle de proyecto constructivo, la forma en que se llevarán a cabo las medidas concretas de mitigación o adaptación y/o la compensación necesaria, para cumplir con los objetivos relacionados en este artículo.

10. El presupuesto que forme parte del plan o proyecto presentado debe contemplar los aspectos relacionados con las medidas concretas de mitigación o adaptación necesarias para cumplir con los objetivos relacionados en este artículo, así como la opción de compensación seleccionada.

11. La evaluación económica de las medidas preventivas, correctoras y compensatorias propuestas en relación con el cambio climático formarán parte de los costes que se tomarán como base para calcular y constituir cualquier garantía o fianza que en aplicación de la legislación del suelo o a juicio del ayuntamiento pueda proceder.

Propuesta concreta 3. *Condiciones específicas relativas a la concesión de licencias de obra y de actividad.*

1. *Minimización de la ocupación de nuevo suelo y compensación de la destrucción de su capacidad de sumidero de CO₂*

1.1. En la toma de decisiones municipales relativas a la aprobación y gestión del planeamiento urbanístico de desarrollo y en las relativas a la concesión de licencias de obra y de actividad se tomará en consideración el consumo de suelo. La ocupación de suelo agrícola o forestal supone la destrucción de su capacidad de sumidero como servicio ecosistémico (carbono orgánico en suelo y capacidad de absorción por la vegetación), mientras que su compactación y sellado supondrán dificultades añadidas para la adaptación al cambio climático.

1.2. Los proyectos y los planes sometidos a la consideración municipal deben contemplar el objetivo de limitar al máximo la ocupación de terrenos agrícolas o naturales para transformarlos en suelos sellados (viales, aceras, aparcamientos, edificios). Se debe perseguir el objetivo de la economía circular de reutilizar suelos que fueron ocupados en el pasado¹⁴. Asimismo, deben incorporar el objetivo de compensar la destrucción de la capacidad de sumidero del suelo y de la vegetación finalmente transformados.

1.3 En los proyectos de obras y proyecto de obras de urbanización se incorporarán las medidas que permitan compensar el 100% del carbono contenido en la vegetación destruida, en el suelo transformado y el parte del stock de carbono contenido en el suelo que por oxidación se estima que quedara liberado a la atmosfera.

1.4. La compensación se debe concretar mediante la incorporación de un anejo específico en el proyecto de obras de urbanización resultante, en el caso de planeamiento urbanístico, y en el proyecto constructivo para la licencia de obras, en el caso de proyectos de infraestructuras, industrias y actividades.

1.5. Las obligaciones anteriores no se aplicarán a aquellos planes y proyectos que ocupen o se instalen sobre terrenos ya utilizados en el pasado o bien recuperen terrenos industriales degradados.

1.6. Igualmente, las obligaciones anteriores no se aplicarán a aquellos planes que justifiquen un aumento de la densidad para reducir al máximo la ocupación de nuevo suelo.

2. *Compensación de la contribución de las emisiones por realización de obras*

2.1. El objetivo de reducción o compensación de emisiones que introducir en las autorizaciones municipales (licencias de obras y actividades) y en el diseño de los planes, proyectos y obras impulsadas por el ayuntamiento, así como en la concesión de licencias de obras y actividades es en coherencia con los objetivos marcados por la Unión Europea¹⁵,

¹⁴ *Economía circular*: la economía circular se presenta como un sistema de aprovechamiento de recursos donde prima la reducción, la reutilización y el reciclaje de los elementos. En la práctica, la economía circular aplicada a la gestión municipal y a la concepción de planes y proyectos consistiría en minimizar el consumo de nuevo suelo, y nuevos recursos y, al mismo tiempo, cerrar el ciclo de los materiales y la energía reutilizando, reciclando y valorizando.

¹⁵ REGLAMENTO (UE) 2018/842 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 30 de mayo de 2018 sobre reducciones

de cara a 2030, del 26% las emisiones de directa responsabilidad o alcance 1 que se generen durante las obras (licencia de obras) y, en su caso, durante el funcionamiento (licencia de actividad).

2.2. En el procedimiento de aprobación de proyectos y de planes se exigirá que, en el proyecto de obras o proyecto de obras de urbanización, se incluyan medidas para compensar las emisiones en los términos señalados.

2.3. Para garantizar el cumplimiento de esta obligación, la aprobación del proyecto de obras y, en su caso, proyecto de obras de urbanización quedará condicionada a que se incluya la forma en que se hará la compensación.

3. Reducción del daño por torrencialidad de las precipitaciones evitando el sellado (impermeabilización) del suelo y aumento de la captura y utilización del agua de lluvia

3.1. En la toma de decisiones municipales, relativas a la aprobación y gestión del planeamiento urbanístico de desarrollo y las relativas a la concesión de licencias de obra y de actividad, se tomará en consideración el sellado o impermeabilización del suelo implicado y la necesidad de que se capture y aproveche el agua de lluvia incidente.

3.2. Los proyectos y los planes sometidos a la consideración municipal deben contemplar los objetivos de:

-Reducir el sellado del suelo, manteniendo espacios para la vegetación de hoja caduca que contribuya mediante la evapotranspiración y el sombreado a reducir el efecto de isla de calor urbano.

-Limitar la impermeabilidad del suelo y contribuir a reducir los daños por la torrencialidad de las precipitaciones.

-Aumentar la captura y utilización del agua de lluvia, tanto a nivel de proyectos (captura del agua de lluvia sobre las cubiertas de los edificios industriales, comerciales y residenciales), como a nivel de planes. En el caso del planeamiento urbanístico, además de la captura de agua en edificios, es necesario contemplar sistemas de drenaje sostenible (como señala el RD 638/2016)¹⁶ y medidas basadas en la naturaleza que permitan capturar y utilizar la mayor cantidad posible del agua de lluvia de viales, aceras y aparcamientos, como es el caso de jardines de agua o zonas de infiltración forzada para captura y aprovechamiento del agua.

anuales vinculantes de las emisiones de gases de efecto invernadero por parte de los Estados miembros entre 2021 y 2030 que contribuyan a la acción por el clima, con objeto de cumplir los compromisos contraídos en el marco del Acuerdo de París, y por el que se modifica el Reglamento (UE) 525/2013 (Diario Oficial de la Unión Europea de 19-6-2018).

16 Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (BOE Núm. 314 Jueves 29 de diciembre de 2016) «Artículo 126 ter

7. Las nuevas urbanizaciones, polígonos industriales y desarrollos urbanísticos en general, deberán introducir sistemas de drenaje sostenible, tales como superficies y acabados permeables, de forma que el eventual incremento del riesgo de inundación se mitigue. A tal efecto, el expediente del desarrollo urbanístico deberá incluir un estudio hidrológico-hidráulico que lo justifique.»

3.3. Para cumplir con los objetivos señalados en este artículo, los proyectos de obras y proyectos de obras de urbanización incluirán la red de aguas pluviales separada de la de alcantarillado, las zonas de infiltración forzada y los depósitos de almacenamiento del agua recogida. Asimismo, contendrán las características de permeabilidad de aceras, viales y demás elementos necesarios que permitan justificar que se cumplirá con el objetivo de capturar el máximo de agua de lluvia posible no capturada por los edificios, así como el de reducir los efectos negativos de torrencialidad e inundación derivados del sellado del suelo.

La recogida de pluviales debe permitir el riego del arbolado de hoja caduca que reducirá el efecto de isla de calor urbano. Para este riego no se podrá utilizar agua potable procedente de la red municipal.

4. Obligación de que los “centros de atracción de viajes”¹⁷ o áreas generadoras de alta movilidad” incorporen planes de movilidad sostenible y contribuyan a fomentar la electromovilidad

4.1. En la toma de decisiones municipales, relativas a la aprobación y gestión del planeamiento urbanístico de desarrollo y las relativas a la concesión de licencias de obra y de actividad, se tomará en consideración la necesidad de limitar el tráfico urbano. El tráfico urbano, además de ser el más importante emisor de gases de efecto invernadero, es un emisor de peligrosos contaminantes para la salud. A diferencia de los grandes focos de emisión industriales, los vehículos que conforman el tráfico urbano emiten en el centro de las ciudades y a nivel del suelo, cerca de donde respira la población infantil. La reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, reduciendo el tráfico lleva aparejados beneficios directos para la salud. Un menor daño para la salud supone un mayor ahorro en la factura de los servicios de salud¹⁸.

4.2. El ayuntamiento, en la medida de sus posibilidades, impulsará y apoyará los modos de transporte con menores emisiones de gases de efecto invernadero, fomentando los desplazamientos a pie, el desarrollo de planes empresariales de movilidad sostenible y el apoyo al vehículo eléctrico y al uso de la bicicleta, a través de medidas de discriminación positiva.

4.3. Los espacios donde se pretendan desarrollar los grandes centros comerciales, culturales y deportivos, las actividades laborales (polígonos industriales) y de enseñanza (universitaria), son grandes puntos de atracción de viajes (movilidad obligada), que se realizan mayoritariamente en vehículo privado, teniendo este una ocupación muy baja.

Para conseguir una reducción de los viajes cotidianos en coche es necesario que estos grandes “centros de atracción de viajes” elaboren Planes de Movilidad para incrementar

¹⁷ *Centros de atracción de viajes generadores de movilidad obligada*: zonas de implantación de aquellos usos, servicios, unidades residenciales, zonas industriales, zonas logísticas, zonas de ocio y en general cualquier zona o actividad de destino que sea relevante, en relación con su capacidad de generación o atracción de demanda de desplazamientos o generadora de desplazamientos (laborales, formativos, sanitarios, sociales, culturales, lúdicos u otros) que utilizan el vehículo privado.

¹⁸ El tráfico urbano es el nexo de unión de dos importantes problemas ambientales del momento: la contaminación atmosférica y el cambio climático.

los desplazamientos de los trabajadores o visitantes mediante desplazamientos a pie o bien mediante otros modos de transporte sostenibles.

4.4. A los efectos de cumplir con los objetivos señalados, las actividades que soliciten licencia de actividad o licencia de ampliación de la actividad definidas como “*centros de atracción de viajes o áreas generadoras de alta movilidad*” estarán obligados a:

-incorporar un Plan de movilidad sostenible, que reduzca la movilidad obligada y aporte alternativas al transporte basado en el vehículo privado de combustibles fósiles.

-Incorporar en los aparcamientos equipamiento para la electromovilidad en al menos una de cada 10 plazas.

4.5. El Plan de movilidad sostenible formará parte de la memoria que deberá presentarse para solicitar la licencia o el cambio en la licencia de actividad o de obras como anejo específico con el nombre de Plan de movilidad sostenible. Igualmente, el equipamiento para la electromovilidad formará parte del proyecto presentado para obtener la licencia municipal como anejo específico con el nombre de equipamiento para la electromovilidad.

4.6. Será obligatoria la formulación de un plan de movilidad específico entre otros en los siguientes casos:

-Centros logísticos basados en modos de transporte motorizados.

-Centros comerciales de 5.000 m² o más de superficie comercial en los municipios de menos de 50.000 habitantes y 10.000 m² en los de más de 50.000 habitantes.

-Áreas residenciales de más de 200 viviendas unifamiliares aisladas o adosadas o pareadas.

-Áreas o instalaciones destinadas a la actividad productiva en donde se prevean más de 250 puestos de trabajo.

4.7. Los planes de movilidad referentes a las implantaciones señaladas en el punto anterior evaluarán la demanda asociada a la nueva implantación e indicarán las soluciones en orden a atenderlas debidamente bajo los principios de la economía baja en carbono y la ecoeficiencia. En todo caso, constarán de una conexión peatonal-ciclista con los núcleos urbanos y centros de actividad próximos y otras alternativas al conjunto de modos motorizados.

Las propuestas del plan correrán por cuenta del promotor de la nueva implantación. Para ello, se podrán utilizar los procedimientos de depósito, garantía, aval, u otro que se estime adecuado. En caso de incumplimiento por parte del promotor del plan o de la resolución que lo apruebe, el ayuntamiento aplicará tales cantidades al mantenimiento del servicio público o a la ejecución de las obras previstas en dicho plan.

4.8. Los planes generales y demás instrumentos de ordenación tomarán en consideración el objetivo de reducir la movilidad obligada y en especial la basada en modos de transporte motorizados.

Propuesta concreta 4. *Condiciones relativas a la concesión de licencias de edificación.*

1. *Incorporar a través de las licencias de edificación, medidas de reducción y/o compensación de emisiones para la fase de obras y de adaptación para la fase de funcionamiento*

1.1. En la toma de decisiones municipales, relativas a la concesión de licencias de edificación, se tomará en consideración la necesidad de limitar la contribución de la edificación al cambio climático. En este sentido, se complementará la obligación legal del “edificio de consumo de energía casi nulo” incorporando, a través de las licencias de obras, medidas de adaptación al cambio climático para la fase de obras para la fase de funcionamiento y medidas de mitigación para la fase de obras.

1.2. De acuerdo con lo dispuesto en la Directiva 2010/31/UE y su modificación por la Directiva 2018/844 y lo establecido por el Real Decreto 732/2019 de 20 de diciembre, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, todos los edificios nuevos de titularidad privada habrán de incluir en su proyecto los elementos que permitan demostrar que se ha proyectado para ser “edificios de consumo de energía casi nulo”. Esta obligación de “consumo de energía casi nulo” es, desde el 24 de septiembre de 2020, exigible a cualquier nueva construcción de edificios e intervenciones en los existentes que requieran licencia de obras.

1.3. Con independencia de la condición establecida en el párrafo anterior para la obtención de las licencias de obras, los proyectos habrán de incorporar y concretar para la adaptación al cambio climático y para reducir la contribución de la edificación a las emisiones de gases de efecto invernadero en la fase de obras las dos medidas siguientes:

- Cálculo y Compensación del 26% de las emisiones de alcance 1 por las obras de edificación.
- Recogida y utilización del agua de lluvia y, en su caso, aguas grises.

1.4. Para la obtención de las licencias de edificación, los proyectos habrán de incorporar medidas que permitan compensar el 26% de las emisiones de directa responsabilidad (alcance 1 de la huella de carbono) por las obras proyectadas.

1.5. Las emisiones de directa responsabilidad o alcance 1 comprenderán, por un lado, las derivadas de la destrucción de sumideros de carbono (vegetación y suelo) ocupados directamente por la obra; por otro lado, las derivadas del consumo de combustibles fósiles utilizados para maquinaria y vehículos de excavación, relleno, transporte de materiales y residuos y transporte de mezclas bituminosas, hormigones y otros materiales.

Para calcular las emisiones de alcance 1 por obras se utilizarán, siempre que sea posible, factores de emisión oficiales o bases de datos específicas para factores de emisión de obras públicas avalados por el Ministerio con competencias en la materia como, por ejemplo, “hueCO₂”. Esta herramienta está adaptada para su aplicación directa sobre unidades de obra¹⁹.

¹⁹ <http://hueco2.tecniberia.es/>

El Anexo A contiene referencias concretas de ayuda al cálculo para las emisiones de directa responsabilidad o alcance 1 derivadas de la destrucción de sumideros de carbono. El Anexo B contiene referencias concretas de ayuda al cálculo para las emisiones de directa responsabilidad o alcance 1, derivadas del consumo de combustibles fósiles utilizados para maquinaria y vehículos asociados a la obra.

1.6. La compensación se concretará mediante la incorporación, en el proyecto de edificación, de un anexo con el nombre de anejo de cálculo y compensación por las emisiones, de alcance 1 por construcción), con detalle de proyecto ejecutivo. La compensación puede ser repartida desde el año de inicio de las obras hasta 2030.

La compensación se llevará a cabo por cualquiera de las modalidades que se relacionan en el Anexo C o por cualquiera otra que pueda demostrar su capacidad de neutralizar las emisiones realizadas. Se concretará mediante la presentación de un anejo específico que se incorporará al proyecto de obras.

Para garantizar el cumplimiento de esta obligación, la aprobación del proyecto y, en consecuencia, de la licencia de obras quedará condicionada a que se incluya, con detalle de proyecto constructivo, la forma en que se realizará la compensación señalada.

Para aquellos proyectos que representen 500 m² edificados o menos se podrá tomar como factor de emisión por metro cuadrado de construcción de edificios la cifra media de 0,03 toneladas de CO₂eq /m² de alcance 1, derivada de los cálculos de huella de carbono realizados por otros expedientes sometidos a evaluación ambiental.

En consecuencia, se podrá incorporar al proyecto, como medida compensatoria, la obligación de conseguir una compensación de 0,0078 toneladas de CO₂eq /m² edificado (26% de 0,03 toneladas de CO₂eq /m² de alcance 1).

2. Captura, almacenamiento y aprovechamiento del agua de lluvia

2.1. En la toma de decisiones municipales, relativas a la concesión de licencias de edificación, se tomará en consideración la creciente preocupación por la escasez futura en la disponibilidad de agua y por las emisiones de GEI derivadas de los importantes consumos energéticos que supone el dotar de agua a los nuevos desarrollos urbanos. A tal efecto se adoptará el objetivo de extender la captura, almacenamiento y aprovechamiento del agua de lluvia caída sobre las zonas impermeables y de reutilizar las aguas grises de los proyectos constructivos que soliciten licencia de edificación.

Cada metro cubico de agua de lluvia aprovechada evita el consumo de agua suministrada y, en consecuencia, las emisiones necesarias para su potabilización y distribución. La recogida de aguas pluviales contribuye, además, a cumplir el objetivo de "reducir la escorrentía torrencial, en la medida en que una parte de la precipitación es retenida y recogida en depósitos. El agua recuperada puede utilizarse, además de para aquellos usos domésticos que lo permitan, para reverdecer (pequeños jardines setos, etc.) y generar sombra. La vegetación creada puede absorber una parte de las emisiones de CO₂ y contribuir a su compensación.

2.2. De acuerdo con lo establecido en el apartado anterior, para la obtención de las licencias de edificación, los proyectos, salvo inviabilidad técnica demostrada, habrán de incorporar medidas que permitan la captura, almacenamiento y aprovechamiento del agua de lluvia de la totalidad o mayor parte de las cubiertas de los edificios, aparcamiento y demás zonas impermeabilizadas incluidas en el proyecto.

Para garantizar el cumplimiento de esta obligación, la aprobación del proyecto y, en consecuencia, la licencia de edificación quedará condicionada a que se incluya la información solicitada en un anejo específico del proyecto con el nombre de anejo de contribución a la adaptación al cambio climático mediante captura y aprovechamiento el agua de lluvia.

3. Infraestructuras para facilitar la electromovilidad

3.1. En la toma de decisiones municipales, relativas a la concesión de licencias de edificación, se tomará en consideración la necesidad de contribuir a facilitar la electromovilidad mediante, entre otros, la obligación de la implantación de infraestructuras de recarga de vehículos eléctricos en los nuevos edificios y aquellos de los existentes sometidos a intervenciones que requieran licencia de obras.

Se adopta, así, como objetivo el recogido en la Directiva de eficiencia energética en los edificios y en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC) remitido por España a la Comisión Europea, que contempla el impulso de la movilidad eléctrica como medida para reducir el consumo de energía y las emisiones del parque automovilístico.

3.2. Los proyectos de edificios nuevos que cuenten con una zona de uso para aparcamiento, ya sea interior o exterior adscrita al edificio, dispondrán de una infraestructura mínima que posibilite la recarga de vehículos eléctricos. En concreto:

-En los edificios de uso residencial privado, se instalarán sistemas de conducción de cables que permitan la instalación futura de estaciones de recarga para el 100% de las plazas de aparcamiento.

-En los edificios de uso distinto al residencial privado, se instalarán sistemas de conducción de cables que permitan la instalación futura de estaciones de recarga para al menos el 20% de las plazas de aparcamiento. Además, se instalará una estación de recarga por cada 40 plazas de aparcamiento, debiendo instalarse siempre, como mínimo, una estación de recarga.

En los edificios de uso distinto al residencial privado que sean centros de atracción de viajes, contemplados en el artículo 9 de esta ordenanza, la dotación será mayor que la establecida con carácter general, debiéndose instalar una estación de recarga por cada 10 plazas de aparcamiento y siempre, como mínimo, una estación de recarga.

Las obligaciones anteriores les serán de aplicación a proyectos que afecten a edificios existentes siempre que se trate de cambios de uso característico del edificio o reformas que incluyan intervenciones en el aparcamiento o en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio.

3.3. En aparcamientos o estacionamientos de nueva construcción o sujetos a reformas importantes no ubicados en un edificio ni adyacentes al mismo, con la exclusión de aquellos aparcamientos no permanentes, preparados para eventos de pocos días de duración, tales como fiestas, verbenas, acontecimientos deportivos o similares, se deberá instalar como mínimo un punto de recarga por cada 40 plazas de estacionamiento.

Se considera que un estacionamiento es de nueva construcción cuando el proyecto constructivo se presente a la Administración municipal para su tramitación en fecha posterior a la entrada en vigor de la ordenanza.

4. *Aplicar los escenarios futuros de subida del nivel del mar en la toma de decisiones municipal*

4.1 En la toma de decisiones municipales, se tomará en consideración la subida del nivel medio del mar a consecuencia del cambio climático. A tal efecto, la Administración municipal, como principio de prevención, incorporará al planeamiento urbanístico y a la concesión de aprovechamiento urbanístico y licencias de obras en suelos colindantes con la línea de costa, el conocimiento generado por las Administraciones estatal y regional sobre alcance previsible de la inundación permanente y ocasional²⁰.

4.2. Cualquier plan o proyecto que razonablemente pueda, en el futuro, quedar amenazado por la subida del nivel del mar permanente u ocasional, deberá incluir en el plan o proyecto un análisis de riesgos.

Para el análisis de riesgos a que se refiere el párrafo anterior, se considerará que el nivel medio del mar en el levante español se situará en 2050 entre 58 y 60 centímetros y para finales de este siglo entre 83 y 104 centímetros sobre el nivel de referencia para los instrumentos topográficos. Es decir, un incremento sobre la altura actual de entre 33 y 35 cm para 2050 y entre 58 y 79 cm para 2099.

4.3. Entendiendo que un edificio proyectado será, en relación con la inundabilidad, tan débil como su componente más débil y que todos se proyectan para superar con creces la vida útil de 50 años y atendiendo al principio de prevención, no se concederá aprovechamiento urbanístico ni licencias de obras para aquellos planes y proyectos para los que, en aplicación de los niveles señalados en el apartado anterior, sea previsible que la cota del nivel medio del mar a final del presente siglo alcance las superficies construidas de nivel topográfico más bajo del citado plan o proyecto.

20 En la web www.cambioclimaticomurcia.carm.es y en concreto en el apartado "RECURSOS DESTACABLES (VISORES, ESTRATEGIA, LIBROS, ESTADÍSTICAS...)" se pueden consultar: visor sobre nivel medio del mar y cambio climático generado en el marco del proyecto life adaptate http://cambioclimaticomurcia.carm.es/index.php?option=com_k2&view=item&id=346:visor-sobre-nivel-medio-del-mar-y-cambio-climatico-generado-en-el-marco-del-proyecto-life-adaptate&itemid=303

Propuesta concreta 5. *Condiciones relativas a la concepción del Planeamiento Urbanístico.*

1. *Incorporación del cambio climático en el Planeamiento de desarrollo*

1.1. En la toma de decisiones municipales relativas a la aprobación del planeamiento, se tomará como objetivo la incorporación de criterios ecoeficientes y sostenibles orientados a reducir las emisiones del metabolismo de la ciudad y a la adaptación al cambio climático.

De las decisiones en materia de urbanismo dependen buena parte de las emisiones de un conjunto de sectores difusos, entre los que destaca el transporte. También, de las condiciones del urbanismo de hoy dependerán los costes de adaptación del futuro.

1.2. Con independencia de aplicar, edificio a edificio, a través de las licencias de obras, medidas para la adaptación y para reducir la contribución de la edificación a las emisiones, estas se deben incorporar a la normativa urbanística de cada nuevo plan.

El nuevo planeamiento urbanístico debe incluir entre sus normas la obligación de condicionar las licencias de obras de los edificios a que estos incorporen medidas concretas de mitigación y adaptación, exigiendo, por ejemplo, entre otros aspectos, la compensación de las emisiones de alcance 1 de las obras y la recogida y utilización del agua de lluvia, junto a las medidas relacionadas con el bajo consumo energético.

1.3. De acuerdo con lo establecido la Ley 13/2015, de 30 de marzo, de ordenación territorial y urbanística de la Región de Murcia, el planeamiento de desarrollo incorporará medidas que permitan reducir o compensar su contribución al cambio climático y preparar su adaptación con especial referencia a la captura y aprovechamiento de las aguas pluviales y a reducir la impermeabilización del suelo. En concreto:

a) En cumplimiento del artículo 124.m, de la Ley 13/2015, los Planes parciales estarán obligados a introducir parámetros de ecoeficiencia con soluciones para paliar los efectos climatológicos como: la utilización de pavimentos permeables como medida para evitar la impermeabilización de suelos; la resolución de la evacuación de aguas mediante redes separativas de pluviales y residuales; el establecimiento de sistemas de reutilización de aguas pluviales (economía circular); la implantación de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN)²¹ en los modelos de urbanización; Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible para aquellos suelos de especiales escorrentías (SUDs); la adopción de medidas de economía

21 *Soluciones Basadas en la Naturaleza*: son instrumentos para mitigar los impactos derivados del cambio climático y favorecer la adaptación basándose en el funcionamiento de los procesos naturales y el aprovechamiento de los recursos naturales. Abarcan soluciones a nivel de edificio, como pueden ser cubiertas o fachadas vegetales o la captura y aprovechamiento del agua de lluvia de las cubiertas. Igualmente, incluyen soluciones a mayor escala utilizables en grandes proyectos de actividades e infraestructuras o en el espacio público en planes de urbanismo. Son ejemplos la aplicación de pavimentos permeables y otras medidas de los sistemas de drenaje sostenible para controlar y aprovechar el agua de escorrentía, o las destinadas a sombrear con arbolado de hoja caduca para aumentar la evapotranspiración y evitar la insolación y reverdecer el espacio no edificado y las infraestructuras, luchando contra el efecto de isla de calor urbano y creando otras utilidades sociales complementarias y cobeneficios, como en el caso de los jardines de agua o los huertos urbanos.

El informe «*Towards an EU Research and Innovation policy agenda for Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities*», publicado en 2014 por la Comisión Europea, incorpora el término "Soluciones Basadas en la Naturaleza" (NBS por sus siglas en Inglés «*Nature-Based Solutions*»). Utiliza este término para identificar aquellas que se inspiran y utilizan los procesos naturales, adaptados a las condiciones locales, como los sumideros de carbono o el ciclo urbano del agua. Son soluciones ecoeficientes con poco consumo de energía y recursos y viables en términos económicos.

circular, reciclaje de residuos de la construcción, eficiencia energética, etc., en todas las instalaciones urbanas”.

b) En cumplimiento del artículo 128.5, de la Ley 13/2015, los planes Especiales establecerán medidas de renaturalización de las ciudades. La rehabilitación de edificios y espacios públicos se realizará con criterios de sostenibilidad, sobre todo en entornos degradados. Se implantarán medidas contra la impermeabilización de suelos urbanos existentes mediante Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) y Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SUDs). Se fomentará la reutilización y reciclado de residuos de la construcción (RCD). Se adoptarán medidas de captación del agua de lluvia en edificios para su posterior reutilización y evitar así el vertido de agua acumulada en cubiertas a las vías públicas, para no incrementar las escorrentías en episodios de precipitación de carácter intenso. Se fomentarán las soluciones basadas en la naturaleza (SBN) en edificios, como la implementación de cubiertas vegetales, siempre que sea posible.

Propuesta concreta 6. *Condiciones relativas a la aprobación de los Proyectos de Obras de Urbanización.*

1. *Incorporación del cambio climático en la redacción y aprobación de los proyectos de obras de urbanización.*

1.1. Con objeto de reducir y/o compensar la contribución de los proyectos de obras de urbanización sobre el cambio climático y reducir los costes de adaptación futuros, estos incorporarán entre sus contenidos la siguiente información y condiciones:

a) Cuantificar la pérdida del stock de carbono para determinar la compensación que será necesaria por las emisiones asociadas a la pérdida definitiva e irreversible de carbono almacenado en suelo y vegetación agrícola y/o natural que será eliminada.

La pérdida de carbono contenido en suelo y vegetación se estimará utilizando la Decisión de la Comisión de la Comisión Europea de 10 de junio de 2010.

Para consultar información complementaria y ejemplos prácticos de uso de la Decisión de la Comisión de la Comisión Europea de 10 de junio de 2010, se pueden utilizar las herramientas (visores y guías) disponibles en la web www.cambioclimaticocomurcia.carm.es

La medida se concretará mediante la incorporación, en el proyecto de obras, de un anejo específico denominado cuantificación de la pérdida de reservas de carbono.

b) Compensar la pérdida de reservas de carbono por transformación de suelos que pasan de suelos anteriormente agrícolas o naturales a viales, edificios y aparcamientos.

Se incorporará al proyecto de obras la forma en que se llevará a cabo la compensación del 100% del stock de carbono contenido en el suelo y vegetación que quedará destruido.

La compensación se concretará mediante la incorporación, en el proyecto de obras, de un anejo específico denominado compensación de la pérdida de reservas de carbono con detalle de proyecto ejecutivo.

c) Cálculo y compensación del 26% de las emisiones de directa responsabilidad (alcance 1 de la huella de carbono) del promotor por las obras de urbanización en la fase de obras

Para valorar las emisiones de la ejecución material de las obras de urbanización y/o edificación en toneladas de CO₂eq y, en consecuencia, determinar la cantidad que se ha de compensar, se utilizarán factores de emisión y hojas de cálculo de carácter oficial. Entre estas está la desarrollada por el proyecto HUECO₂ (herramienta de cálculo derivada de un proyecto financiado por la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico).

El cálculo se incorporará al proyecto de obras en un anejo específico con el nombre de cálculo de la huella de carbono de alcance 1 de las obras proyectadas.

Igualmente, se incorporará al proyecto de obras de urbanización otro anejo específico, destinado a la compensación de esas emisiones calculadas con el nombre de compensación de emisiones de alcance 1 generadas para dar lugar a las obras, con detalle de proyecto (memoria, planos y presupuesto). Este tendrá como objetivo conseguir una compensación del 26% de las emisiones de alcance 1 estimadas por las obras.

d) Incorporar un carril bici

El proyecto de obras de urbanización incorporará el o los carriles bici y áreas de aparcamiento de bicicletas señalizadas, accesibles e iluminadas, que pudieran conectar las zonas proyectadas con otras zonas de la ciudad o los puntos de actividad cercanos.

La aprobación del proyecto de obras de urbanización quedará condicionada a que se incluyan, mediante un anejo específico denominado carril y aparcamientos bici, los aspectos señalados en relación con la incorporación de los desplazamientos en bicicleta.

e) Aplicación del objetivo de cubrir mediante energías alternativas el consumo de electricidad de los elementos comunes del nuevo espacio urbano

El proyecto de obras de urbanización contendrá los elementos necesarios que permitan alcanzar el 100% de la energía eléctrica de alumbrado público y otros elementos comunes de la urbanización (bombas de impulsión de agua para riego, etc.), con energías alternativas implantadas en el ámbito territorial de la actuación proyectada. El estudio de energías alternativas y el Plan de Medidas que ejecutar que permita el 100% de autogeneración energética y autoconsumo debe ser aprobado junto con el proyecto de obras de urbanización resultante y formará parte de este mediante el anejo específico denominado 100% energía renovable para usos comunes.

f) Captura y aprovechamiento de las aguas pluviales, como elemento de adaptación al cambio climático, mediante zonas de infiltración forzada o medidas equivalentes en aceras, viales y demás espacios comunes para recuperación, almacenamiento y utilización del agua de lluvia

El proyecto de obras de urbanización contemplará el objetivo de capturar el máximo de agua de lluvia posible y de reducir los efectos negativos del sellado del suelo. En consecuencia, incluirá las medidas necesarias para capturar y aprovechar el agua de lluvia no

capturada por los futuros edificios. La red de captura y aprovechamiento del agua de lluvia contendrá la red de aguas pluviales separada de la de alcantarillado y los depósitos y demás elementos necesarios. La recogida de pluviales debe permitir el riego del arbolado a que se refiere el apartado siguiente. Para este riego no se podrá utilizar agua potable procedente de la red ni aguas externas al ámbito de la actuación proyectada. Todo ello debe quedar recogido en el proyecto de obras de urbanización como anejo específico con el nombre de captura y aprovechamiento de las aguas pluviales.

g) Incorporar vegetación arbórea de hoja caduca en las aceras y demás infraestructuras

El fenómeno por el que la temperatura en un entorno edificado es superior al medio rural es conocido como “isla de calor urbano”. Este fenómeno es consecuencia de la acumulación de calor local, debido al uso masivo de materiales absorbentes como el hormigón y, especialmente, el asfalto con su color negro. Los espacios exteriores sombreados y, en especial, la aportación de la evapotranspiración del arbolado de hoja caduca contribuye a reducir dicho efecto, mejorando de este modo el microclima del emplazamiento.

El uso de elementos naturales para reducir el mencionado fenómeno, además del efecto termorregulador, contribuye a establecer un entorno más agradable. Estos elementos naturales permiten, además, compensar parte el CO₂ que es emitido por la fase de obras o por la fase de funcionamiento de los nuevos desarrollos urbanos.

Por lo tanto, el proyecto de obras de urbanización resultante debe incorporar la vegetación arbórea de hoja caduca en las aceras y demás infraestructuras que permitan reducir el efecto de isla de calor urbano, y todo ello quedará concretada en un anejo específico titulado incorporación vegetación arbórea de hoja caduca.

h) Inclusión de los costes de las medidas para mitigación y adaptación al cambio Climático en los costes de urbanización

La evaluación económica de las medidas preventivas correctoras y compensatorias propuestas, en relación con el cambio climático, formarán parte de los costes de urbanización que se tomarán como base para calcular y constituir la garantía con objeto de asegurar el deber de urbanización, a que se refiere el artículo 186 de la Ley 13/2015.

Propuesta concreta 7. *Control del cumplimiento de las medidas establecidas en la ordenanza*

1. Inspección municipal

1.1. Las licencias de obras y/o de actividad referidas en la ordenanza comportan, como cualquier licencia municipal, el sometimiento de su ejecución a la vigilancia e inspección del ayuntamiento, así como a la comprobación final por los Servicios Técnicos municipales, para constatar si aquéllas se han ajustado a la licencia otorgada, a los planes o proyectos aprobados y a las ordenanzas aplicables.

1.2. Durante la ejecución de cualquier obra, los técnicos y auxiliares de los Servicios municipales correspondientes podrán examinarla, así como requerir la asistencia del propietario, del constructor o empresa constructora y Técnico director o colaborador a las visitas

de inspección o de cualquiera de ellos. El incumplimiento de estos deberes, debidamente acreditado en el expediente, podrá ser sancionado con la suspensión de la ejecución de las obras y licencias.

1.3. Si los técnicos municipales dictaminan que la ejecución infringe esta ordenanza, podrán decretar la suspensión de las obras y ordenar la adopción de las medidas necesarias.

1.4. A la terminación de las obras, el titular de la licencia deberá ponerlo en conocimiento del ayuntamiento, dentro del plazo de quince días, mediante instancia acompañada de certificado de terminación de aquellas suscrito por el Técnico director, visado por el Colegio Oficial correspondiente, que acredite que se han realizado de acuerdo con el proyecto presentado y aprobado y las condiciones impuestas en la licencia, a los efectos de comprobación técnica municipal.

1.5. El ayuntamiento, en las materias de su competencia respectiva, realizará la comprobación administrativa de las condiciones impuestas en la licencia de obras y/o de actividad concedida y en los proyectos aprobados.

1.6. En ningún caso se entenderán adquiridas licencias por silencio administrativo en contra de esta ordenanza, la legislación o el planeamiento aplicable.

2. Incumplimiento de las determinaciones de esta ordenanza

2.1. El incumplimiento de las determinaciones de la ordenanza y, en su caso, la aplicación del régimen sancionador para los incumplimientos relacionados con el planeamiento urbanístico y las licencias de obras se realizará de acuerdo con los capítulos tercero y cuarto del TÍTULO X, relativos a la intervención administrativa y protección de la legalidad territorial y urbanística, de la Ley 13/2015, de 30 de marzo, de ordenación territorial y urbanística de la Región de Murcia.

2.2. El incumplimiento de las determinaciones de la ordenanza y, en su caso, la aplicación del régimen sancionador para los incumplimientos relacionados con la licencia de actividad se realizará de acuerdo con el TÍTULO VIII Control y disciplina ambiental de la Ley 4/2009 de Protección ambiental integrada de la Región de Murcia.

Propuesta concreta 8. Disposiciones adicionales

Primera. El ayuntamiento, en la medida en que sus recursos económicos lo puedan permitir, podrá conceder ayudas económicas para favorecer la consecución de los objetivos previstos en esta ordenanza.

Segunda. El ayuntamiento promoverá acciones de divulgación con especial atención a los profesionales y actores que intervienen en el proceso edificatorio.

Propuesta concreta 9. Disposiciones transitorias

Primera. Las especificaciones propuestas no se aplicarán a los expedientes que se encuentren en tramitación en la fecha de su entrada en vigor y, en concreto, no se aplicarán a las obras de nueva construcción y a las intervenciones en edificios existentes que, en

ambos casos, tengan solicitada la licencia municipal de obras a la entrada en vigor de esta ordenanza.

Dichas obras deberán comenzar dentro del plazo máximo de eficacia de dicha licencia, conforme a su normativa reguladora, y, en su defecto, en el plazo de seis meses contado desde la fecha de otorgamiento de la referida licencia. En caso contrario, los proyectos deberán adaptarse a las condiciones que se aprueban mediante esta ordenanza.

Segunda. El objetivo del 26% de reducción o compensación de emisiones con horizonte 2030 se adaptará a los nuevos objetivos que se deriven de la Ley Europea del Clima y, en concreto, el que establezca el nuevo Reglamento Europeo de Reparto de Esfuerzos que sustituya al vigente Reglamento (UE) 2018/842 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018, sobre reducciones anuales vinculantes de las emisiones de gases de efecto invernadero por parte de los Estados miembros entre 2021 y 2030.

Propuesta concreta 10. *Disposición final*

Se propone como es habitual que la ordenanza una vez aprobada Pleno de la Corporación entre en vigor al día siguiente de su publicación en el Boletín Oficial de la Región de Murcia y regirá en tanto no se acuerde su modificación o derogación.

ANEXO A. Determinación de las emisiones generadas por destrucción de sumideros

El cambio de uso del suelo va a liberar la mayor parte del carbono secuestrado en suelo y vegetación y va a suponer la pérdida del carbono secuestrado²² y de la capacidad de secuestro o remoción de carbono.

Así pues, con objeto de evaluar la pérdida de capacidad de secuestro o remoción de carbono asociada a estos cambios de uso en el suelo, así como para poder establecer posteriormente medidas de compensación, se hace necesario cuantificar el contenido de carbono orgánico que tienen esos suelos y vegetación.

Las reservas de carbono en el suelo dependen del clima y el tipo de suelo. Un método sencillo de estimar el contenido en carbono orgánico de un suelo es el desarrollado en la “Decisión de la Comisión Europea de 10 de junio de 2010, sobre directrices para calcular las reservas de carbono en suelo”²³, basada en la Guías del IPCC para inventarios nacionales de emisiones de gases de efecto invernadero.

La Decisión permite cuantificar por un lado el carbono orgánico en suelo y por otro la reserva de carbono en la vegetación por encima y por debajo del suelo, ambos medidos como masa de carbono por hectárea.

En el marco del proyecto LIFE ADAPTATE, se redactó una guía de cálculo del contenido en carbono de los suelos²⁴. En esa guía se pueden ver ejemplos concretos de utilización de la Decisión de la Comisión Europea de 10 de junio de 2010, para la estimación de las reservas de carbono en el suelo y vegetación.

Para concretar la compensación necesaria a efectos de aplicación de esta ordenanza se considerará, como hace el Ministerio de Medio Ambiente de Francia²⁵, que los cambios de uso del suelo que transforman suelos agrícolas o forestales a suelos impermeabilizados (vías, aparcamientos o edificios) suponen una emisión equivalente al total del stock de carbono contenido en el suelo.

En la web www.cambioclimaticomurcia.carm.es y en concreto en el apartado “RECURSOS DESTACABLES (VISORES, ESTRATEGIA, LIBROS, ESTADISTICAS...)” se pueden consultar:

- Cálculo reservas de carbono para el procedimiento de evaluación ambiental:

http://cambioclimaticomurcia.carm.es/index.php?option=com_k2&view=item&id=313:calculo-de-las-reservas-de-carbono&itemid=303

22 Si utilizamos para los nuevos proyectos de actividades y desarrollo urbano nuevo suelo que está dedicado a actividad agrícola emitimos el carbono que durante décadas e incluso siglos ha sido retenido en el suelo (en la Región de Murcia entre 100 y 150 toneladas de CO₂ por hectárea) pero también si el cultivo destruido es un cultivo leñoso (olivo, almendro, viñedo, agríos, frutales..) emitimos además la reserva de carbono en la vegetación es decir el carbono contenido en la masa viva por encima y por debajo del suelo (entre 100 y 150 toneladas de CO₂ por hectárea).

En consecuencia, la transformación de un suelo agrícola y destrucción de la vegetación arbolada supone emitir el carbono acumulado en suelo y vegetación cuya suma representa entre 200 y 300 toneladas de CO₂ por hectárea.

23 La DECISIÓN DE LA COMISIÓN de 10 de junio de 2010 sobre directrices para calcular las reservas de carbono en suelo a efectos del anexo V de la Directiva 2009/28/CE (DOUE de 17 del 6 de 2010)

24 <http://lifeadaptate.eu/wp-content/uploads/Estimaci%C3%B3n-del-Carb%C3%B3n-Org%C3%A1nico-en-suelo-y-vegetaci%C3%B3n.zip>

25 Base de datos de factores de emisión Base Carbone 2016. Página 79

<http://bilans-ges.ademe.fr/docutheque/docs/%5BBase%20Carbone%5D%20Documentation%20g%C3%A9n%C3%A9rale%20v11.5.pdf>

ANEXO B. Determinación de la huella de carbono de alcance 1

1.1. Conceptos básicos. Alcance de las emisiones

La huella de carbono aplicada a un plan o proyecto representa las emisiones netas de gases de efecto invernadero (GEI) que se generarían en las obras necesarias para llevarlo a cabo o en su funcionamiento.

La determinación de la huella de carbono es sencilla. Los cálculos se basan en identificar las fuentes previstas de emisión y el tipo de GEI.

Los gases que considerar son los seis grupos de gases inicialmente señalados por el Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC), hexafluoruro de azufre (SF₆), junto con el trifluoruro de nitrógeno (NF₃), incorporado a finales de 2012.

Las emisiones de cada tipo de fuente para considerar son todas aquellas que puedan generar alguno de los gases señalados en el párrafo anterior. Estas emisiones son calculadas a partir de datos indirectos, como son los "datos de actividad", por ejemplo: litros de combustibles de origen fósil que se prevé se consumirán. Los valores que permiten transformar estos datos de actividad en emisiones de gases de efecto invernadero se denominan "factores de emisión."

La multiplicación de los datos de actividad por el factor de emisión permite calcular la cantidad emitida para cada tipo de GEI. Cuando se trata de emisiones de diferentes gases y para poder sumarlos, deben ser expresados como CO₂ equivalente (CO₂eq). La transformación a unidades de CO₂ equivalente se hace tomando como referencia el potencial de calentamiento global (*Global Warming Potential*)²⁶ que tiene cada gas. En consecuencia, para la huella de carbono se deben contemplar las previsible emisiones de cualquiera de los 7 gases o grupos de gases señalados, convertidos a CO₂eq.

De una forma simplificada, la huella de carbono se puede expresar mediante la siguiente ecuación:

Huella de carbono prevista en kg de CO₂eq (CO₂ equivalente) = datos de actividad (cantidades, por ejemplo, litros de combustible) por factores de emisión (expresados en kg de CO₂eq /cantidad)

Para ayudar a determinar la responsabilidad en las emisiones, se introduce el concepto de "alcance". Con la denominación de "alcance 1" se refiere a las "emisiones directas", en nuestro caso: emisiones que son responsabilidad del promotor del plan o proyecto (combustibles

26 Potencial de calentamiento global (PCG): factor que describe el impacto de la fuerza de radiación (grado de daño a la atmósfera) de una unidad de un determinado GEI en relación con una unidad de CO₂. Este potencial de calentamiento global permite la equivalencia de otros GEI con el CO₂ y es la siguiente:

1	Dióxido de carbono (CO ₂)
30	Metano (CH ₄) de origen fósil
28	Metano (CH ₄) de origen biogénico
265	Óxido nitroso (N ₂ O)
12-14.800	Hidrofluorocarbonos (HFC)
7.390-12.200	Perfluorocarbonos (PFC)
22.800	Hexafluoruro de azufre (SF ₆)
17.200	Trifluoruro de nitrógeno (NF ₃)

que se consumirán, emisiones previstas de metano de una granja, emisiones de óxido nitroso por abonado nitrogenado en el funcionamiento de la agricultura, etc.); en el "alcance 2" incluye las "emisiones indirectas asociadas a la compra de electricidad" (emisiones realizadas por el productor de electricidad para generar la energía eléctrica que el plan o proyecto estimamos que consumirá) y en el "alcance 3" se relacionan el resto de emisiones indirectas: "otras emisiones indirectas" asociadas a la adquisición de materiales (por ejemplo: áridos, agua, combustibles, etc.) o servicios necesarios (por ejemplo: gestión de residuos externa), realizadas por los fabricantes y transportistas, que se prevé sería necesario adquirir o contratar para las obras o para el funcionamiento de la actividad, plan o proyecto.

El alcance es, por tanto, muy importante, ya que acota la responsabilidad en cuanto a la contribución al cambio climático del promotor del plan o proyecto²⁷.

El alcance que tiene interés a los efectos de esta ordenanza y a efectos de plantear las posibles compensaciones de emisiones es el alcance 1.

1.2. Factores de emisión

En España, con el fin de facilitar el cálculo de la huella de carbono para inscripción en el Registro Nacional de Huella de Carbono, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico publica anualmente los factores de emisión²⁸ de combustibles, tanto para instalaciones de combustión fija como para vehículos.

La estimación de la huella de carbono de alcance 1 de los consumos de combustibles es sencilla. Los datos de actividad en estos casos estarán formados por las cantidades de los distintos combustibles fósiles que se prevé que consumirá el plan o proyecto, a lo largo de las obras o en su funcionamiento. Entre los más comunes se pueden citar: gas natural (en kWh o en m³), gas propano (kg), gasoil (litros) y gasolina (litros).

Para calcular las emisiones asociadas a los datos de actividad, debe aplicarse siempre que sea posible el factor de emisión recogido en la página web del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y, en su caso, de las Comunidades autónomas.

El otro elemento fundamental de las emisiones de alcance 1 en cuanto al consumo de combustibles es el realizado por los vehículos propios y maquinaria. En este apartado se incluye el consumo realizado por maquinaria y el realizado por el transporte que se prevé que se realizaría por los vehículos propios y por los ajenos respecto de los que se tiene el control de la gestión, es decir, aquellos elementos de transporte cuyo gasto de combustible corra a cargo del responsable del plan o proyecto. Esto incluye, por lo tanto, vehículos en propiedad, leasing, renting, etc.

Para llevar a cabo el cálculo es necesario estimar los consumos de combustibles de maquinaria y vehículos. Si no se dispone de una estimación de consumo de combustible que se produciría, se pueden estimar los kilómetros que se van a recorrer por cada marca y

27 Se contabilizan como de alcance 1 las emisiones que se producirían por el consumo de combustibles por fuentes propias o controladas por la organización promotora del plan o proyecto sometido a autorización(organización que calcula la huella de carbono).

28 https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factores_emision_tcm30-479095.pdf

modelo del vehículo (diésel o gasolina). Las calculadoras de la página web del Ministerio²⁹ permiten el cálculo a través de las dos opciones: kilómetros o consumo.

Las emisiones debidas al uso de biomasa como combustible son unas emisiones de alcance 1 muy particulares, ya que computan como cero emisiones. Se considerará que no hay emisiones netas de CO₂ porque participan en el ciclo corto del carbono, devolviendo a la atmósfera el CO₂ capturado por la fotosíntesis para producir esa biomasa. Por esta razón, el factor de emisión de biomasa es cero en su alcance 1³⁰.

Una fuente de información completa sobre factores de emisión aplicables a cualquier tipo de proyecto son la guías para los inventarios nacionales de emisiones elaboradas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)³¹. También, fuentes de información institucionales sobre factores de emisión podemos encontrar en numerosos países europeos. A modo de ejemplo, se pueden citar la de los Ministerios de Medio Ambiente de Francia³², Reino Unido³³ y, en España, Registro Nacional de Huella de Carbono³⁴ y Oficina de Cambio Climático de Cataluña³⁵.

Una base de datos específica para factores de emisión de obras públicas de gran utilidad para cualquier obra o edificación es "hueCO₂". Cuando se dispone de un proyecto de ejecución (con unidades de obra y datos concretos) se puede utilizar la herramienta "hueCO₂" para la estimación concreta de la huella de carbono que supondrá la construcción de la obra con esas partidas y esos datos³⁶.

La base de datos hueCO₂ incluye 200 factores de emisión, de los que 125 corresponden a los distintos tipos de maquinaria y están expresados en horas de trabajo proyectadas para de cada tipo de máquina. En el caso del transporte con vehículos propios el factor de emisión contempla toneladas por kilómetro recorrido, es decir la distancia a la obra.

29 <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/calculadoras.aspx>

30 Artículo 38 y siguientes del REGLAMENTO (UE) No 601/2012 DE LA COMISIÓN de 21 de junio de 2012 sobre el seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero en aplicación de la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2012-81254>

31 <https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/>

32 Se puede consultar la documentación recogida en las Bases de Datos "Base Carbone" <https://www.bilans-ges.ademe.fr/en>
<http://bilans-ges.ademe.fr/docutheque/docs/%5BBase%20Carbone%5D%20Documentation%20g%C3%A9n%C3%A9rale%20v11.5.pdf>

33 Se puede consultar los recogidos en los documentos elaborados por el Gobierno Británico
<https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2019>

34 <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/inscripcion-registro.aspx>

35 Se puede consultar la documentación recogida en la Guías Prácticas elaboradas por la Oficina Catalana de Cambio Climático
https://canviclimatic.gencat.cat/es/actua/guia_de_calcul_demissions_de_co2/
https://canviclimatic.gencat.cat/web/content/04_ACTUA/Com_calcular_emissions_GEH/guia_de_calcul_demissions_de_co2/191126_Guia-practica-calcul-emissions_CA.pdf
https://canviclimatic.gencat.cat/web/content/02_OFICINA/publicacions/publicacions_de_canvi_climatic/Estudis_i_docs_mitigacio/Aigua_i_cc/150213_Metodologia-de-calcul-emissions-consum-aigua_CAT_vf.pdf
https://canviclimatic.gencat.cat/web/content/04_ACTUA/Com_calcular_emissions_GEH/guia_de_calcul_demissions_de_co2/2019_Metodologia-de-calcul-de-la-petjada-de-carboni-de-residus_CAT.pdf

36 <http://hueco2.tecniberia.es/>

ANEXO C. Métodos de reducción o compensación de emisiones aplicables a los planes y proyectos.

Relación entre reducción y compensación

Cuando la reducción de emisiones es de alcance 1 de la huella de carbono prevista para las obras o para el funcionamiento del proyecto sometido a licencia de obras o actividad, se convierten en opciones de reducción de emisiones.

Sin embargo, cuando las emisiones reducidas no son de alcance 1 del proyecto sometido a licencia de obras o actividad, se convierten en opciones de compensación para el proyecto sometido a licencia de obras o actividad por emisiones evitadas. Este es, por ejemplo, el caso de acciones que sustituyen, en el proyecto sometido a licencia de obras o actividad, el suministro exterior de energía eléctrica por autogeneración (energía eléctrica producida mediante instalaciones de fotovoltaica, eólica o biogás). Estamos en el ámbito de emisiones de alcance 2 del proyecto sometido a licencia de obras o actividad y, por tanto, todo lo que se haga para autogenerar energía eléctrica supone reducciones en el alcance 1 del suministrador/generador y se convierte en compensaciones para nuestro proyecto por emisiones evitadas en otros (el suministrador/generador de energía eléctrica).

Otro ejemplo es la captura y aprovechamiento de agua de lluvia. En este caso, estamos en el ámbito emisiones de alcance 3 del proyecto sometido a licencia de obras o actividad (emisiones que otros realizan para proveernos de agua, materias primas y servicios) y, por tanto, todo lo que se haga para no gastar agua de suministradores externos supone reducciones en el alcance 1 y 2 del suministrador de agua, que se convierten en compensaciones para el proyecto sometido a licencia de obras o actividad, por emisiones evitadas en otros (el suministrador de agua).

Métodos de compensación

La compensación de una tonelada de gases de efecto invernadero constituye una reducción neta de emisiones, ya que las emisiones se mezclan uniformemente en la atmósfera. Así, las reducciones o absorciones en cualquier lugar y desde cualquier actividad pueden cancelar las emisiones de otro lugar y actividad. La dinámica atmosférica distribuye las emisiones realizadas desde cualquier punto. Lo importante es reducir la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera en su conjunto, por lo que es indiferente desde qué punto se “remueven” (se retiran) y, por tanto, son capturadas por un sumidero o desde qué punto se evitan las que se podrían producir (emisiones evitadas).

En consecuencia, la compensación se puede llevar a cabo bien mediante emisiones evitadas (acciones o proyectos que deberían llevar a prevenir futuras emisiones), o bien mediante el incremento o manejo de la capacidad de sumidero que consiga, mediante el almacenamiento del carbono en la vegetación o en el suelo, una retención equivalente a la reducción de emisiones necesaria.

1. Compensación por emisiones evitadas

1.1. Emisiones evitadas por utilización de energías renovables

Uno de los ejemplos clásicos de compensación por emisiones evitadas es el de las energías renovables.

Las condiciones climáticas locales en la región y las opciones tecnológicas de las energías renovables, con multitud de tamaños y potencias de los equipos individuales (desde los 5-10 kW de instalaciones solares térmicas o fotovoltaicas en entornos urbanos, hasta los 1,5 MW de los aerogeneradores eólicos), permiten que las energías renovables sean una interesante y ecoeficiente forma de compensación de emisiones.

1.1.1. Dentro de las energías renovables, una de las opciones de compensación mediante emisiones evitadas es la instalación de energía solar fotovoltaica que permita el autoconsumo de energía eléctrica. Desde la perspectiva de un proyecto, el autoconsumo puede ser una alternativa económica más ventajosa que el suministro tradicional de electricidad por suministradores externos.

Por sus características ecoeficientes (ambiental y económicamente favorable), esta es una de las opciones de compensación de emisiones de mayor interés.

La parte ambiental del carácter ecoeficiente, como opción de compensación por emisiones evitadas, se debe a que se dan las circunstancias siguientes:

-Para producir un kWh en España se emiten como media del mix eléctrico peninsular 0,331 kg de CO₂³⁷.

-Cada metro cuadrado de panel para energía solar fotovoltaica produce cada año en el levante español alrededor de 270 kWh.

Si aplicáramos con carácter general este factor, cada metro cuadrado de panel compensaría 89,37 kg cada año, es decir 0,09 toneladas de CO₂.

La parte económica del carácter ecoeficiente como opción de compensación por emisiones evitadas se debe a que se dan las circunstancias siguientes:

-El coste de instalación de un metro cuadrado de panel de energía solar fotovoltaica se sitúa en unos 140 euros.

-Con esta opción, al tiempo que se compensan las emisiones, se reduce la factura eléctrica por cada metro cuadrado de panel solar en 40 euros cada año.

Si se opta por las emisiones evitadas a través del uso de energías solar fotovoltaica mediante instalación externa al suelo afectado por el proyecto, solo se aceptarán las opciones que no

³⁷ https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Otros%20documentos/Factores_emision_CO2.pdf

En este documento elaborado en 2016 conjuntamente por los Ministerios de Industria y Energía y el de Fomento se proponen como factor de emisión representativo del Sistema Peninsular: 331 g CO₂/kWh.

Muy parecido es el dato estimado por la Oficina Catalana de Cambio Climático para el mix eléctrico peninsular de 2018. Producir un kWh en España en 2018 supuso, como media peninsular, emitir 0,321 kg de CO₂.

consuman “nuevo suelo” (se entenderá como nuevo suelo que desempeña el uso agrícola o forestal), que no sea previamente industrial o suelo contaminado o deteriorado. Si la opción de energía renovable es a través de la instalación de energía solar fotovoltaica, se proyectará para su instalación en el ámbito del proyecto, salvo que por inviabilidad técnica o por aspectos relacionados con la seguridad no se pueda. En este caso, la instalación fotovoltaica fuera del suelo industrial o de actividad económica donde se ubicará el proyecto, actividad o explotación, a efectos de que pueda ser computado como compensación de emisiones, solo se aceptará si se realiza sobre cubiertas, en edificios de entidades de interés social de carácter benéfico de reconocido arraigo, en el ámbito del municipio donde se ubica el plan o proyecto sometido a aprobación o licencia. En este caso, para que el promotor pueda anotarse las compensaciones deberá financiar las instalaciones y entregarlas, para su uso totalmente gratuito y al menos durante 25 años de vida útil, a las entidades sin ánimo de lucro y de interés social de carácter benéfico del término municipal que, de esta forma, reducirán o anularán su factura por consumo de electricidad durante la vida útil de las instalaciones.

1.1.2. Energía renovable basada en aprovechar el potencial energético de los residuos agroalimentarios y en concreto a través del biogás o gas verde

La industria agroalimentaria genera gran cantidad de residuos, como los restos de cosechas hortofrutícolas o los desechos de las actividades ganaderas y de la industria alimentaria en general que, potencialmente, pueden ser utilizados para la producción de biogás³⁸, a partir de la digestión anaerobia controlada de estos residuos y subproductos.

El biogás es un combustible generado gracias a la acción de microorganismos que, bajo condiciones controladas y en ausencia de oxígeno (digestión anaerobia), degradan la materia orgánica y la transforman en un gas rico en metano. Además, el material sobrante de la producción de biogás (digestato) es un fertilizante biológico que puede reducir el uso de fertilizantes minerales y, de esta forma, genera emisiones evitadas por la sustitución de nitrógeno de síntesis y de otros nutrientes que no será necesario fabricar.

El biogás generado (compuesto en su mayor parte por metano) se convierte en un excelente combustible por ejemplo para producir electricidad o calor o cualquier otro uso semejante a los que presta el gas natural. La utilización del biogás produce emisiones evitadas porque puede reemplazar a los combustibles fósiles.

Numerosas iniciativas y proyectos apoyados por la Unión Europea han fomentado desde hace años el biogás. Una de las más interesantes es la que apuesta por plantas de pequeñas dimensiones³⁹. La implantación de plantas de biogás a pequeña escala supone ventajas como disponibilidad energética (puede garantizar el autoconsumo). Además, la reducción de las emisiones de metano es relevante ya que este gas produce 28 veces más efecto invernadero que el CO₂. Este tipo de instalaciones posibilita que los residuos puedan ser valorizados energéticamente, en el mismo lugar en el que se produce.

38 <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/biogas>

39 Puede consultarse en este sentido Biogás3, proyecto coordinado por AINIA www.biogas3.eu

A diferencia de otras energías renovables, el biogás puede producirse a un ritmo constante y es fácil de almacenar. Sus aplicaciones son muy variadas, ya que no solo puede destinarse a la producción eléctrica, sino también a la producción de calor y otros usos de la energía. Las posibilidades del biogás depurado (biometano) son especialmente interesantes en el caso del transporte de mercancías con vehículos pesados, como los camiones, que son más difíciles de electrificar. También es de gran utilidad para flotas de autobuses.

En un contexto de transición hacia una economía baja en carbono y circular, el biogás como energía renovable ofrece muchas posibilidades a los sectores de la agricultura, la ganadería y la industria alimentaria.

1.2. Emisiones evitadas por reducción de desplazamientos de trabajadores mediante aplicación del teletrabajo y el uso de las videoconferencias.

Las actividades que, en su funcionamiento, anuncien la opción de teletrabajo y las reuniones *on line* y por videoconferencias, además de los beneficios de ahorro en emisiones por consumo de carburantes, reducen el resto de los costes sociales que genera el tráfico (contaminación atmosférica y efectos sobre la salud congestión y tiempo perdido, ruido, accidentes costes de reposición de infraestructuras...) y contribuyen a reducir el efecto "isla de calor", que se concentra en zonas urbanas durante los meses de verano.

El fomento desde la empresa de la reducción de desplazamientos de los trabajadores en vehículos privados que consumen combustibles fósiles (que son emisiones de alcance 1 de los trabajadores y de alcance 3 de la empresa) puede convertirse en una opción de compensación por emisiones evitadas para la actividad solicitadora de licencia.

1.3. Emisiones evitadas por aprovechamiento de recursos y aplicación de la economía circular a la economía baja en carbono

1.3.1. Emisiones evitadas por captura y utilización de agua de lluvia y en su caso aguas grises

También, junto a la utilización de energías renovables, una opción de emisiones evitadas interesante y ecoeficientes es la relacionada con el agua de suministro. En la Región de Murcia, con una creciente escasez de agua y elevadas tarifas de los servicios municipales de suministro, la captura y el aprovechamiento del agua de lluvia constituyen una posibilidad de compensación que podemos utilizar todos y muy especialmente las grandes instalaciones. Existen numerosos usos del agua que no requieren una calidad de agua potable y para las cuales el agua de lluvia es una alternativa eficaz y adecuada⁴⁰, como muestran numerosos documentos y guías técnicas⁴¹.

40 Las instalaciones para el aprovechamiento de aguas pluviales están formadas por una o varias cisternas en superficie o enterradas, donde se vierten las aguas pluviales recogidas de cubiertas y tejados y desde donde se impulsan posteriormente a los puntos de consumo mediante una red de canalización independiente. Las aguas pluviales se emplean principalmente en la recarga de las cisternas de los inodoros, en el riego de zonas ajardinadas, en el lavado de suelos en el interior y/o exterior de edificaciones y en el lavado de vehículos.

41 Entre las guías que constituyen referente técnico para los profesionales de la arquitectura sostenible, la ingeniería y departamentos técnicos de la Administración Pública se puede citar documento "Guía Técnica de Aprovechamiento de Aguas Pluviales en Edificios"

https://www.aquaespana.org/sites/default/files/documents/files/2016.Guia_.tecnica.pluviales.pdf

La captura y utilización de un m³ de agua de lluvia supone emisiones evitadas ya que se evita su producción y suministro y en su caso el saneamiento y depuración. Además, reducimos la factura por suministro y contribuimos a reducir los daños por escorrentía. Cosechar y aprovechar el agua de lluvia es además de una medida de mitigación una medida de adaptación al cambio climático.

Cada metro cubico de agua suministrada por los servicios municipales⁴², en países de la Unión Europea, supone para su potabilización y distribución y tratamiento unas emisiones de unos 0,4 kg de CO₂. Es decir, ahorrar en el consumo de agua de la red o aprovechar el agua de lluvia supone evitar 0,4 kg de CO₂ por cada m³ no consumido (se evita su potabilización y suministro y se evita su entrada en los sistemas de saneamiento y depuración).

Las ventajas en cuanto a emisiones evitadas y a la aplicación de la ecoeficiencia y la economía circular que se han comentado para la captura y aprovechamiento del agua de lluvia son igualmente aplicables a la reutilización de las aguas grises⁴³.

1.3.2. Emisiones evitadas por sustitución de abonado de síntesis gracias a la aplicación de purines y estiércol en la agricultura

Un ejemplo de compensación por emisiones evitadas es la aplicación de purines y estiércol en la agricultura (modo de compensación que es utilizado habitualmente en ganadería) cuyo contenido en nitrógeno de entre 3 y 5,7 kg/m³ de purín, sustituye la necesidad de suministrar una parte del abonado nitrogenado de síntesis que, de esta forma, no es necesario fabricar ni transportar hasta los cultivos.

La fabricación de abonos minerales supone importantes emisiones de CO₂. Se barajan cifras de entre 5 y 10 kg de CO₂eq/por kg de nitrógeno producido en fabrica, lo que puede suponer unas emisiones evitadas de hasta 57 kg de CO₂eq (entre 15 y 57) en caso de utilizarse el purín.

El ahorro de abonado mineral supone, por tanto, evitar emisiones por fabricación y transporte de abonos que de esta forma deja de ser necesario. La utilización del purín como enmienda orgánica es una práctica ecoeficiente, que permite una sustitución total o parcial de la fertilización mineral, evitando emisiones al tiempo que se realiza la gestión del purín producido. El purín generado por un cerdo de cebo al año contiene unos 10 kg de nitrógeno y 27 si se trata de cerdas reproductoras criando.

1.3.3. Emisiones evitadas por recuperación de recursos de los residuos

También, en sectores dedicados a la gestión de residuos, la recuperación de recursos contenidos en los residuos genera emisiones evitadas. Para este tipo de emisiones evitadas, se pueden tomar como factores de emisión los considerados en la base de datos oficial de la Administración ambiental del Gobierno Francés "*Base Carbone 2019*"⁴⁴.

42 <http://bilans-ges.ademe.fr/docutheque/docs/%5BBase%20Carbone%5D%20Documentation%20g%C3%A9n%C3%A9rale%20v11.5.pdf>

https://canviciumatic.gencat.cat/web/contenut/02_OFICINA/publicacions/publicacions_de_canvi_climatic/Estudis_i_docs_mitigacio/Aigua_i_cc/150213_Metodologia-de-calcul-emissions-consum-aigua_CAT_vf.pdf

43 Son aguas procedentes de bañeras, lavabos, cocina, lavavajillas o lavadoras, en viviendas, hoteles y numerosas actividades, su nombre es debido a su aspecto turbio y por su condición de estar en un punto intermedio entre el agua potable y las aguas residuales. Este tipo de aguas se pueden reutilizar de manera directa en el inodoro y si se efectúa un tratamiento sencillo, pueden ser fácilmente utilizadas en usos como el riego de zonas verdes o la limpieza de exteriores.

44 <http://www.bilans-ges.ademe.fr/en/accueil>

Recursos contenidos en los residuos. Material recuperado	Emissiones evitadas (toneladas de CO ₂ eq/año) por tonelada de material recuperado
Cartón	0
Papel	0
Plásticos mezclados	-2,181
PET	-3,068
Vidrio	-0,514
Metales férricos (con acero)	-1,273
Metales no férricos (con aluminio)	-7,241
Compost	-0,035

1.3.4. Emisiones evitadas por utilizar productos y materias primas procedentes o fabricadas con materiales reciclados

La reutilización es una clara opción de emisiones evitadas, porque se vuelven a utilizar sin necesidad de nueva fabricación (por ejemplo, en la obra reutilización de materiales de construcción), pero también el reciclado. El consumo de productos realizados con materiales reciclados tiene un menor impacto en el medio ambiente durante todo su ciclo de vida. Estos productos cumplen la misma o mejor función y generan menos emisiones de CO₂ porque la mayoría de los productos y las materias primas procedentes de materiales reciclados necesitan en su obtención menos energía que los procedentes de materias primas.

2. Compensación por absorción y secuestro de CO₂ en sumideros

2.1. Conceptos básicos

Los árboles y cultivos agrícolas y la vegetación en general, por su capacidad fotosintética, remueven o retiran CO₂ de la atmósfera, fijándolo y almacenándolo, actuando, así, como sumideros. En el caso compensación mediante incremento de la capacidad de sumidero hay que resaltar, además de la capacidad de retener CO₂, otros beneficios ambientales y sociales que, junto a este, se conocen como servicios ecosistémicos (contribuir a la retención de agua y escorrentía, calidad del aire, termorregulación...).

Al margen de la compensación con especies forestales, muchas especies de interés agrícola se caracterizan por poseer una alta velocidad de crecimiento, incluso superior a la de numerosas especies de vegetación de tipo natural, lo que se traduce en una importante tasa de fijación de CO₂. Las posibilidades de utilizar la agricultura para la compensación de emisiones dependerán de que las explotaciones desarrollen su actividad capturando más CO₂ que el emitido por uso de maquinaria, laboreo y abono nitrogenado. Buena parte de la agricultura y especialmente la de frutales, cítricos y demás cultivos leñosos tiene esta característica: no necesitan grandes gastos energéticos para su cultivo y son productos que, en su mayor parte, se comercializan a pie de producción en fresco, es decir poco, o nada transformados.

El CO₂ fijado en la cosecha no se contempla a efectos de compensación, ya que se comporta como un sumidero a muy corto plazo. Este es un aspecto importante del comportamiento de los sumideros, ya que el CO₂ removido por un sumidero puede volver a la

atmósfera por diversos mecanismos, como, por ejemplo, la digestión en el caso de los alimentos que componen la cosecha o los incendios en los bosques. Por ello, no se considera que la vegetación hortícola o los cultivos de cereales generen una acumulación destacable de carbono, ni tampoco la cosecha en el caso de los cultivos arbolados.

Compensación de emisiones por repoblación forestal

Una forma muy sencilla de estimar, de forma general, el carbono que llega a almacenar una hectárea de vegetación forestal (arbolada o no) es consultar la Decisión de la Comisión Europea de 10 de junio de 2010. Si se quiere disponer de estimaciones más detalladas para diferentes especies forestales se debe consultar la información contenida en las tablas de la "Guía de Proyectos de Absorción"⁴⁵ desarrollada por la Oficina Española de Cambio Climático. En ella se señala la absorción (fijación) que produciría cada unidad de una serie de especies forestales, después de su crecimiento a 20, 25, 30, 35 y 40 años.

De esta forma, se puede determinar el número de árboles necesarios para compensar una determinada cantidad de emisiones medidas como CO₂ equivalente.

Contribución a la restauración del bosque urbano (jardines)

Contribuir al bosque urbano de cada ciudad y núcleo de población, formado por los cientos y miles de árboles que albergan los jardines y espacios verdes, es una opción de gran interés dado que al tiempo que se incrementa la capacidad de retener carbono se producen otros servicios ecosistémicos, entre los que se puede destacar, la captura de contaminantes atmosféricos como son las partículas PM10 o los óxidos de nitrógeno (se capturan en torno a 10 g de contaminantes /metro cuadrado de copa/año), la regulación de la temperatura urbana, la reducción del agua de escorrentía y la retención del suelo.

Revegetación de rotondas e infraestructuras viarias

La capacidad de secuestro de dióxido de carbono, retención de agua y escorrentía y otros servicios ecosistémicos por la vegetación arbórea y arbustiva, potencialmente utilizable en taludes, rotondas y demás espacios y zonas afectadas por la Red de Carreteras municipal es importante.

En numerosas ocasiones la red viaria ofrece oportunidades idóneas para crear corredores y pulmones verdes urbanos e, incluso, huertos urbanos.

Revegetación de los denominados "vacíos" urbanos (solares y descampados)

Son espacios interesantes para contribuir a su revegetación y su renaturalización al servicio de la ciudad y, en su caso, en conexión con las infraestructuras verdes. De igual forma, son interesantes para el desarrollo de medidas de drenaje sostenible.

45 https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guiapa_tcm30-479094.pdf

CAPÍTULO Nº 16

TRANSICIÓN HACÍA UNA ECONOMÍA NEUTRA EN CARBONO Y UNAS FINANZAS SOSTENIBLES

María Luisa Ballesta Gómez

*Socióloga del Cuerpo Superior Facultativo de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.
Responsable de asuntos de la UE en materia de medio ambiente.*

A partir de una breve introducción sobre los grandes cambios que se avecinan, este artículo pretende exponer distintos análisis y actuaciones que muestran la conexión entre economía y cambio climático. En relación a este ámbito se resumen las políticas, estrategias y regulaciones que la UE ha emprendido para la transición a una economía climáticamente neutra, con especial referencia al Pacto Verde europeo (Green Deal). Acciones clave en materia de finanzas sostenibles adquieren gran relevancia que abarcan desde un sistema de clasificación para inversiones sostenibles (taxonomía) hasta la obligación de las entidades de servicios financieros de divulgar y ser transparentes en las inversiones con respecto a criterios de sostenibilidad. Asimismo, se muestran estudios y declaraciones de organismos internacionales que reafirman las repercusiones del cambio climático en la economía y en el bienestar de los ciudadanos.

1.- NUEVOS RETOS PARA LA HUMANIDAD

Nos enfrentamos a trascendentales cambios, la mayoría de ellos ya se han hecho presentes en nuestras vidas. Diferentes estudios muestran que hay que abordar importantes decisiones sobre grandes desafíos, algunos de ellos rodeados de considerables incertidumbres. Éstos son algunos de los asuntos clave que se impone afrontarlos con una nueva visión: cambios tecnológicos (digitalización, automatización, big data, inteligencia artificial y biotecnología), energías renovables y sistemas energéticos eficientes, nuevos empleos y habilidades, renovadas formas de afrontar la educación, migraciones, el transporte, fomento de la economía circular que afecta a la producción (ecodiseño) y al consumo, retos sanitarios, diferentes políticas que conforman otra visión geopolítica y transición hacia una economía baja en carbono para hacer frente al cambio climático.

Estas transformaciones marcan nuevas prioridades para la UE destacando principalmente la digitalización y el Pacto Verde (Green Deal), habiendo comenzado con gran impulso a partir de 2020. Ante los inéditos escenarios que se presentan para la recuperación por la pandemia de Covid-19, se sigue apostando por el papel central del Acuerdo Verde para abordar acciones correctas que respondan a la crisis económica, al tiempo que transforman Europa en una economía sostenible y climáticamente neutra.

En un mundo cada vez más complejo se requiere visión, conocimiento y análisis para poder comprender y tener una percepción razonable de hacia donde nos dirigimos, nuestro futuro y el de las generaciones venideras.

“¿Cómo vives en una época de desconcierto, cuando las viejas historias se han derrumbado y aún no ha surgido una nueva historia para reemplazarlas?”, pregunta Yuval Noah Harari en el capítulo dedicado a la resiliencia en “21 Lecciones para el siglo XX” (Harari Y.N., 2018).

Ya en 2005 el sociólogo Zygmunt Bauman explica el concepto de lo que denomina “la vida líquida” o “modernidad líquida”. La vida moderna requiere que nos adaptemos, que seamos flexibles en donde prevalece el cambio incesante y, por tanto, la incertidumbre, y “el temor a que nos sorprenda desprevenidos, a no ser capaces de ponernos al día frente a unos acontecimientos que se mueven a un ritmo vertiginoso, el temor a quedar relegados” (Bauman, 2013 “*La vida Líquida*”).

Jeremy Rifkin, economista, asesor de estados, instituciones y grandes compañías, incide una vez y otra sobre este concepto “resiliencia”. La evolución hacia una nueva economía con cero emisiones (la energía renovable frente a la energía de los combustibles fósiles) y la adaptación al cambio climático adquieren el mayor protagonismo. La capacidad de emprender medidas y acometer estos retos conllevará importantes costes, fundamentalmente en los sectores y territorios más vulnerables, si bien, diferentes estudios valoran que no afrontar esta transición ocasionaría aún mayores costes y perjuicios económicos y sociales a largo plazo (Rifkin J., entrevista, 2019).

2.- INTERACCIÓN ENTRE ECONOMÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

El Gobierno del Reino Unido en 2006 encargó por primera vez un informe a un economista, Nicholas Stern, para evaluar el impacto del cambio climático y el calentamiento global sobre la economía mundial. Es conocido como el ‘Informe Stern’ (Stern N., 2007).

Este informe examina los costes y beneficios económicos del cambio climático y de las medidas para reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero que lo causan. Sus principales conclusiones afirman que se necesita una inversión equivalente al 1% del PIB mundial (aunque en una revisión posterior elevó este cálculo al 2%) para mitigar los efectos del cambio climático y el cálculo de los costes de no hacer nada (‘business as usual’ – BAU) supondrían una pérdida permanente de al menos el 5% del PIB global, pudiendo alcanzar el 20%.

Por otro lado, el economista estadounidense William Nordhaus, fue reconocido con el Nobel de Economía 2018, junto con Paul M. Romer, por abordar las interacciones entre sociedad, economía y cambio climático, “por integrar el cambio climático en el análisis macroeconómico a largo plazo” (Nordhaus W.D., 2018).

Nordhaus fue el primer economista en crear un modelo de análisis cuantitativo integrado [Dynamic Integrated Climate-Economy Model (DICE)] que describe la interacción entre economía y clima. El modelo DICE es un modelo analítico y empírico simplificado que representa la economía, la política y aspectos científicos del cambio climático. Partiendo de que las economías realizan inversiones en capital, educación y tecnologías, este Modelo en su versión de 2013 incluye el “capital natural” del sistema climático (William Nordhaus with Paul Sztorc, 2013). Habiendo sido actualizado varias veces, cuya última versión es el

DICE2017 (Nordhaus W., 2017), ha sido objeto de críticas por no considerar factores clave difíciles de cuantificar como son los riesgos imprevistos debido a eventos climáticos.

En este aspecto, Nicholas Stern, actualmente profesor y presidente del Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment at the London School of Economics (LSE), es de la opinión de que el punto fuerte de una política que apunte hacia una economía baja en carbono es abordar el asunto como una gestión de riesgos:

“Sin embargo, los modelos científicos, debido a que omiten factores clave que son difíciles de capturar con precisión, parecen subestimar sustancialmente estos riesgos. Muchos modelos económicos agregan una mayor subestimación del riesgo porque los supuestos incorporados en el modelo económico sobre crecimiento, daños y riesgos, asumen que los impactos y los costos serán modestos y casi excluirán la posibilidad de resultados catastróficos” (Stern n., 2013).

3.- LA UNIÓN EUROPEA

3.1.-DOCUMENTOS ESTRATÉGICOS SOBRE TENDENCIAS GLOBALES

El informe *Global Trends to 2030: 'Challenges and Choices for Europe'* (ESPAS, 2019) constituye un documento básico para la toma de decisiones en la UE frente a tendencias y retos futuros en una época de importantes y profundos cambios económicos, geopolíticos, tecnológicos, demográficos, urbanísticos, climáticos y energéticos. “El futuro es ahora, y los desafíos (y oportunidades) de mañana son determinados por las elecciones de hoy”; así lo expresa Ann Mettler, presidenta de ESPAS (European Strategy and Policy Analysis System). En este sentido se plantea como uno de los mayores retos actuar frente al cambio climático para evitar pérdidas millonarias por la caída de la productividad debido a las consecuencias del aumento de las emisiones, la subida de las temperaturas y otros fenómenos climatológicos. Todo ello considerando que el bienestar humano va más allá de los asuntos económicos. El enfoque es afrontar los cambios necesarios en un contexto complejo.

Por otra parte, The European Political Strategy Centre (EPSC) proporciona a los dirigentes de la Comisión Europea los datos y los análisis necesarios para la toma de decisiones y acometer políticas. En el informe *'10 Trends. Reshaping climate and energy'* (EPSC, 2018) marca como objetivo primordial evitar el aumento de la temperatura. El análisis es el siguiente: ya hemos alcanzado 1°C por encima de los niveles preindustriales y está aumentando a aproximadamente 0.2°C por década, y si no se actúa a nivel internacional se podría alcanzar los 2°C en 2060, e incluso seguir aumentando (como igualmente advierte el Special Report del IPCC (IPCC, 2018)). Se plantea la siguiente cuestión: “¿cuáles son las principales tendencias que están remodelando los mercados energéticos mundiales y europeos, los marcos normativos y el progreso tecnológico que determinarán si Europa algún día podrá lograr una economía neutral en carbono?”

Estas son las respuestas que se sugieren: para este logro serán necesarias modernas tecnologías para incrementar la eficiencia energética y para que el principal suministro

energético sea a partir de las energías renovables; nuevas relaciones diplomáticas externas y comerciales con China -no sólo muchas de las materias primas proceden de China, sino también componentes para las energías renovables-; nuevos marcos regulatorios; cambios hacia una economía circular con nuevos modos de diseño, producción y consumo; nuevas oportunidades para la industria y el transporte, nuevos empleos y nuevas capacidades formativas; gradual cambio hacia inversiones más sostenibles en línea con la economía climática en el ámbito bancario. Retos y amenazas son evaluados con el objeto de tener una visión estratégica a largo plazo para una economía más competitiva y climáticamente neutra.

3.2- HACÍA UNA EUROPA CLIMATICAMENTE NEUTRA EN 2050. DEL MARCO DE ENERGÍA Y CLIMA AL THE GREEN DEAL

Los Objetivos de desarrollo sostenible de la ONU 2030, la firma de apoyo al Acuerdo de París en diciembre de 2015, ratificado por la propia UE y por más de 170 países es entendido como un mensaje claro de la necesidad de la transición hacia una economía baja en carbono y a hacia un sistema de eficiencia en los recursos y de economía circular.

Por tanto, con visión estratégica, en noviembre de 2018 la Comisión Europea publicó la Comunicación 'Un planeta limpio para todos. La visión estratégica a largo plazo de una economía próspera, moderna, competitiva y climáticamente neutra' (COM (2018) 773 final). En este documento se advierte que el calentamiento global de 1,5 °C a 2 °C y los desastres meteorológicos tendrán graves consecuencias para la productividad de la economía, las infraestructuras, la producción de alimentos, la salud pública y la estabilidad política de Europa. El trabajo previo a esta Comunicación se expone en el documento de análisis 'In-Depth Analysis in Support of the Commission Communication COM (2018) 773'.

Partiendo de estas premisas la UE se ha erigido como líder mundial en la acción climática para lograr una transición a una energía limpia con objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero de al menos un 80-95% a 2050.

En estas políticas de clima son claves las metas en energías renovables y eficiencia energética. En concreto el Marco de energía y clima adoptado en 2014 por la Unión Europea (COM (2014) 15 final) y revisado al alza en 2018 establece para 2030 (COM (2018) 773):

- Reducción de al menos un 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero respecto de 1990.
- Cuota mínima del 32% de las energías renovables en el consumo final de energía, lo que incluye una cláusula que contempla revisar al alza el objetivo en 2023 a más tardar.
- Un objetivo general de eficiencia energética del 32,5%, que la UE deberá alcanzar colectivamente y con una cláusula de revisión al alza en 2023 a más tardar.

El objetivo de reducción neta de las emisiones de gases de efecto invernadero para 2030 se ha visto incrementado, habiendo llegado el Consejo de la Unión Europea a un acuerdo para fijar un objetivo vinculante en un mínimo del 55% con respecto a los niveles de 1990 (Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo, por el que se establece

el marco para lograr la neutralidad climática y se modifica el Reglamento (UE) 2018/1999 («Ley del Clima Europea»).

Para la consecución de estos objetivos, la UE está emprendiendo políticas de reducción de emisiones y compensación con la absorción en otros sectores para alcanzar un balance neutro. Las actuaciones abarcan normativa sobre los sectores sometidos al Régimen de Comercio de Derechos de Emisión (RCDE), objetivos nacionales obligatorios para los sectores no incluidos en el RCDE, así como legislación sobre sumideros terrestres y forestales.

Asimismo, se determinan cambios estructurales en las políticas y en todos los ámbitos de la economía europea dando lugar a un desacoplamiento del crecimiento económico de las emisiones de GEI y el consumo de energía. Todo ello requiere avances tecnológicos del propio sector energético y la transformación de los sistemas energéticos en la construcción, transporte, industria, los residuos, agricultura, recursos de la tierra y actividad forestal. Se hacen necesarios nuevos modelos de negocio y sistemas de economía circular.

En cuanto a los actores que han de jugar un papel clave para que estas transformaciones puedan producirse han de ser conjuntamente los Estados miembros, las autoridades regionales y locales, así como todos los interesados de relevancia (stakeholders).

Los Estados miembros son cruciales en la toma de decisiones para asegurar el suministro energético, red de infraestructuras, políticas de energías renovables y eficiencia energética, así como investigación e innovación. En consecuencia, éstos han presentado a la CE sus Planes Nacionales de Energía y Clima (PNIEC).

España, remitió su borrador de Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 a la CE en febrero de 2019, actualizado en enero de 2020 (MITECO, 2020). Éste es el documento más importante y ambicioso hasta la fecha en la lucha contra el cambio climático, teniendo en cuenta que en nuestro país, tres de cada cuatro toneladas de gases de efecto invernadero (GEI) se originan en el sistema energético, como es mencionado en la Presentación del Borrador del mismo. Además, se evidencia, dado el reparto competencial en España, que será imprescindible la coordinación con las comunidades autónomas y la implicación activa por parte de las mismas para garantizar el cumplimiento de los objetivos de este Plan.

Junto con el Plan Integrado de Energía y Clima, con objeto de apoyar los sectores y colectivos más afectados se contempla integrar dos elementos más: la Estrategia de Transición Justa, con objeto de incorporar criterios de solidaridad en la gestión de las consecuencias de zonas, sectores y personas más vulnerables en esta transición, así como la Ley de Cambio Climático para adaptarse desde todos los ámbitos y sectores al cambio climático (el Proyecto de Ley es remitido al Congreso de los Diputados el 19 de mayo de 2020).

Pero la apuesta fuerte por parte de la nueva Comisión Europea (que comenzó oficialmente el 1 de diciembre de 2019) ha sido la aprobación de 'El Pacto Verde Europeo', conocido como Green Deal. Entendido como un documento central y estratégico se plantea la consecución a largo de plazo de la reducción de emisiones y transformación de una economía climáticamente neutra en el siglo XXI.

El 11 de diciembre de 2019 se publicó la Comunicación “El Pacto Verde Europeo” (COM (2019) 640 final), en donde se muestra el compromiso de la CE para hacer frente al cambio climático y al deterioro del medio ambiente y proponer las metas y medidas para lograr una transición hacia una economía climáticamente neutra en 2050. Se admite que la mayoría de los sectores se verán afectados. Destaca el sistema energético -se constata que actualmente la mayor parte de nuestro sistema energético, que representa más del 75% de las emisiones de gases de efecto invernadero de la UE, se basa en combustibles fósiles, y se espera que más del 80% de la electricidad de la UE será producida por fuentes de energía renovables-, así como el sector del transporte y la edificación. Igualmente se consideran importantes actuaciones en la agricultura y la alimentación (Estrategia de la Granja a la Mesa, COM (2020) 381 final), la protección de la biodiversidad (Estrategia sobre la Biodiversidad a 2030, COM (2020) 380 final), los residuos y la industria (donde el sector de la energía tendrá un papel relevante). También se apoya la economía circular, que implica el uso eficiente de los recursos con un profundo cambio en la producción -se centran en sectores intensivos en recursos como el textil, la construcción, la electrónica y el plástico-, y una transformación en los hábitos de consumo. De forma transversal la inversión irá dirigida hacia la innovación, investigación, tecnología y digitalización en todos los sectores clave.

Se espera que la hoja de ruta del Pacto Verde Europeo (Green Deal) y las acciones clave que integran la misma, detalladas en el Anexo de la citada Comunicación, conduzcan a una economía más competitiva, a la creación de nuevos puestos de trabajo, a la mejora de la salud y del medio ambiente, y en suma a una mayor calidad de vida.

Con respecto a la financiación, la UE es consciente que para esta transición hay que garantizar gran cantidad de fondos tanto públicos como privados. ‘El Plan de Inversiones para una Europa Sostenible y el Plan de Inversiones del Pacto Verde Europeo’ (COM (2020) 21 final) es el soporte fundamental para la financiación del Pacto Verde. Para ello se movilizará al menos un billón de euros de inversiones con cargo al presupuesto de la UE y otros instrumentos asociados durante el periodo 2021-2030. Se aportarán fondos públicos, pero también será necesaria la contribución de los actores privados para alcanzar el nivel de inversión necesario.

De acuerdo con este Plan de inversiones las principales fuentes de financiación para lograr los objetivos e implantar las medidas que permitan la transición hacia una economía climáticamente neutra se sintetizan a continuación en las siguientes medidas e instrumentos.

A través del InvestEU, (sucesor del llamado Plan Juncker de inversiones), apoyará las inversiones sostenibles en todos los sectores de la economía, prestando garantías presupuestarias de la UE para cubrir parcialmente el riesgo de las operaciones de financiación y de inversión. Se desarrollarán productos financieros que estén orientados a proyectos de acuerdo con la clasificación de la UE para actividades económicas medioambientalmente sostenibles (“taxonomía de la UE” que se explica en el apartado 3.3.1). El Banco Europeo de Inversiones desempeñará un papel fundamental incrementando gradualmente su cuota de financiación destinada a la acción por el clima y la sostenibilidad.

Por otra parte, en diciembre de 2020, los dirigentes de la UE acordaron que el 30% del gasto total con cargo al presupuesto de la UE para 2021-2027 (MFP) y a Next Generation EU se destinaría a proyectos relacionados con el clima. Los gastos contraídos en el marco de ambos presupuestos se atenderán al objetivo de la UE de lograr la neutralidad climática de aquí a 2050, a los objetivos climáticos de la UE para 2030 y al Acuerdo de París.

A la vez se establecen mecanismos de asistencia técnica y apoyo práctico a las autoridades públicas y al ámbito privado, promotores de proyectos y a los agentes del mercado, a través de programas de apoyo, centros de asesoramiento y ventanilla única para desarrollar proyectos e inversiones sostenibles.

Como pieza fundamental de este Plan de inversiones sostenibles se recoge el Mecanismo para una Transición Justa para apoyar aquellos territorios y sectores más afectados por la transición a la neutralidad climática y compensar las disparidades regionales (“no one behind”). El objetivo es ayudar a movilizar al menos 100.000 millones de euros durante el período 2021-2027 en apoyo a las regiones más afectadas y aliviar el impacto socioeconómico de la transición con financiación procedente del presupuesto de la UE, de los Estados miembros, así como contribuciones del Programa InvestEU y del Banco Europeo de Inversiones (Comisión Europea, Ficha Informativa, 2020).

Se ha comenzado a tramitar la regulación de este Fondo a través de la ‘Propuesta modificada de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establece el Fondo de Transición Justa’, (COM (2020) 460 final). En Exposición de Motivos se manifiesta que “se centrará en aquellas regiones y sectores más afectados por la transición, dada la dependencia de los combustibles fósiles, incluidos el carbón, la turba y el esquisto bituminoso o los procesos industriales intensivos en gases de efecto invernadero”. Además el 7 de mayo de 2020 la Comisión Europea anunciaba la aprobación de las solicitudes de 18 Estados miembros, entre ellos España, para apoyar la elaboración de los planes territoriales de transición justa.

Por otra parte, en este proceso se da un papel clave a las finanzas sostenibles. Se trata de crear un marco seguro para invertir en inversiones de proyectos sostenibles a través de un Plan de Acción sobre finanzas sostenibles (‘Plan: Financiar el Desarrollo Sostenible’ COM (2018) 97 final) que se describe en el siguiente apartado.

3.3.- LA ESTRATEGIA DE LA UE SOBRE UNAS FINANZAS SOSTENIBLES

La UE está llevando a cabo las reformas necesarias para impulsar las inversiones del sector financiero hacia actividades sostenibles.

Para ello la Comisión Europea creó el Grupo de alto nivel sobre finanzas sostenibles con objeto de apoyar que el mercado de capitales oriente los flujos de capital hacia inversiones en sectores económicos sostenibles, así como asegurar estabilidad financiera. En enero de 2018 este Grupo publicó un Informe (EU High-Level Expert Group on Sustainable Finance, 2018) donde se recogen los elementos fundamentales que han de sustentar una estrategia financiera sostenible para la UE. Se destacan las siguientes recomendaciones:

- Un sistema de clasificación, o ‘taxonomía’, para proporcionar claridad al mercado sobre lo que es “sostenible”.
- Aclarar los deberes de los inversores cuando se trata de lograr un sistema financiero más sostenible.
- Mejorar la divulgación por parte de las instituciones financieras y las empresas sobre cómo la sostenibilidad se ha de tener en cuenta en su toma de decisiones.
- Una etiqueta en toda la UE para fondos de inversión ecológicos.
- Hacer que la sostenibilidad forme parte de los mandatos de las Autoridades Europeas de Supervisión (AES)

En respuesta a este Informe, la CE elaboró el ‘Plan: Financiar el Desarrollo Sostenible’ (COM (2018) 97 final). Se requiere que los bancos centrales y el BCE aporten su contribución en estas nuevas orientaciones. Este Plan establece 10 reformas en tres áreas:

- Reorientar los flujos de capital hacia una inversión sostenible, a fin de lograr un crecimiento sostenible e integrador.
- Gestionar los riesgos financieros derivados del cambio climático, desastres naturales, degradación ambiental y asuntos sociales.
- Fomentar la transparencia y el largo plazo en la actividad financiera y económica.

En este contexto la CE durante 2018 y 2019 ha ido adoptando medidas y propuestas legislativas que implementan varias acciones clave anunciadas en su Plan de Acción.

Como apoyo a las decisiones a tomar se creó con un enfoque técnico un grupo con 35 expertos sobre finanzas sostenibles (EU Technical Expert Group on Sustainable Finance -TEG). Este Grupo ha emitido informes en el marco de las finanzas sostenibles que han tenido su reflejo en reglamentos, algunos ya en vigor desde diciembre de 2019. En base a este trabajo se destacan en los siguientes apartados los informes y normativa sobre finanzas sostenibles.

3.3.1.-ESTABLECIMIENTO DE UN SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE LA UE (“TAXONOMÍA”).

En junio de 2019 el Grupo técnico de Expertos sobre Finanzas Sostenibles (TEG) emite un Informe sobre taxonomía, donde se disponen las bases para la futura legislación que desarrolle más en detalle esta materia (EU TEG, 2019 a)

Este Informe aclara que frente a diversos sistemas de clasificación para actividades sostenibles, una taxonomía de la UE significa un sistema unificado de clasificación ecológica (‘Taxonomy’) para determinar si una actividad económica es ambientalmente sostenible con criterios armonizados de la UE. Identifica áreas y actividades donde la inversión puede tener el mayor impacto, con el objetivo de que la taxonomía pueda respaldar las decisiones a tomar

Finalmente se aprueba el Reglamento (UE) 2020/852, de 18 de junio de 2020 sobre el establecimiento de un marco para facilitar las inversiones sostenibles y por el que se modifica el Reglamento (UE) 2019/2088, que persigue armonizar a escala de la Unión los criterios para determinar si una actividad económica se considera medioambientalmente sostenible. Se regula un sistema de clasificación de las actividades económicas medioambientalmente sostenibles para canalizar las inversiones privadas hacia tales actividades, en particular en lo relativo al flujo de capital hacia empresas privadas y otras entidades jurídicas.

¿Qué se establece el Reglamento de taxonomía?: los criterios para determinar si una actividad económica se considera medioambientalmente sostenible a efectos de fijar el grado de sostenibilidad medioambiental de una inversión. Se debe cumplir con cuatro condiciones para que una actividad económica se considere ambientalmente sostenible:

- a) Contribuir sustancialmente a uno o más de los objetivos ambientales (artículos 9 al 16).
- b) No hacer daño significativo a ninguno de los objetivos ambientales (artículo 17).
- c) Cumplir con las salvaguardas sociales mínimas (Directrices y Principios rectores de la OCDE, de las Naciones Unidas para empresas y convenios fundamentales de la OIT).
- d) Cumplir con los criterios técnicos de selección (de conformidad con diversos artículos del Reglamento).

El Reglamento identifica seis objetivos ambientales a los efectos de la taxonomía:

1. Mitigación al cambio climático.
2. Adaptación al cambio climático.
3. Uso sostenible y la protección de los recursos hídricos y marinos.
4. Transición a una economía circular.
5. Prevención y control de la contaminación.
6. La protección y recuperación de la biodiversidad y los ecosistemas.

Por otro lado, se regula una Plataforma sobre finanzas sostenibles formada por expertos en finanzas y medio ambiente que asesorará a la Comisión Europea sobre la incidencia de los criterios técnicos de selección y su posible revisión.

3.3.2.- OBLIGACIONES DE DIVULGACIÓN Y TRANSPARENCIA DE LOS DISTRIBUIDORES DE PRODUCTOS FINANCIEROS.

Como refuerzo de la decisión de inversión en sostenibilidad, se han establecido obligaciones de divulgación y transparencia de los distribuidores de productos financieros, que deberán revelar a sus clientes el impacto de la sostenibilidad de la inversión y de los rendimientos financieros.

Dentro del Grupo técnico de Expertos sobre Finanzas Sostenibles (TEG) se crea un Grupo de Trabajo específico sobre divulgaciones financieras relacionadas con el clima (Financial Stability Board's Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD)). Este Grupo emite un Informe en enero de 2019 (EU TEG, 2019 b) donde aclara los deberes que los administradores de activos e inversores institucionales deben tener en cuenta para implantar la sostenibilidad en el proceso de inversión y mejorar los requisitos de divulgación.

Como resultado de este trabajo, en diciembre de 2019 entró en vigor el 'Reglamento 2019/2088 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de Noviembre de 2019, sobre la divulgación de información relativa a la sostenibilidad en el sector de los servicios financieros', que deberán aplicar los asesores y participantes en los mercados financieros para que proporcionen la información necesaria de productos financieros, concisa cuantitativa y cualitativamente, con objeto de que los inversores finales puedan adoptar decisiones de inversión fundamentadas en relación a los riesgos e impactos adversos en materia de sostenibilidad.

El Reglamento se aplica a todos los inversores profesionales, incluidos los fondos de pensiones y fondos de cobertura, los administradores de inversiones y los administradores de fondos, las compañías de seguros y los productos de seguros. Igualmente también afecta a las empresas de asesoramiento de inversión que emplean a más de tres personas, así como a los bancos, aunque no aparezca este término, en el caso de que proporcionen los tipos de productos cubiertos en el Reglamento (artículo 2).

Los inversores no solo deberán revelar los principales consecuencias negativas que sus inversiones tienen en las personas y el planeta, sino que también deberán publicar detalles de sus políticas de "diligencia debida" ("due diligence") para asegurarse de que puedan identificar, prevenir y mitigar sistemáticamente, a la vez que deben dar cuenta de esos impactos adversos. (Global Witness and Action Aid, 2019)

3.3.3- PROPUESTA DE ESTÁNDAR DE BONOS VERDES DE LA UE

Por otra parte, Grupo técnico de Expertos de la UE sobre finanzas sostenibles (TEG) ha publicado una Propuesta de Estándar de Bonos Verdes de la UE (EU TEG, 2019 c).

Se ofrece como una norma voluntaria aplicable tanto para bonos cotizados como no cotizados, basado en prácticas de mercado (asignación y seguimiento de los ingresos), y aplicable a proyectos ecológicos de la UE o internacionales.

3.3.4.- PUNTOS DE REFERENCIA BAJOS EN CARBONO.

Finalmente mencionar que el TEG ha publicado el "Informe Final sobre las divulgaciones de los puntos de referencia climáticos y ambientales, sociales y de gobernanza" (EU TEG, 2019 d), y en consecuencia, en diciembre de 2019, entró en vigor la reforma legislativa 'Reglamento de puntos de referencia bajos en carbono armonizados con el Acuerdo de París' (Reglamento (UE) 2019/2089).

3.3.5.-EN SÍNTESIS EN EL ÁMBITO DE LAS FINANZAS SOSTENIBLES

Estas cuatro líneas principales de actuación emprendidas por la UE en el escenario de las finanzas sostenible son de gran relevancia: taxonomía, obligaciones de divulgación y transparencia, estándar sobre bonos verdes y puntos de referencia climáticos. Si bien, más allá del cumplimiento de la normativa, quedan grandes esfuerzos por hacer para que los mercados financieros adquieran una voluntad firme en la elección de esta senda.

Como ejemplo de grandes transformaciones que quedan por alcanzar, no se puede obviar la salida al mercado financiero de empresa petrolera saudí Aramco el 11 de diciembre de 2019. El mayor productor mundial de combustibles fósiles se convirtió en la compañía con más valor cotizada de la historia, “el mayor contribuyente del mundo a la crisis climática” (The Guardian, 11/12/2019), a pesar de que el valor de sus acciones esté sujeto a importantes riesgos por razones geopolíticas. Si bien, al mismo tiempo, Larry Flink, el presidente de BlacRock, considerada la mayor empresa de activos del mundo, advierte sobre un replanteamiento de las finanzas en la reasignación de capitales donde se ha de tener en cuenta los factores ambientales y climáticos debido al impacto sobre el crecimiento económico del calentamiento global. En la carta anual a los presidentes y consejeros delegados de las principales compañías del mundo previene de “que se penalizará a las empresas que no tomen medidas que contribuyan a frenar el cambio climático y no sean transparentes con sus inversores en la valoración sobre sostenibilidad de las empresas” (Larry Flink, Carta 2020). Igualmente, en el Informe “*Understanding Our Climate-Related Risks and Opportunities*” la compañía financiera JP Morgan Chase & Co. advierte a sus clientes de los riesgos del cambio climático y que la acción debería estar motivada por la probabilidad de eventos extremos. También indican sobre los riesgos financieros y de reputación de la financiación continua en las industrias que son grandes productores y consumidores de combustibles fósiles.

Por tanto, a pesar de unos hechos, otros demuestran que se están produciendo iniciativas de gran trascendencia en el escenario financiero que afectan al mercado de capitales y que persiguen impulsar unas finanzas sostenibles que tengan en cuenta los impactos ambientales y climáticos, lo que suponen un gran avance en este ámbito. Estos cambios ya han empezado en el seno de Europa, como lo demuestran las actuaciones e iniciativas de los bancos nacionales que no son ajenos a esta transición climática, a partir de informes, análisis y recomendaciones a empresarios, financieros, inversores y otros grupos de interés.

Como prueba de ello se destaca el Banco de Inglaterra (Bank of England), que realiza un trabajo continuo para incorporar el cambio climático en las decisiones financieras y el análisis macroeconómico. El Banco está utilizando un marco de pruebas de estrés para evaluar el impacto de los riesgos relacionados con el clima en el sistema financiero y de seguros del Reino Unido. En junio de 2019 encargó un estudio sobre el futuro de los servicios financieros en la próxima década, y entre las recomendaciones que proporciona se menciona que el Banco promueva la transición “sin problemas” a una economía baja en carbono

(Huw van Steenis, 2019). El Banco en respuesta a ello se comprometió a tomar medidas para apoyar una transición ordenada.

De igual modo, el Banco de España advierte a los bancos que deben evaluar los riesgos que supone el cambio climático para su actividad. En los encuentros de la COP 25 la Subgobernadora del Banco de España, Margarita Delgado destacó que “desde un punto de vista metodológico, los bancos deberían al menos ser capaces de comprender las implicaciones del riesgo medioambiental y cómo puede afectar a sus modelos de negocio. Por supuesto, los consejos de administración deben estar debidamente informado, y algunos de sus miembros deberían tener la experiencia necesaria para evaluar estos riesgos” (Expansión 12/12/2019).

En este sentido se expresaron otros responsables de bancos europeos, pronunciándose sobre la necesidad de tener en cuenta los impactos medioambientales y climáticos que se asumen en la localización de actividades y los riesgos de catástrofes, asumiendo las regulaciones, políticas y estrategias presentes y futuras que ha emprendido la UE.

En cuanto al Banco Central Europeo es consciente de la amenaza del cambio climático en todo el sistema económico: producción, mercado laboral, precios y sistema financiero (Guindos L., Speech, 21/11/2019). Hay dos motivos fundamentales por los que ha situado la cuestión medioambiental y climática como uno de los principales riesgos del sector financiero: el incremento de catástrofes meteorológicas que devalúan el valor de los activos afectados, y por otro lado, la exposición de la cartera crediticia a empresas cuya actividad esté amenazada por la nueva regulación ‘verde’.

4.- FOROS E INSTITUCIONES QUE APOYAN LA ACCIÓN CLIMÁTICA

“La Nueva Economía del Clima” (The New Climate Economy (NCE)) es un proyecto de La Comisión Global de Economía y Clima (The Global Commission on the Economy and Climate). Es una iniciativa internacional para examinar cómo los países pueden lograr el crecimiento económico mientras se enfrentan a los riesgos que plantea el cambio climático. La Comisión surgió como una iniciativa independiente para informar a la comunidad internacional. Está compuesta por ex jefes de gobierno, ministros de finanzas y líderes en los campos de economía y negocios, y fue comisionada por siete países: Colombia, Etiopía, Indonesia, Noruega, Corea del Sur, Suecia y el Reino Unido. Este foro realiza y publica artículos e investigaciones por países y sectores y el último informe global publicado ‘*Unlocking the Inclusive Growth Story of the 21st Century: Accelerating Climate Action in Urgent Times*’ (2018), destaca los beneficios económicos de la acción climática en cinco sectores de la economía: energía, ciudades, alimentos y uso del suelo, agua e industria.

En este marco, las Naciones Unidas lanzo el 6 de febrero de 2020 a través de su Comité Permanente de Finanzas, una convocatoria para preparar dos informes técnicos relacionados con la financiación climática (UNFCC, 2020). Los resultados de los informes serán tratados en la Conferencia de la ONU sobre el Cambio Climático (COP26) en Glasgow pospuesta a 2021.

Desde un ámbito más académico, el Centro de Economía y Política del Cambio Climático (Centre for Climate Change Economics and Policy (CCCEP)), conjuntamente de la Universidad de Leeds and London School of Economic and Political Science, reúne a algunos de los principales investigadores del mundo en economía y política del cambio climático con equipos interdisciplinarios para presentar programas que ayuden a los responsables de tomar decisiones con conocimiento y herramientas adecuadas.

Por último, mencionar el Fondo Monetario Internacional (FMI), cuyo trabajo muestra también a el papel clave de las políticas que responden al cambio climático global y otros desafíos ambientales, con objeto de dar orientación práctica para los responsables políticos, a nivel mundial y nacional. Su presidenta, Kristalina Georgieva, apuesta firmemente por la lucha contra el cambio climático y en la necesidad de evaluar los riesgos de su impacto en la solvencia de las finanzas, las instituciones y la estabilidad del sistema financiera (Kristalina Georgieva, 2019). En concreto, de forma indicativa, la Revista del FMI "The Economics of Climate" en el nº4 de diciembre de 2019 es un monográfico que aborda a través de diversos artículos las consecuencias económicas y financieras de las acciones en política climática.

A MODO DE CONCLUSIÓN

En el Informe de 2020 '*The Global Risk Report 2020*' (World Economic Forum, 2020), sobre riesgos globales compartidos por parte de la humanidad, se presenta y analizan los resultados de la encuesta de percepción de riesgos globales, resultando el cambio climático y los problemas ambientales asociados entre los cinco principales riesgos en términos de probabilidad. Ello es así porque se considera que el cambio climático incidirá sobre los elementos básicos de la vida humana en distintas partes del mundo: acceso a suministro de agua, producción de alimentos, salud y medio ambiente.

La Unión Europea, a la luz de los análisis y de las políticas emprendidas en este nuevo periodo iniciado a finales de 2019, asume con visión de futuro estos retos y estos riesgos, y adquiere la convicción que los beneficios de la adopción de medidas apropiadas sobre el cambio climático superarán con creces los costes. Con la propuesta de la Comisión Europea de la Ley Europea del Clima se plantea incluso objetivos más ambiciosos para la reducción de emisiones de efecto invernadero a 2030 y la meta jurídicamente vinculante de neutralidad climática de aquí a 2050 (COM (2020) 80 final). El objetivo es el deber de preservar y proteger los recursos y la biodiversidad como sustento básico de la vida.

Para afrontar la transición hacia una nueva economía y una forma de vivir más respetuosa con el medio ambiente y frenar el cambio climático se impone la necesidad de plantear estrategias, fijar objetivos, medidas, plazos y recursos para adaptar la economía, desde la producción hasta la forma de consumir. Todo ello conlleva importantes repercusiones en empresas, en la industria y en el sistema financiero, y también en los hábitos de los ciudadanos (alimentación, sistemas de energía, transporte, etc.),

Si bien, una de tareas más importante para la UE ha de ser comunicar mejor que hasta ahora sobre las necesidades y ventajas de esta transición a los sectores implicados y a los ciudadanos. Es necesario replantear como transmitir a todas las partes las políticas emprendidas adecuadamente y de forma clara, así como llevar a la práctica una simplificación

de los procedimientos y sistemas de gestión de medidas y de financiación, tal como es anunciado en comunicados y declaraciones europeas.

Por todo ello, se requiere a la vez firmeza y flexibilidad para hacer frente a las nuevas circunstancias y establecer los mecanismos adecuados para emprender un camino de transformación, de acuerdo con un espíritu de colaboración y cooperación, consustancial a la evolución y progreso de la humanidad.

En un mundo cada vez más complejo e interconectado, en pocas palabras, es el cambio climático, es la economía...

REFERENCIAS

-Bauman Z., (2013). *La vida Líquida*. Ed. Planeta, 2013

-Centre for Climate Change Economics and Policy. <https://esrc.ukri.org/research/our-research/centre-for-climate-change-economics-and-policy-cccep/>

-Comisión Europea. COM (2014) 15 final. Comunicación de la Comisión al Parlamento europeo al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Un marco estratégico en materia de clima y energía para el periodo 2020-2030. Bruselas, 22.1.2014.

-Comisión Europea. COM (2018) 97 final. Comunicación de la Comisión al Parlamento europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Banco Central Europeo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Plan de Acción: Financiar el desarrollo sostenible. Bruselas 8.3.2018.

-Comisión Europea COM (2018) 773. In-depth Analysis in Support of the Commission Communication COM (2018) 773. Brussels, 28 November 2018.

-Comisión Europea. COM (2018) 773 final. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo, al Comité de las Regiones y al Banco Europeo de Inversiones. Un planeta limpio para todos. La visión estratégica europea a largo plazo de una economía próspera, moderna, competitiva y climáticamente neutra. Bruselas, 28.11.2018.

-Comisión Europea. COM (2019) 640 final. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. El Pacto Verde Europeo. Bruselas 11.12.2019.

-Comisión Europea (2020). Ficha Informativa: The Just Transition Mechanism: Making Sure No One Is Behind. January 2020.

[file:///C:/Users/mbg38c/Downloads/just_transition_mechanism_en.pdf%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/mbg38c/Downloads/just_transition_mechanism_en.pdf%20(1).pdf)

-Comisión Europea. COM (2020) 21 final. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Plan de Inversiones para una Europa Sostenible. Plan de Inversiones del Pacto Verde Europeo. Bruselas, 14.1.2020

-Comisión Europea. COM (2020) 80 final. Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establece el marco para lograr la neutralidad climática y se modifica el Reglamento (UE) 2018/1999 («Ley del Clima Europea»). Bruselas, 4.3.2020.

-Comisión Europea. COM (2020) 380 final. Comunicación de la Comisión al Parlamento europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Estrategia de la UE sobre la biodiversidad de aquí a 2030 Reintegrar la naturaleza en nuestras vidas. Bruselas, 20.5.2020

-Comisión Europea. COM (2020) 381 final. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Estrategia «de la granja a la mesa» para un sistema alimentario justo, saludable y respetuoso con el medio ambiente. Bruselas, 20.5.2020.

-Comisión Europea. COM (2020) 460 final. Propuesta modificada de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo, por el que se establece el Fondo de Transición Justa. Bruselas, 28.5.2020.

-ESPAS (2019.) European Strategy and Policy Analysis System. Global Trends to 2030. Challenges and Choices for Europa. An Inter-Institutional EU Project. Octubre 2019. Doi:10.2872/074526

-EPSC (2018). The European Political Strategy Centre. "10 Trends. Reshaping Climate and Energy". European Union, 2018. DOI: 10.2872/847821

-EU High-Level Expert Group on Sustainable Finance (2018) -Final Report 2018. https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/180131-sustainable-finance-final-report_en.pdf

-EU TEG (2019 a). Technical Expert Group on Sustainable Finance, June 2019. Taxonomy Technical Report.

https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/business_economy_euro/banking_and_finance/documents/190618-sustainable-finance-teg-report-taxonomy_en.pdf

-EU TEG (2019 b). Technical Expert Group on Sustainable Finance, January 2019. Report on Climate-related Disclosures.

https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/business_economy_euro/banking_and_finance/documents/190110-sustainable-finance-teg-report-climate-related-disclosures_en.pdf

-EU TEG (2019 c). Technical Expert Group on Sustainable Finance, June 2019 (b). Report Proposal for an EU Green Bond Standard.

https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/business_economy_euro/banking_and_finance/documents/190618-sustainable-finance-teg-report-green-bond-standard_en.pdf

-EU TEG (2019 d). Technical Expert Group on Sustainable Finance, September 2019. Final Report on Climate Benchmarks and Benchmarks' ESG Disclosures.

https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/business_economy_euro/banking_and_finance/documents/190618-sustainable-finance-teg-report-climate-benchmarks-and-disclosures_en.pdf

-European Central Bank (ECB), 21/11/2019. Speech by Luis de Guindos. "Implications of the transition to a low-carbon economy for the euro area financial system". Brussels.

https://www.ecb.europa.eu/press/key/date/2019/html/ecb.sp191121_1~af63c4de7d.en.html

-Expansión, 12/12/2019. Artículo por R. Sampedro. "El Banco de España pide a la banca tener consejeros expertos en riesgos climáticos"

<https://www.expansion.com/empresas/banca/2019/12/12/5df278e2e5fdea1d3e8b46cd.html>

-Global Witness and Action Aid. (2019). Policy Briefing. EU's Regulation on Investor Disclosure on Sustainability Risks and Due Diligence: how can it work effectively for people and planet. Diciembre 2019

-Harari Y.N (2018). *21 lecciones para el siglo XXI. Cap. Resiliencia*. Ed. Debate, agosto 2018.

-Huw van Steenis (2019). Future of Finance Review on the Outlook for the UK Financial System: what it means for the Bank of England, June 2019. <https://www.bankofengland.co.uk/report/2019/future-of-finance>.

-International Monetary Fund (IMF), Finanzas y Desarrollo (2019). The Economics of Climate. Una publicación trimestral del Fondo Monetario Internacional -Diciembre 2019 | Volumen 56 | Número 4. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2019/12/pdf/fd1219.pdf>

-IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press.

-J.P. Morgan Chase & Co (2019). Understanding Our Climate-Related Risks and Opportunities. May 2019.

-Kristalina Georgieva (2019). The Adaptive Age. No institution or individual can stand on the side lines in the fight against climate change. December 2019. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2019/12/pdf/climate-change-and-the-age-of-adaptation-georgieva.pdf>

-Larry Flink. Carta de 2020 dirigida a los consejeros delegados. <https://www.blackrock.com/es/carta-de-larry-fink-a-directivos>

-The Global Commission on the Economy and Climate (2018), Unlocking the Inclusive Growth Story of the 21st Century: Accelerating Climate Action in Urgent Times, The New Climate Economy. August 2018. <https://newclimateeconomy.report/2018/>

-The Guardian, 11/12/2019. Por Japer Jolly and Jillian Ambrose. "Saudi Amraco becomes most valuable listed company in history"

<https://www.theguardian.com/business/2019/dec/11/saudi-aramco-shares-soar-as-it-becomes-world-largest-listed-company>

-MITECO, 2020. Borrador actualizado del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030. 20 de enero 2020.

-Nordhaus W. D. with Sztorc P. (2013). DICE 2013R: Introduction and User's. October 2013. http://www.econ.yale.edu/~nordhaus/homepage/homepage/documents/DICE_Manual_100413r1.pdf

-Nordhaus W. D., (2017). Evolution of Modeling of the economics of Global Warming: Changes in the DICE Model, 1992-2017. Marzo 2017.

-Nordhaus W. D. (2018) – Facts – 2018. NobelPrize.org. Nobel Media AB 2020. Sat. 1 Feb 2020. <https://www.nobelprize.org/prizes/economic-sciences/2018/nordhaus/facts/>

-Reglamento (UE) 2019/2088 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de noviembre de 2019 sobre la divulgación de información relativa a la sostenibilidad en el sector de los servicios financieros

-Reglamento (UE) 2019/2089 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de noviembre de 2019 por el que se modifica el Reglamento (UE) 2016/1011 en lo relativo a los índices de referencia de transición climática de la UE, los índices de referencia de la UE armonizados con el Acuerdo de París y la divulgación de información relativa a la sostenibilidad de los índices de referencia.

- Reglamento (UE) 2020/852 del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de junio de 2020 relativo al establecimiento de un marco para facilitar las inversiones sostenibles y por el que se modifica el Reglamento (UE) 2019/2088.

-Rifkin J. (2019). Entrevista por Justo Barranco Madrid. La Vanguardia 25/10/2019. <https://www.lavanguardia.com/cultura/20191025/471178006022/entrevista-jeremy-rifkin-revuelta-planetaria-el-green-new-deal-global.html>

-Stern, N. (2007). Summary of Conclusions. In *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press.

DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511817434.003>

-Stern N. (2013). "The Structure of Economic Modeling of the Potential Impacts of Climate Change: Grafting Gross Underestimation of Risk on to Already Narrow Science Models." *Journal of Economic Literature* 2013, 51(3), 838–859

<http://dx.doi.org/10.1257/jel.51.3.838>

-UNFCCC, (2020). News 06 Feb, 2020. "Call for Contributions to Two Key Climate Finance Reports". <https://unfccc.int/news/call-for-contributions-to-two-key-climate-finance-reports>

-World Economic Forum (2020). *The Global Risk 2020. An Unsettled Word. Report 2020. 15th Edition*

ANEXOS

ANEXO 1

DECLARACIÓN INSTITUCIONAL DE EMERGENCIA CLIMÁTICA

DON JAVIER CELDRÁN LORENTE, SECRETARIO DEL CONSEJO DE GOBIERNO DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE LA REGIÓN DE MURCIA.

CERTIFICO: Según resulta del borrador del acta de la sesión celebrada el día cuatro de junio de dos mil veinte, el Consejo de Gobierno aprueba la Declaración Institucional del siguiente tenor literal:

“La Región de Murcia viene experimentando durante los últimos años los negativos efectos que el cambio climático está ocasionando en nuestro territorio. La escasez en la disponibilidad de agua, el aumento de los fenómenos meteorológicos extremos, la subida de las temperaturas o el incremento del nivel del mar afectan, de forma especialmente preocupante, al sureste español.

Esta realidad sitúa a la Región de Murcia ante un escenario de mayor vulnerabilidad que otros territorios, por lo que se hace necesario adoptar medidas que ayuden a mitigar los efectos del cambio climático, que suponen, además de una continua erosión de los valores medioambientales, una pérdida de oportunidades para el desarrollo económico y social.

Solo durante los últimos meses la Región de Murcia ha sufrido cuatro Depresiones Aisladas en Niveles Altos (DANA) que han provocado graves daños, tanto materiales como personales, en gran parte de los 45 municipios y ocasionando pérdidas de incalculable valor.

A esto se suma la sequía estructural que desde hace años afecta a la Comunidad, provocando el avance de la desertificación. Es por ello que el Gobierno regional defiende la infraestructura del Tránsito Tajo-Segura, que durante más de 40 años se ha convertido en sinónimo de creación de riqueza y empleo, como la herramienta más importante para luchar contra este problema del Levante español.

Junto a ello, la creciente concienciación de la sociedad y el aumento de su presencia en la agenda y en las políticas de la Unión Europea son dos muestras de las respuestas sociales e institucionales que se están dando ante la gravedad y el enorme reto que supone el cambio climático.

En este sentido la movilización de los diferentes sectores económicos y sociales se convierte en el principal objetivo. Este es el principal motivo por el que se diseña una hoja de ruta de gran valor que ayuda a integrar los esfuerzos de la sociedad y la administración para combatir de forma conjunta los efectos del cambio climático.

*En consecuencia, el Gobierno de la Región de Murcia, en línea con la voluntad expresada por la Unión Europea, **declara la emergencia climática y ambiental adoptando como hoja de ruta:***

- 1. Los objetivos y las líneas de trabajo contenidas en la Estrategia Regional de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático, incorporando el objetivo establecido por la Unión Europea de alcanzar la neutralidad climática a más tardar en 2050.***
- 2. Reivindicar ante las instancias nacionales y europeas la necesidad de que en la asignación de fondos europeos se contemple la vulnerabilidad de las regiones ante el cambio climático.***
- 3. Presentar esta declaración de emergencia climática y ambiental y los objetivos y líneas de trabajo contenidas en la Estrategia Regional de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático a los ayuntamientos de la Región de Murcia solicitando su responsabilidad con declaraciones municipales de emergencia climática.”***

Y para que conste y a los procedentes efectos, expido, firmo y sello la presente en Murcia a la fecha de la firma electrónica recogida al margen.

ANEXO 2.

ESTRATEGIA DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO



EL CONTEXTO SOCIAL Y EL MARCO EUROPEO COMO REFERENCIA

El presente documento constituye la estrategia regional de mitigación y adaptación al cambio climático. Tiene su origen en los mandatos de la Asamblea Regional y del Consejo de Gobierno. Tras su formulación por el departamento competente en materia de cambio climático de la Administración Regional, fue sometida a la consideración por el Observatorio Regional del Cambio Climático¹ y la consulta a los departamentos del gobierno regional.

Su configuración final ha estado precedida de movimientos ciudadanos² e importantes iniciativas institucionales. El 28 de noviembre de 2019 el Parlamento Europeo declaró la emergencia climática³. Con esta declaración el Parlamento pide a la Comisión Europea que se asegure de que todas las propuestas presupuestarias y legislativas se alinean con el objetivo de limitar el calentamiento global por debajo de 1,5 °C.

El cambio climático se genera como consecuencia de las emisiones de gases de efecto invernadero con independencia de quien las produce. Las emisiones de un país, una vez dispersadas en la atmósfera, afectan a todo el planeta. Este carácter global convirtió en imprescindible la coordinación internacional, por lo que en 1992 en Río de Janeiro se firmó el Convenio Marco sobre el Cambio Climático. Entró en vigor el 21 de marzo de 1994 y fue ratificado por 196 Estados, que constituyen las “Partes” de la Convención.

El Convenio o Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, constituye el elemento básico de la estrategia mundial para combatir el cambio climático. Su objetivo es estabilizar las concentraciones de dióxido de carbono, metano y otros gases de efecto invernadero, a un nivel que impida toda perturbación peligrosa del sistema climático.

Desde 1992, se han celebrado numerosas reuniones o conferencias de las partes (COP). La Conferencia de las Partes, compuesta por todos los Estados “partes”, constituye el órgano de decisión de la Convención. Se reúne anualmente en conferencias mundiales.

La 18ª Reunión de las Partes del Convenio Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (COP 18), celebrada en 2012 en Doha, prorrogó hasta 2020 el período de compromiso del Protocolo de Kioto, que expiraba en 2012. En París, del 30 de noviembre al 11

1 La Orden de 19 de febrero de 2007, de la extinta Consejería de Industria y Medio Ambiente, por la que se crea el Observatorio Regional del Cambio Climático establece entre sus objetivos actuar como órgano permanente de recogida y análisis de la información, promoviendo la investigación sobre los procesos de cambio y las medidas de adecuación y proponer, a partir de los datos recogidos, soluciones concretas.

2 Véanse por ejemplo los movimientos espontáneos de jóvenes estudiantes (movimiento “Youth for Climate” Jóvenes por el clima) están adquiriendo cada vez más repercusión.

3 <https://www.europarl.europa.eu/news/es/press-room/20191121IPR67110/el-parlamento-europeo-declara-la-emergencia-climatica>

https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2019-0078_ES.html

Resolución del Parlamento Europeo, de 28 de noviembre de 2019, sobre la situación de emergencia climática y medioambiental (2019/2930(RSP))

1. *Declara la situación de emergencia climática y medioambiental; pide a la Comisión, a los Estados miembros y a todos los agentes mundiales que adopten urgentemente las medidas concretas necesarias para combatir y contener esta amenaza antes de que sea demasiado tarde, y manifiesta su propio compromiso al respecto;*

2. *Insta a la nueva Comisión a que evalúe plenamente el impacto climático y medioambiental de todas las propuestas legislativas y presupuestarias pertinentes y garantice que estén plenamente en consonancia con el objetivo de mantener el calentamiento global por debajo de 1,5 °C y no contribuyan a la pérdida de diversidad biológica;*

de diciembre de 2015, se celebró la reunión número 21, de ahí el nombre de COP 21. En París, la COP 21 aprobó el nuevo Protocolo⁴ que en 2020 sustituirá al de Kioto⁵.

El Acuerdo de París fija en su artículo 2 los grandes objetivos de “mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 grados centígrados;” aunque se añadió: “Y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5” respecto a la media de la era preindustrial.

“a) Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático;

b) Aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero,...”

La Cumbre del Clima de París supone un acuerdo histórico en la lucha contra el cambio climático, fundamental para la promoción de un desarrollo bajo en emisiones, resiliente al clima y sostenible. El Acuerdo de París⁶ ha sido adoptado por todos los países de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y entró en vigor el 4 de noviembre de 2016.

En París, 187 países presentaron sus propuestas de reducción o contribución. La contribución de la Unión Europea fue presentada el 6 de marzo de 2015⁷. El compromiso ha sido el concretado en el acuerdo de Jefes de Estado de octubre de 2014, de reducir el 40% de las emisiones en 2030 con respecto a las de 1990. Es necesario destacar que en el documento presentado se expresa además una meta, señalando que el compromiso “*está en línea con el objetivo de la UE, en el contexto de las reducciones necesarias según el IPCC por los países desarrollados en su conjunto, para reducir sus emisiones 80-95% en 2050 con respecto a 1990.*”

4 Conferencia de las Partes 21er período de sesiones. París, 30 de noviembre a 11 de diciembre de 2015. Acuerdo de París. <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/l09s.pdf>

5 El Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático ha necesitado, sin embargo, la elaboración de protocolos específicos que permitan concretar los compromisos. Hasta el acuerdo de París, el más conocido de éstos ha sido el Protocolo de Kioto, adoptado en la Tercera Reunión de las Partes en diciembre de 1997, en la ciudad de Kioto.

El Protocolo de Kioto entró en vigor el 16 de febrero de 2005, 90 días después de que fuera ratificado por 55 países que, en conjunto, suponían al menos el 55% de las emisiones totales (con la ratificación en noviembre de 2004 de Rusia, que representaba el 17,4%, se llegó al 61%, posteriormente lo hizo Australia).

China, el principal emisor, aunque lo ratificó ha estado liberada, como el resto de los entonces países en vías de desarrollo, de esfuerzos concretos de reducción de emisiones. El Protocolo de Kioto no impone multas pero sí castigos, obligando a reducir en el siguiente período las emisiones no justificadas con derechos de emisión multiplicadas por 1,3.

6 El Acuerdo de París es un tratado internacional jurídicamente vinculante destinado a establecer el marco de las actuaciones contra el cambio climático a partir de 2020.

7 Intended Nationally Determined Contribution of the EU and its Member States. Riga, 6 March 2015 <http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Latvia/1/LV-03-06-EU%20INDC.pdf>



En octubre de 2014, como hemos comentado, la Unión Europea acordó el objetivo vinculante de reducir el 40% de las emisiones en 2030, con respecto a las de 1990⁸. El acuerdo señala que *“la UE cumplirá colectivamente el objetivo de la manera más eficaz posible en términos de coste, con reducciones en los sectores sujetos y no sujetos al régimen de comercio de derechos de emisión del 43% y del 30%, respectivamente, en 2030 en comparación con 2005”*. La distribución del esfuerzo para los diferentes Estados miembros en cuanto a los sectores difusos⁹ ha sido concretada mediante Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo en junio de 2018, correspondiendo a España¹⁰ una reducción del 26%.

En consecuencia, el objetivo de reducción de emisiones a introducir en las decisiones de las administraciones y en el diseño de los planes y proyectos es, respecto a 2030, del 26% de las emisiones que generen las obras y, en su caso, el funcionamiento de las fuentes de emisión en los llamados sectores difusos (sectores no incluidos en la normativa europea que regula el comercio de derechos de emisión)

La Unión europea, que se había marcado el objetivo de reducir el 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero en 2030 respecto a 1990, ha incluido la neutralidad climática entre las 4 grandes líneas que conforman la nueva Agenda Estratégica para 2019-2024¹¹, aprobada en la reunión del Consejo de la Unión Europea de junio de 2019¹². Esta Agenda

8 Consejo Europeo (23 y 24 de octubre de 2014) Conclusiones sobre el marco de actuación en materia de clima y energía hasta el año 2030. <http://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-169-2014-INIT/es/pdf>

9 emisiones procedentes de actividades, obras, infraestructuras, no incluidas en el ámbito del comercio europeo de derechos de emisión, tales como transporte, edificación, industria alimentaria, comercio, agricultura, etc.

10 REGLAMENTO (UE) 2018/842 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 30 de mayo de 2018 sobre reducciones anuales vinculantes de las emisiones de gases de efecto invernadero por parte de los Estados miembros entre 2021 y 2030 que contribuyan a la acción por el clima, con objeto de cumplir los compromisos contraídos en el marco del Acuerdo de París, y por el que se modifica el Reglamento (UE) n.º 525/2013 (Diario Oficial de la Unión Europea de 19-6-2018).

11 <https://www.consilium.europa.eu/es/press/press-releases/2019/06/20/a-new-strategic-agenda-2019-2024/>
<https://www.consilium.europa.eu/media/39964/a-new-strategic-agenda-2019-2024-es.pdf>

12 <https://www.consilium.europa.eu/es/meetings/european-council/2019/06/20-21/>

Estratégica¹³ tiene como objetivo guiar el trabajo de las instituciones en los cinco próximos años¹⁴.

La Unión Europea, como líder mundial de la política frente al cambio climático, no solo está fijando importantes compromisos de reducción de emisiones¹⁵ que han de cumplir los países miembros, sino que está movilizando la inversión pública¹⁶ en relación con la mitigación y adaptación al cambio climático. En la actualidad, dentro del vigente marco financiero plurianual (2014-2020), es obligado destinar el 20% del presupuesto de la Unión Europea a políticas relacionadas con el clima¹⁷. Para el periodo 2021-2027, de los fondos europeos estructurales que llegan a los países miembros, será obligatorio que al menos el 25 % del gasto contribuya a alcanzar los objetivos climáticos. En este marco, muchas de las medidas que en desarrollo de esta estrategia sean planificadas o proyectadas por la Administración Regional y las Administraciones Municipales deben encontrar apoyo financiero¹⁸.

La Unión Europea anunciaba en diciembre de 2019 durante la celebración de la COP25 en Madrid (diciembre de 2019) tres importantes compromisos: la activación del Nuevo Pacto Verde (Green New Deal)¹⁹; el compromiso de alcanzar la neutralidad climática en 2050 y el compromiso de convertir al Banco Europeo de Inversiones (BEI) en un “Banco Climático,” lo

13 La estrategia política general de la UE la elaboran conjuntamente sus instituciones: el Parlamento Europeo, el Consejo Europeo, el Consejo de la Unión Europea y la Comisión Europea. En particular, el Consejo Europeo (que reúne a los dirigentes de los 28 países de la UE) ofrece orientaciones y establece las prioridades políticas generales.

14 *Se centra en cuatro prioridades principales:*

- *proteger a los ciudadanos y las libertades;*
- *desarrollar una base económica sólida y dinámica;*
- *construir una Europa climáticamente neutra, ecológica, justa y social; promover los intereses y valores europeos en la escena mundial.*

“Conforme los efectos del cambio climático se van haciendo más visibles y se van extendiendo, hemos de intensificar nuestra actuación urgentemente a fin de gestionar esta amenaza para nuestra existencia. La UE puede y debe mostrar el camino, acometiendo una transformación en profundidad de su economía y su sociedad para alcanzar la neutralidad climática. Esto debe realizarse de una manera que tenga en cuenta las circunstancias nacionales y sea socialmente justa.”

15 Europa anuncia en la COP25 la primera Ley de transición hacia la neutralidad climática

La primera Ley de transición hacia una neutralidad climática en la que trabaja la Unión Europea “afectará a la emisión en los principales sectores”, así como en “los precios de transporte”, e incluirá energía limpia “a un precio justo”

16 Más de una quinta parte del presupuesto de la Unión Europea para 2020 (168.300 millones de euros) será destinado a actividades relacionadas con el cambio climático.

17 Por ejemplo, es frecuente ver convocatorias de ayudas y subvenciones para eficiencia energética y desarrollo de energías renovables. En su inmensa mayoría estas líneas de ayuda proceden de financiación del Fondo Europeo de Desarrollo Regional y en concreto en su línea 4. Economía Baja en Carbono.

18 Como señala la Comisión Europea en la Comunicación “Un planeta limpio para todos. La visión estratégica europea a largo plazo de una economía próspera, moderna, competitiva y climáticamente neutra” (Bruselas, 28.11.2018 COM(2018) 773 final) *“La propuesta de la Comisión Europea de incrementar la integración de la dimensión climática hasta por lo menos el 25 % en el próximo marco financiero plurianual demuestra que el presupuesto de la UE continuaría actuando como catalizador para movilizar la inversión pública y privada sostenible y canalizar el apoyo de la UE para la transición a la energía limpia hacia donde más se necesita. Asimismo, constituye una parte esencial de la credibilidad de la UE, al abogar por un objetivo de cero emisiones netas de gases de efecto invernadero para 2050.”*

19 Los enlaces para acceder a la Comunicación del Pacto Verde y el anexo son:

<https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-15051-2019-INIT/es/pdf>

<https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-15051-2019-ADD-1/es/pdf>

Y el enlace a la página de la Comisión sobre el Green Deal, todo en inglés:

https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

que permitirá movilizar un billón de euros de inversión durante la próxima década. Además, la Unión Europea ha anunciado que el BEI dejará de financiar proyectos relacionados con las energías fósiles en 2021.

El cambio climático adquiere cada vez más repercusión entre ciudadanos y empresas. En 2019²⁰, en el último Eurobarómetro²¹ especial dedicado al cambio climático los encuestados ya sitúan el cambio climático en segundo lugar, después de la pobreza (primero) y delante del terrorismo internacional (tercero). Se muestran mayoritariamente de acuerdo con la idea de que es urgente luchar contra el cambio climático²². Los resultados, tanto a nivel europeo²³ como de España²⁴, muestran una destacada sensibilidad de la población. Esta percepción es coherente con encuestas de ámbito local²⁵.

También, los mercados y el mundo empresarial están acelerando su toma de posición. En el prestigioso Foro Económico de Davos, el cambio climático centra en los últimos años las preocupaciones en la encuesta empresarial sobre los riesgos para la economía²⁶.

La movilización de compromisos de los diferentes sectores económicos y sociales ha sido muy importante durante el último año y especialmente en torno a la COP25²⁷.

20 https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/support/docs/report_2019_en.pdf

21 Macroencuestas realizadas por la Comisión Europea

22 En concreto el Eurobarómetro (2019) señala que el 23 % del conjunto de los europeos -y el 18 % de los españoles- sitúa la crisis climática como segunda preocupación internacional, por delante del terrorismo (15 % de europeos, 7 % de españoles), con datos de abril de 2019 difundidos en septiembre de 2019.

23 El 92% de los encuestados (y más de ocho de cada diez en cada Estado miembro) están de acuerdo en que las emisiones de gases de efecto invernadero deben reducirse al mínimo y compensar al mismo tiempo las emisiones restantes, a fin de que la economía de la UE sea climáticamente neutra de aquí a 2050. El 79% opina que tomar medidas en materia de cambio climático hará que las empresas de la UE sean más innovadoras y competitivas. Una gran mayoría está de acuerdo en que reducir las importaciones de combustibles fósiles procedentes de fuera de la UE puede aumentar la seguridad energética y beneficiar a la UE desde el punto de vista económico (72%). Siete de cada diez encuestados (70%) están de acuerdo en que la adaptación a los efectos adversos del cambio climático puede tener resultados positivos para los ciudadanos de la UE.

24 -Nueve de cada diez encuestados en España consideran el cambio climático un problema "muy serio" (89%). Y lo que es más importante, el 95% de los encuestados (por encima del 92% de media de la UE) apoya el objetivo de lograr que la UE no tenga ningún impacto climático para 2050.

25 Véase la realizada por el ayuntamiento de Murcia en el marco de su estrategia municipal de cambio climático.

26 Cada año, el Foro Económico Mundial, conocido como "Foro de Davos" por la ciudad Suiza donde se celebra, solicita a una extensa red de empresas líderes, gobiernos, sociedad civil y grandes personalidades que identifiquen los mayores riesgos mundiales, y aquellos que con mayor probabilidad sucederán en un plazo de 10 años. Desde hace varios años, tal como muestran 'The Global Risks Report 2018 y The Global Risks Report 2019' los líderes mundiales encuestados han señalado que el clima extremo, los desastres naturales y el fracaso de la mitigación y la adaptación al cambio climático son los riesgos más importantes y más propensos a ocurrir.

27 Durante el segundo semestre de 2019 se ha duplicado el número de fondos de inversión que se han comprometido a que sus carteras sean neutras en emisiones tan pronto como sea posible, pasando de carteras que suman 2,4 billones de dólares durante la Cumbre del Clima de Nueva York (septiembre de 2019) a 4 billones en la COP25 (diciembre de 2019).

El número de multinacionales comprometidas a ser neutras en carbono en 2050 se ha duplicado, pasando de 90 en la Cumbre del Clima de Nueva York a 177 en la COP25. En tamaño, estas empresas emplean a más de 5,8 millones de personas.

Una veintena de bancos españoles, algunos de los cuales tienen un peso global destacado, acordaron alinearse con el Acuerdo de París.

La cifra de grandes ciudades comprometidas con la neutralidad climática en 2050 ha pasado de 100 en la cumbre de Nueva York a 398 durante la COP25.

En los meses previos a la COP25 numerosos Estados (en concreto 73) se han comprometido a ser neutros en carbono en 2050, entre ellos, España. Para lograrlo, nuestro país se ha fijado como objetivo reducir una de cada tres toneladas de CO₂ en la próxima década, duplicando el consumo final de energía renovable en 2030.

Por las razones anteriores, la estrategia que se describe en las siguientes páginas trata de tener muy presente el contexto social y como referencia el marco europeo.

SITUACIÓN ACTUAL Y PREVISIONES

El origen del cambio climático actual (con clara diferencia con los otros cambios climáticos del pasado) está en el incremento del llamado “efecto invernadero”. El 1% de los gases que componen la atmósfera, como el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O) y otros gases, tienen la característica de atrapar y devolver hacia la tierra parte de la radiación infrarroja que ésta emite al exterior en forma de calor y se denominan gases de efecto invernadero (GEI).

Este proceso, semejante al que se origina en un invernadero agrícola, ha mantenido durante varios miles de millones de años la temperatura de la superficie terrestre en niveles adecuados para la vida, ya que se estima que sin este efecto la temperatura media del planeta sería 30°C inferior²⁸.

El gas que más contribuye al efecto invernadero con gran diferencia es el CO₂. La concentración de CO₂ en la atmósfera²⁹ sigue un ritmo claramente ascendente. Era de 280 partes por millón (ppm) en 1750. Se incrementó a 320 ppm en 1960 y a 410 en noviembre de 2019 en el *Mauna Loa Observatory* de Hawai³⁰. En España, se mide en la estación de Izaña en Tenerife.

La mitad del CO₂ emitido hoy tardaría un siglo para eliminarse de la atmósfera, mientras que cerca del 20% se mantendría durante varios milenios, ya que el ciclo biogeoquímico del carbono y los mecanismos que dan lugar a su funcionamiento se comportan con una gran inercia. Como resultado del lento proceso de eliminación del CO₂ en la atmósfera, la tendencia al calentamiento va a continuar aun cuando se reduzcan drásticamente las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero³¹.

28 la Tierra en ausencia de GEI tendría una temperatura media de -18°C (Peixoto&Oort, 1992). Los GEI suben la temperatura unos 33°C (hasta 15°C aprox.). Este es el efecto invernadero natural. Las emisiones antropogénicas de GEI están incrementando el efecto invernadero.

29 La concentración de CO₂ en la atmósfera empezó a medirse con precisión de forma sistemática a partir de los trabajos de Keeling desde 1958, primero en California y más tarde en el Observatorio de Mauna Loa en las islas Hawai.

30 <https://www.co2.earth/>

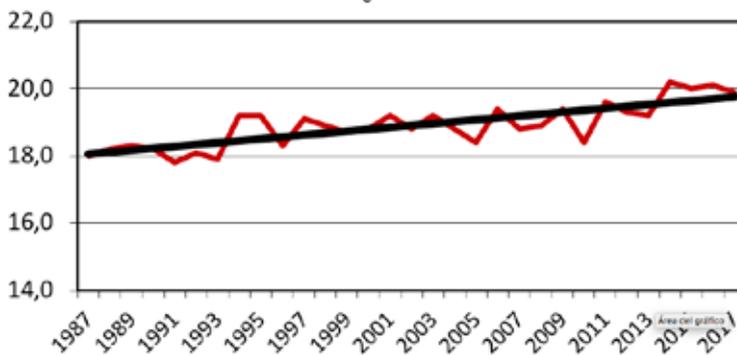
31 En este sentido ya se pronunciaba el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC *Intergovernmental Panel on Climate Change*), cuando en su Cuarto Informe de Evaluación señalaba: “Las emisiones antropogénicas de dióxido de carbono continuarán contribuyendo al calentamiento y al aumento del nivel del mar durante más de un milenio, debido a las escalas de tiempo requeridas para eliminar este gas de la atmósfera.”

- Aproximadamente la mitad del CO₂ emitido permanece en la atmósfera a largo plazo (siglos) y la otra mitad es absorbida por el océano y la biosfera; por lo que mientras se siga emitiendo CO₂ seguirá aumentando la concentración de CO₂ atmosférico.

Cada vez son más frecuentes e intensos los fenómenos meteorológicos extremos, cambios en las temperaturas medias y alteraciones en las características de las estaciones. Estas alteraciones se corresponden con las previsiones del Organismo de Naciones Unidas para el cambio Climático (Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático -IPCC)³² en sus informes periódicos de evaluación (quinto informe AR5 y en elaboración el sexto).

La temperatura ha aumentado en todas las zonas y regiones del mundo en los últimos 100 años y especialmente en las últimas décadas. Los últimos 30 años presentan un periodo de calentamiento sin precedentes en 2000 años de historia³³.

La Región de Murcia tiene un comportamiento semejante a la del resto del país, especialmente en su parte este. El cambio climático está aumentando la temperatura en verano y está suavizando las temperaturas de otoño e invierno.



En marzo de 2019, se hicieron públicos los resultados de un extensísimo estudio de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). AEMET, utilizando millones de datos acumulados durante décadas, ha constatado que la temperatura en las ciudades españolas en los últimos 50 años ha aumentado el doble que la media mundial. Los mayores incrementos se han producido en nuestra Región y en la mitad este de la península, con subidas en torno a los 2 grados.

Los años más cálidos desde 1941 se han ido concentrando en la última década. En la ciudad de Murcia, los últimos 5 años han sido calificados como muy cálidos.

32 http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml

A nivel internacional es el Organismo de referencia encargado de evaluar la situación y las predicciones. El IPCC realiza informes periódicos sobre la evolución y perspectivas del cambio climático a nivel mundial. El último informe publicado es el "Quinto Informe" que está formado por varios documentos. En español se puede ver en:

http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml

33 <https://public.wmo.int/en/media/news/april-high-co2-low-sea-ice-and-extreme-weather>



Carácter térmico mensual en relación a la distribución normal del periodo de referencia (1981-2010) en Murcia.

El cambio climático está aumentando la temperatura en verano y está suavizando las temperaturas de otoño e invierno.

En los últimos 40 años, el verano, cada vez más caluroso, se ha alargado en España un total de cinco semanas. Las temperaturas veraniegas se han extendido hacia junio y hacia septiembre un promedio de 9 días por década.

La temperatura media del mar Mediterráneo ha subido 0,34 grados centígrados por década. Este incremento de las temperaturas del agua en el Mediterráneo ha provocado un aumento destacado de las noches tropicales en las ciudades costeras e incrementado la aportación para episodios de lluvias torrenciales.

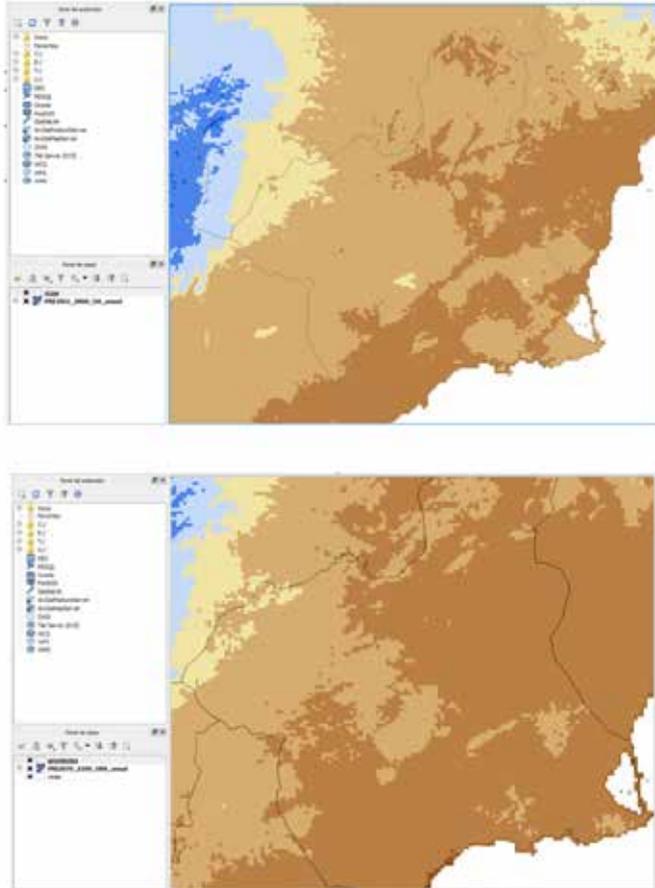
La mayor irregularidad y torrencialidad en las precipitaciones y la mayor evaporación por el incremento de la temperatura están contribuyendo a que de los escasos 1000 Hm³ de recursos propios, que cada año aporta la cuenca del río Segura, ya se disponga de un 18% menos en las últimas décadas. Como la comunidad científica ha señalado³⁴ "El reciente cambio climático acelerado ha exacerbado los problemas ambientales existentes en la cuenca del Mediterráneo como es la escasez de agua"

En las próximas décadas los recursos disponibles serán menores como consecuencia de la menor precipitación como señalan el trabajo sobre recursos hídricos del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)³⁵ en el marco del Plan Nacional de Adaptación.

34 https://ufmsecretariat.org/wp-content/uploads/2019/10/MedECC-Booklet_FR_WEB.pdf
<https://www.nature.com/articles/s41558-018-0299-2>

35 http://www.adaptecca.es/sites/default/files/editor_documentos/CEDEX_Evaluacion_cambio_climatico_recursos_hidricos_sequias_Espa%F1a.pdf

La resolución espacial de este trabajo es de 1km x 1km. En los mapas siguientes podemos ver un considerable incremento de la superficie regional que se quedará, en el periodo 2070-2100, por debajo de los 200 mm de precipitación anual (mapa segundo que puede compararse con la media del periodo 1961-2000 que puede verse en el mapa primero) lo que unido al incremento de la evapotranspiración reducirá el agua disponible.



Otra consecuencia aportada por del cambio climático es el aumento del nivel del mar. Las dos causas principales de la elevación son la expansión térmica (el agua caliente ocupa más volumen que la fría) y el agua aportada por el deshielo terrestre.

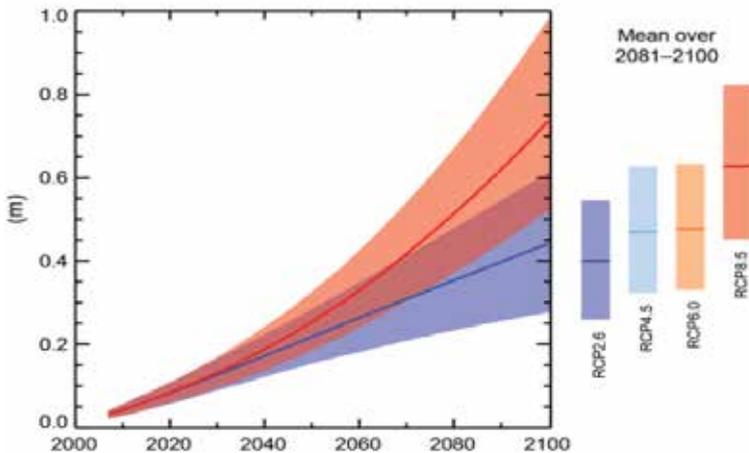
Además de precipitación se recoge información sobre otras variables hidrometeorológicas como son evapotranspiración escorrentía, recarga de acuíferos y aportación.

En su página 298 se puede ver que para la cuenca del río Segura se predice una notable reducción de la escorrentía para los periodos siguientes:

- 7 - 9 % para el periodo 2010-2040
- 11 -23 % para el periodo 2040-2070
- 20 -38 % para el periodo 2070-2100

La información aportada por los mareógrafos de la Red de Puertos del Estado permite ver en diversos puntos del mar Mediterráneo una tendencia en la subida del nivel de alrededor de 5 milímetros/año, como media, de 20 años³⁶.

El IPCC de Naciones Unidas en su Quinto informe prevé una subida del nivel medio del mar de hasta 98 centímetros para finales de este siglo.



Previsiones de aumento del nivel medio del mar. Fuente: Quinto Informe del IPCC, de septiembre de 2013. (Documento del grupo de trabajo I, GTI: Bases físicas, publicado el 27 de septiembre de 2013). Página 26

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf

En la Región, la preocupación se centra en la Manga del Mar Menor y su entorno, con una topografía muy llana, que apenas se eleva del mar 30 o 40 centímetros en muchos de sus puntos.

Una de las consecuencias destacadas de la subida del nivel del mar es la pérdida de playas por el efecto, más agresivo, de la dinámica litoral. Así pues, los temporales en invierno son más agresivos con cada incremento del nivel del mar, aunque éste sea milimétrico, con el consiguiente aumento de pérdidas de arena en las playas. Una subida del nivel del mar de 5 milímetros/año, como las que se registra en la costa mediterránea, necesita aportaciones de arena de 1,5 m³/año por cada metro lineal de playas³⁷.

36 La componente estérica por temperatura (baroclina) es la que aporta la variabilidad regional que se observa en la tendencia obtenida en los mareógrafos. <http://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx>

37 En este sentido, véase Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino: *Tercera Comunicación Nacional de España. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones, Madrid 2002. pág.123.

«Si la velocidad de subida del nivel del mar es de 5 milímetros/año se necesitarían 1,5 m³/año por cada metro lineal de playas (15000 m³ de arena por cada 10 Km. de playa cada año, solamente para compensar el efecto de la subida del nivel del mar). Si no se lleva a cabo esta alimentación de arena de forma periódica la playa sumergida adoptará un nuevo equilibrio erosionando esa cantidad de arena de la playa emergida y el resultado será un retroceso muy visible de la línea de contacto arena-agua, aún con subidas muy moderadas del nivel medio del mar».

OBJETIVOS Y LÍNEAS ESTRATÉGICAS

La Estrategia propuesta se dirige hacia la mitigación y adaptación. La mitigación y adaptación son soluciones complementarias para reducir los riesgos asociados al impacto del cambio climático.

La mitigación y adaptación a los efectos³⁸ del cambio climático son por tanto las dos grandes áreas de intervención. En este mismo sentido se planteó la línea política de la Unión Europea denominada Unión de la Energía y el Clima, que obligaba a los Estados Miembros a presentar un Plan Nacional Integrado de Energía y Clima para el período 2021-2030 en 2019 y que deberá actualizarse en 2024. El Ministerio para la Transición Ecológica hizo público el proyecto antes de su remisión a la Comisión Europea el 28 de febrero de 2019. En coherencia con este planteamiento integrador, en la Región de Murcia, el apartado de energía estaría representado por el Plan Energético de la Región de Murcia 2016-2020 y en relación con el clima la presente Estrategia de Mitigación y Adaptación. Por esta razón, no se contemplan en esta Estrategia acciones en materia de eficiencia energética y energías renovables, que ya vienen contempladas en el citado Plan Energético.

El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima es, junto a la normativa europea de la que deriva, un elemento esencial que marca el camino hacia una economía baja en carbono. En general las obligaciones de reducción de emisiones vendrán en muchos casos y para muchos sectores como consecuencia del cumplimiento de la normativa impuesta por la Unión Europea³⁹. En consecuencia, el primer gran reto para la Región consistirá en preparar la transición a esta economía baja en carbono de forma ecoeficiente, es decir de la forma más rentable económica y ambientalmente posible.

Por otra parte, dado que la tendencia al calentamiento va a continuar aun cuando se reduzcan drásticamente las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero⁴⁰ y dado

38 Mitigación: acciones llevadas a cabo para reducir las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Adaptación: acciones llevadas a cabo para prever los efectos adversos del cambio climático, prevenir o minimizar el daño que puede provocar o aprovechar las oportunidades que puedan surgir.

Las políticas de mitigación contribuyen a reducir la concentración de gases de efecto invernadero, GEI, en la atmósfera, lo que supone menores impactos y, por consiguiente, una inferior necesidad de adaptación.

39 Por ejemplo, el Real Decreto 235/2013. Este Real Decreto incorpora a derecho interno la obligación establecida por la Directiva 2012/27/UE de "Edificios de consumo de energía casi nulo" para todos los edificios nuevos. Esta obligación ya es aplicable a los inmuebles públicos construidos a partir del 31 de diciembre de 2018 y todos los edificios nuevos de titularidad privada a partir del 31 de diciembre de 2020.

Otro ejemplo de obligaciones establecidas desde la Unión Europea es la referida a la reducción de emisiones en el transporte ejemplo La Comisión Europea - Comunicado de prensa Bruselas, 17 de mayo de 2018 ha dejado claro que la reducción de emisiones afectara a todos los sectores económicos. En este sentido se puede citar al anterior comisario responsable de Acción por el Clima y Energía: " *Todos los sectores deben contribuir a la consecución de nuestros compromisos climáticos asumidos en el marco del Acuerdo de París. Por eso, por primera vez en la historia, proponemos normas de la UE para incrementar la eficiencia del consumo de combustible y reducir las emisiones de los vehículos pesados nuevos.*"

40 como resultado del lento proceso de eliminación del CO₂ en la atmósfera, la mitad del CO₂ emitido tardaría un siglo en eliminarse de la atmósfera, mientras que cerca del 20% se mantendría durante varios milenios, ya que el ciclo biogeoquímico del carbono y los mecanismos que dan lugar al clima se comportan con una gran inercia.

En este sentido ya se pronunciaba el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC *Intergovernmental Panel on Climate Change*), cuando en su Cuarto Informe de Evaluación señalaba: " *Las emisiones antropogénicas de dióxido de carbono continuarán contribuyendo al calentamiento y al aumento del nivel del mar durante más de un milenio, debido a las escalas de tiempo requeridas para eliminar este gas de la atmósfera.*"

que, en el área mediterránea, la temperatura está creciendo muy por encima de la media mundial⁴¹, se hace especialmente importante la adaptación. La adaptación se ha convertido en inevitable.

En consecuencia, el segundo gran reto para la Región consistirá en preparar la adaptación a los impactos para reducir nuestra vulnerabilidad.

Frente a la mitigación, que requiere una respuesta conjunta y coordinada a nivel internacional, dado que las emisiones independientemente de su lugar de procedencia contribuyen por igual al efecto invernadero, se reconoce que una buena parte de la adaptación debe ser definida e implementada a nivel regional, pues los impactos y las vulnerabilidades son específicos de cada lugar.



La concentración de competencias de intervención administrativa (planificación, autorización inspección y control) en los diversos sectores y materias⁴² y de planificación territorial y urbanística, hacen especialmente apropiada a Administración Regional para impulsar la mitigación y adaptación al cambio climático. En este sentido en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, se valora el papel fundamental que han de desempeñar las Comunidades Autónomas, detectando vulnerabilidades y definiendo políticas de adaptación.

Como respuesta organizativa la Administración Regional creó, en 2011, el Servicio de Fomento del Medio Ambiente y Cambio Climático como órgano técnico de la Administración destinado a gestionar las competencias en materia cambio climático. Asimismo, en 2007 se creó, como órgano consultivo y de participación, el Observatorio Regional del Cambio Climático (ORCC)⁴³.

41 En este sentido se pronuncian los trabajos:

Guiot16_ClimateChange_Mediterranean_Science.pdf

https://ufmsecretariat.org/wp-content/uploads/2019/10/MedECC-Booklet_FR_WEB.pdf

42 Sectores y materias (Administración Sectorial): Transporte, Agricultura, Ganadería, Pesca, Industria, Infraestructuras, Turismo, Salud, Gestión Forestal, etc.

43 <http://cambioclimaticomurcia.carm.es/>

La aplicación de soluciones ecoeficientes de mitigación y adaptación al cambio climático es, como veremos más adelante, relativamente fácil de introducir en los nuevos proyectos y en las nuevas figuras de planeamiento urbanístico. En este aspecto, desempeña un papel fundamental el departamento de cambio climático de la Administración Regional, introduciendo a través del procedimiento de evaluación ambiental los criterios de mitigación y adaptación que han de regir en esos nuevos planes y proyectos. Esto es mucho más complejo en las actividades ya implantadas y en los tejidos urbanos consolidados.

Para esto y dado que, como es lógico, la Administración Regional está organizada y repartidas sus competencias en departamentos especializados (Administración Sectorial) y al ser el cambio climático es transversal y afectar a la mayoría de los sectores de actividad la consecución de los objetivos de esta Estrategia en las actividades ya implantadas y en los tejidos urbanos consolidados dependerá en gran medida de las actuaciones desarrolladas por los diferentes departamentos, en colaboración con el departamento de cambio climático.

El departamento de cambio climático de la Administración Regional concentra las competencias de autorización, inspección, control y propuesta de sanción en la aplicación de la normativa europea sobre el comercio de derechos de emisión que alcanza a una buena parte del conjunto de las emisiones anuales de gases de efecto invernadero, 50% de las emisiones de la región. Para el resto de sectores de actividad, que representan el otro 50% de las emisiones, conocidos como sectores difusos (transporte, urbanismo, edificación, agricultura, ganadería, industria), interviene proponiendo medidas en nuevos planes y proyectos sometidos a evaluación ambiental (ya que es considerado Administración Pública Afectada en el marco del procedimiento regulado por la Ley 21/2013 de evaluación ambiental). Sin embargo, el grueso de las emisiones y necesidades de adaptación en relación con los sectores difusos corresponde a actividades ganaderas, industriales, infraestructuras y tejidos urbanos ya desarrollados o implantadas hace años sobre los que es más adecuado intervenir desde la Administración Regional sectorial y especializada (de agricultura, de ganadería, de transportes, de infraestructuras, de industria, etc.) y desde los ayuntamientos.

Por esta razón, para orientar la intervención administrativa de los departamentos sectoriales de la Administración Regional y el resto de administraciones y organizaciones de la economía y la sociedad la Estrategia definida en este documento concreta dos grandes objetivos:

Objetivo 1: Reducir emisiones de los sectores difusos en un 26% en 2030.

Objetivo coherente con los compromisos asumidos por la Unión Europea que vincula al Reino de España y que debemos contemplar como límites de obligado cumplimiento para los nuevos planes y proyectos y de referencia para empresas y organizaciones en funcionamiento.

Además de reducir las emisiones es necesario adoptar medidas de adaptación para hacer frente a los efectos climáticos y reducir los costes económicos y ambientales que estos acarrearán. En consecuencia, el segundo gran objetivo de esta Estrategia es:

Objetivo 2: Conseguir una región menos vulnerable al cambio climático.

Para conseguir dichos objetivos se desarrollan quince grandes líneas estratégicas de actuación.⁴⁴

1. Incorporar medidas de la adaptación y mitigación en los nuevos planes y proyectos a través del procedimiento de evaluación ambiental
2. Impulsar acuerdos ambientales (acuerdos voluntarios) para la adaptación y mitigación
3. Identificar y difundir acciones de mitigación y adaptación que sean ecoeficientes es decir, que además de ambientalmente favorables, son ventajosas económicamente
4. Focalizar esfuerzos en mitigación hacia la fuente de emisiones de gases de efecto invernadero más importante de la región mediante la reducción del uso del vehículo privado y la electrificación de la movilidad
5. Aprovechar la obligación legal del “edificio de consumo de energía casi nulo” para incorporar, a través de las licencias de obras, medidas de mitigación y adaptación.
6. Fomentar que las empresas y sectores empresariales desarrollen análisis estratégicos de adaptación al cambio climático y fomentar desde las instituciones la generación de conocimiento sobre los efectos y medidas de adaptación al cambio climático de los sectores clave en la economía regional.
7. Fomentar la comunicación de la huella de carbono y los esfuerzos voluntarios en mitigación y adaptación, en especial entre el tejido exportador.
8. Aplicar los escenarios futuros de subida del nivel del mar en la toma de decisiones urbanísticas en la costa e iniciar la adaptación de espacios urbanos e infraestructuras previsiblemente afectados
9. Impulsar la adaptación al cambio climático del medio natural en sus aspectos relacionados con la conservación de la biodiversidad y áreas protegidas
10. Impulsar la adaptación al cambio climático del medio natural en sus aspectos relacionados con la gestión forestal
11. Fortalecer la salud pública actuando frente al cambio climático
12. Impulsar una administración pública regional de cero emisiones, así como desarrollar acciones formativas y de concienciación en todos los ámbitos con especial referencia al ciudadano como consumidor en su contribución al cambio climático
13. Impulsar la adaptación y mitigación a nivel municipal a través de los planes de acción para el clima y la energía sostenible (PACES) de la iniciativa europea Pacto de Alcaldes
14. Revisión de la planificación de inversiones FEDER, a iniciativa de la Comunidad Autónoma, para incluir actuaciones en el objetivo temático nº 5
15. Iniciar el camino para que en la asignación de fondos europeos se contemple la vulnerabilidad de la Región ante el cambio climático

⁴⁴ si bien este listado es susceptible de ser ampliado como fruto de los procesos de participación pública y de aplicación de la propia Estrategia.

Definidos los objetivos y las líneas de actuación, el siguiente nivel de concreción y elemento fundamental son las medidas de actuación específicas que en el plazo de un año desde la aprobación de esta estrategia debe proponer cada departamento para alcanzar, de la forma más ecoeficiente posible, los objetivos establecidos en esta Estrategia, concretando los tiempos de ejecución y en su caso el presupuesto necesario.

Esta Estrategia es por tanto un documento que señala objetivos y líneas estratégicas de intervención pero que en gran medida se ejecutará, con la colaboración del departamento de cambio climático, por los diferentes departamentos mediante la concreción y desarrollo de las “medidas específicas”. El acto de aprobación de este documento por el Consejo de Gobierno da comienzo al plazo de un año en que los departamentos y consejerías del Gobierno Regional deben desarrollar “medidas específicas”. Transcurrido este plazo, se inicia la evaluación periódica del grado de ejecución y cumplimiento de los objetivos establecidos, misión que corresponderá al departamento de cambio climático de la Administración Regional.

Para impulsar la mitigación y adaptación en las industrias y actividades en funcionamiento, se propone como una de las posibles líneas de trabajo los acuerdos voluntarios y, en especial, con los sectores empresariales de aquellas actividades más vulnerables.

Este tipo de acuerdos fueron utilizados con éxito en la Región de Murcia a finales de los años noventa para la adecuación progresiva de las empresas a la normativa ambiental.

De la misma forma, se propone la colaboración con la Administración Local y en el marco de la iniciativa “Pacto de los Alcaldes sobre el Clima y la Energía” que promueve la Comisión Europea y que impulsa en la Región de Murcia el Instituto de Fomento. El ámbito municipal es básico para las políticas de mitigación y adaptación tanto para nuevos planes de urbanismo y para los nuevos proyectos a través de la licencia municipal de obras y la de actividad como para la ciudad construida por medio de la rehabilitación y la reintroducción de infraestructuras de drenaje sostenible y medidas basadas en la naturaleza. Así mismo, la gestión municipal del tráfico es una pieza fundamental para la mitigación a través de la movilidad sostenible.

Los instrumentos y estrategias que deben ayudar a conseguir los objetivos

De los nueve millones de toneladas de gases de efecto invernadero (medidos como CO₂ equivalente) con los que, como media, la región contribuye anualmente al cambio climático, un 50% son emitidas por 21 grandes instalaciones industriales que están sometidas al comercio de derechos de emisión, regulado por una estricta normativa europea.

La Administración Regional es la encargada de aplicar esta normativa a las 21 grandes instalaciones industriales a las que se les asignan derechos de emisión cada vez más reducidos. En los últimos años, los derechos de emisión asignados solo cubren alrededor del 50% de las emisiones reales producidas lo que les supone una importante factura anual de más de 40 millones de euros en la adquisición de derechos de emisión. Este es un claro ejemplo de aplicación del principio el de quien contamina paga.

En este sentido, la normativa europea del comercio de derechos de emisión (definida a través de Reglamentos y Decisiones) no permite la más mínima variación o reconsideración

de las reglas de intervención y su alcance. Sin embargo, para el otro 50% de las emisiones, aportadas por los denominados sectores difusos (transporte, ganadería, agricultura, edificación, gestión de residuos y depuración de aguas, comercio...), tenemos la responsabilidad de cumplir con los objetivos de reducción marcados por la Unión Europea (26% a 2030).

EMISIONES TOTALES DEL CONJUNTO DE LA ECONOMÍA REGIONAL COMPARADAS CON LA NACIONAL					
EMISIONES DE GEI en kilo toneladas de CO2 eq. AÑO 2017	REGIÓN MURCIA	%		TOTAL NACIONAL	%
SECTORES ETS.	4.828,74	50,9		136.318,65	40,07
SECTORES NO ETS (SECTORES DIFUSOS)	4.672,14	49,1		203.912,25	59,93
TOTAL	9500,89			340.230,9	

EMISIONES TOTALES DEL LOS SECTORES ETS, SECTORES DIFUSOS Y DEL CONJUNTO DE LA REGIÓN DE MURCIA. Fuente: Sistema Español de Inventario.

Se puede comprobar que del 50% de las emisiones, correspondientes a los sectores difusos, el principal sector emisor es el transporte⁴⁵ por carretera y dentro de este, con diferencia, el turismo o vehículo privado. Por esta razón, una de las líneas estratégicas se centra en reducir la contribución del uso de carburantes de automoción.

EMISIONES DENTRO DEL CONJUNTO DE SECTORES DIFUSOS					
	REGIÓN MURCIA	% entre los difusos	% del total regional (ETS y Difusos)	REPARTO NACIONAL	%
Transporte	2.554,78	54,7	26,8	88.784,50	43,5
Ganadería (fermentación entérica y estiércol)	893,02	19,1		26.011,50	12,8
Agricultura (emisiones por abonado nitrogenado)	353,47	7,6		12.420,40	6,1
Tratamiento de residuos y aguas residuales)	298,72	6,4		13.454,80	6,6
Otros sectores difusos	572,15	12,2		63.241,0	31,0
TOTAL DIFUSOS	4672,14			203.912,25	

EMISIONES DE DIFERENTES SECTORES DIFUSOS EN LA REGIÓN DE MURCIA. Fuente: Sistema Español de Inventario de Emisiones. Unidad: kt CO2-eq

⁴⁵ El transporte supone casi un 30% de las emisiones totales regionales. Crece en sus emisiones a una tasa interanual superior a la del crecimiento del Producto Interior Bruto de la Región.

Por otra parte, la decisión del ciudadano en relación con las posibilidades de éxito de las políticas de reducción del vehículo privado es obviamente fundamental. Hay que recordar que la contribución que supone el consumo de las familias y las personas al conjunto de las emisiones de gases de efecto invernadero es su huella de carbono. Esta es el reflejo del consumo de energía y otros bienes y servicios. En concreto, la huella de carbono por habitante a nivel regional se sitúa en algo más de 6 toneladas de CO₂eq/año. Para mantener el nivel de consumo de cada persona o familia se emiten, directa o indirectamente, una media de 0,6 kilogramos de CO₂ equivalente por cada euro empleado⁴⁶.

De la huella de carbono, del ciudadano de la región, las emisiones que mayor interés tienen para esta Estrategia son, por sus efectos colaterales para la salud, las derivadas del consumo de carburantes de automoción. También, son una pieza clave porque tienen su reflejo en el inventario de emisiones regional y son emisiones de directa responsabilidad del ciudadano es decir en gran medida puede decidir sobre estas emisiones⁴⁷.

El consumo de carburantes para los vehículos de clase turismo, mayoritarios en el tráfico urbano, suponen más emisiones de gases de efecto invernadero que la suma de la agricultura, la ganadería, la depuración de aguas y la gestión de residuos del conjunto de la Región (más de 1,5 millones de toneladas de CO₂eq/año por el consumo de carburantes de automoción).

Además, el tráfico presenta una doble contribución. Los vehículos de gasoil y gasolina emiten dos tipos de gases, unos de efecto invernadero que no tienen repercusión sobre la salud pero que contribuyen al cambio climático, y otro gran grupo de gases, que no contribuyen al cambio climático, pero son peligrosos contaminantes que afectan a la salud. Por esta razón la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero lleva aparejados beneficios directos para la salud⁴⁸. A diferencia de los grandes focos de emisión industriales,

46 La huella de carbono generada por el consumo familiar (paginas 67-75) en "Competitividad y Cambio Climático". Cuadernos del Consejo Económico y Social de la Región de Murcia. 2016.

<https://www.cesmurcia.es/cesmurcia/paginas/publicaciones/UltimasPublicaciones.seam?publd=1143&cid=497>

47 Las emisiones de directa responsabilidad (emisiones de alcance 1) son emisiones sobre las que el ciudadano tiene el control (por ejemplo, puede decidir si utiliza el vehículo para pequeños desplazamientos o los hace andando). Las emisiones de alcance 1 de la huella de carbono de las familias son emisiones básicamente derivadas del consumo de combustibles fósiles (carburantes, gas ciudad y gasoil de calefacción.) Dentro de éstas, las asociadas al consumo de carburantes de automoción son las más importantes. Las emisiones de alcance 1 del ciudadano como las emisiones de alcance 1 de cualquier empresa radicada en la región forman parte de las emisiones que se contabilizan a la Comunidad Autónoma en el Inventario Nacional de Emisiones.

El resto de emisiones que forman la huella de carbono son las llamadas emisiones indirectas. Son las emisiones que otros producen para que los ciudadanos podamos tener un determinado nivel de consumo. Dentro de las indirectas las emisiones por consumo de electricidad se denominan emisiones de alcance 2 (son bastante reducidas). Las emisiones por consumo de electricidad como ya han sido computadas en los inventarios nacional y regional a los correspondientes productores de electricidad, Iberdrola, ENDESA, etc. no tienen a efectos de esta estrategia tanto interés como las de alcance 1. El alcance 3 agrupa al resto de emisiones indirectas (alimentos y demás bienes y servicios que utilizamos). Más del 90% del presupuesto familiar se dedica a bienes y servicios cuya huella de carbono supone alrededor del 70% de la huella total. Las emisiones que otros producen para que los ciudadanos podamos tener un determinado nivel de consumo son muy importantes, aunque muchas de ellas, por fabricarse en otras regiones o en otros países, no computan en la contabilidad regional de emisiones (por ejemplo, ropa y aparatos electrónicos fabricados en China). En todo caso, se realicen donde se realicen las emisiones, el alcance 3 es la parte más destacada de la contribución indirecta del ciudadano al calentamiento global. El alcance 3 como el caso del alcance 2 no tiene un interés prioritario a efectos de esta estrategia porque sus emisiones son de responsabilidad de otros.

48 Es conocido que los niveles actuales de contaminación atmosférica tienen una responsabilidad directa sobre la factura de los servicios públicos de salud y de la Seguridad Social, suponiendo un importante porcentaje de visitas a centros hospitalarios y centros de salud, y de la necesidad de medicación y bajas laborales. En la región, como en el resto de Europa, los mayores costes están relacionados con la contaminación por partículas.

el tráfico urbano emite los contaminantes en el centro de las ciudades y cerca de donde respira la población y muy especialmente la población infantil⁴⁹.

Una reducción de emisiones de CO₂ del tráfico urbano en un 10 %, llevaría asociada una reducción de 10% y 17% en partículas finas menores de 2,5 y 10 micras (PM2.5 y PM10), así como una reducción del 15% de las emisiones de óxidos de nitrógeno. Si a esta reducción de emisiones se les aplicase el rango monetario asociado a los daños evitados a la salud (disminución de la mortalidad y enfermedades asociadas, así como del gasto sanitario derivado de los tratamientos médicos y el coste de las bajas laborales), se obtendrían unos beneficios importantes. En la Región reducir el 10% de las emisiones de CO₂ del tráfico implicaría un ahorro en el gasto sanitario, del orden de 15 millones de euros/año.

Recordemos que el objetivo asignado a España por la Unión Europea es reducir a 2030 un 26% y seguramente del orden de 3 veces más a 2050. Si estas reducciones se aplican en esta proporción a los vehículos contaminantes los episodios de contaminación atmosférica en nuestras ciudades desaparecerán.

Por esta razón, el tráfico urbano es el nexo de unión de dos grandes problemas ambientales del momento, la contaminación atmosférica y el cambio climático.

Para la reducción de emisiones en el sector transporte con independencia de fomentar el transporte sostenible de mercancías⁵⁰, reducir la flota de vehículos contaminantes en circulación en las ciudades es una apuesta inteligente para conseguir menos daño para la salud, menor contribución al efecto invernadero, mayor ahorro en la factura de los servicios de salud y mayor reducción del déficit comercial por la importación de petróleo.

Por otra parte, la reducción de emisiones en el resto de sectores difusos exige un cambio sustancial en los modos de producción y consumo. Para la viabilidad de estos cambios nos podemos apoyar en las posibilidades que ofrece la ecoeficiencia. Una acción es ecoeficiente si, además de ambientalmente favorable, es ventajosa económicamente. Tanto en la mitigación como la adaptación, las medidas a seleccionar deben ser las que consigan reducir las emisiones y evitar daños reduciendo el gasto en acciones de respuesta.

La transición hacia una economía baja en carbono necesita de la ecoeficiencia para producir con menos consumo de materiales y energía y, en consecuencia, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Entre los nuevos modelos de producción y consumo basados en la ecoeficiencia destaca la economía circular que persigue cerrar el ciclo de los residuos, los materiales, el agua y la energía.

La economía circular se presenta, por tanto, como un sistema de aprovechamiento de recursos donde prima la reducción, la reutilización y el reciclaje de los elementos. En la

49 Los niños sufren más los efectos de la contaminación del aire, al respirar más intensamente y absorben más contaminantes. Además, por su estatura, están más cerca del suelo, donde algunos contaminantes que emiten los vehículos alcanzan concentraciones máximas. Todo esto en un momento en que su cuerpo y su cerebro aún se están desarrollando.

"Reflexiones acerca de los grandes condicionantes ambientales de la salud. Visión retrospectiva y perspectiva de futuro" (páginas 45 y siguientes) Disc._Francisco_Victoria_web.pdf

50 El transporte de mercancías por ferrocarril es mucho más ecoeficiente que la carretera. En concreto tres veces más económico y supone tres veces menos emisiones.

práctica, la economía circular consistiría en minimizar el consumo de nuevo suelo, y nuevos recursos y cerrar el ciclo de los materiales y la energía reutilizando, reciclando y valorizando. Por ejemplo, aprovechar el potencial energético de los residuos agroalimentarios produciendo biogás⁵¹ a partir de los residuos.

El biogás y en general la autogeneración de energías renovables es un ejemplo de lo que denominamos “emisiones evitadas” aplicables para compensar las emisiones que no se pueden reducir.

Asimismo, la Estrategia apuesta por las “Soluciones Basadas en la Naturaleza”⁵², que son soluciones para mitigar los impactos derivados del cambio climático y favorecer la adaptación. Abarcan, por ejemplo, soluciones a nivel de edificio, como pueden ser cubiertas o fachadas vegetales o las captura y aprovechamiento del agua de las cubiertas. Igualmente, incluyen soluciones a mayor escala utilizables en grandes proyectos de actividades e infraestructuras o en el espacio público en planes de urbanismo. En este sentido, son ejemplos la aplicación de pavimentos permeables y otras medidas de los sistemas de drenaje sostenible para controlar y aprovechar el agua de escorrentía o las destinadas a sombrear y evitar la insolación y reverdecer el espacio no edificado y las infraestructuras, creando otras utilidades sociales complementarias y cobeneficios como en el caso de los jardines de agua o los huertos urbanos.

Cabe asimismo recordar que la aplicación de las Soluciones Basadas en la Naturaleza a la mitigación y adaptación al cambio climático, además de eficientes en la lucha contra el cambio climático, son económicas en sus costes de inversión y funcionamiento, lo que las convierte en ecoeficientes.

Por todas estas razones, las soluciones de mitigación y adaptación al cambio climático que participan de la ecoeficiencia a través de la economía circular o mediante soluciones basadas en el funcionamiento y los procesos de la naturaleza, permiten optimizar recursos, ahorrar coste y obtener cobeneficios.

La aplicación de soluciones ecoeficientes de mitigación y adaptación al cambio climático es compleja en las actividades ya implantadas y en los tejidos urbanos consolidados, pero es de fácil introducción en los nuevos proyectos y en las nuevas figuras de planeamiento urbanístico. Los nuevos proyectos y planes sometidos a evaluación ambiental representan una buena parte de las decisiones que conforman la actividad de esta región, que pasarán a incrementar las emisiones y la vulnerabilidad de la economía si no han reducido o compensado sus emisiones y no han integrado medidas adaptación. Son una gran oportunidad

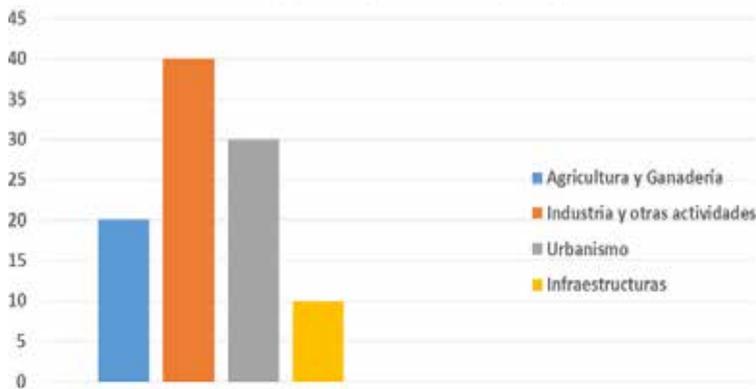
51 La implantación de plantas de biogás a pequeña escala supone ventajas como disponibilidad energética (puede garantizar el autoconsumo) y la reducción de las emisiones de metano con 25 veces más efecto invernadero que el CO₂. Este tipo de instalaciones posibilita que los residuos puedan ser digeridos, en el mismo lugar en el que se produce. En la imagen se muestra el digestor de la planta de aprovechamiento del biogás a partir de residuos de la empresa agrícola murciana Kernel Export. El Fondo Estatal de Carbono (gestionado por el Ministerio para la Transición Ecológica) compra las emisiones evitadas de esta planta (9,7 euros por cada tonelada de CO₂ equivalente que deja de emitirse por que se aprovecha para producir energía).

52 Se utiliza este término para identificar aquellas que se inspiran y utilizan los procesos naturales, adaptados a las condiciones locales, como los sumideros de carbono o como los que regular el flujo de agua. Son soluciones ecoeficientes con poco consumo de energía y recursos y viables en términos económicos.

para integrar en una fase tan temprana como es su diseño la mitigación y adaptación al cambio climático desde la óptica de la ecoeficiencia.

En España, como consecuencia de la incorporación de la normativa europea, la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental (BOE nº 296 de 11 de diciembre de 2013) obliga a tener en cuenta los efectos del cambio climático en el procedimiento de evaluación ambiental. Gracias a la aplicación de esta Ley en la región, cada año entre 100 y 150 grandes proyectos de nuevas industrias y actividades, infraestructuras y planes de urbanismo son autorizados con la obligación de que introduzcan medidas de adaptación y también, de mitigación compensando sus emisiones en coherencia con las obligaciones establecidas por la Unión Europea a España.

En la gráfica siguiente se muestra la proporción de planes y proyectos según sectores de actividad de los más de 100 expedientes anuales que se han de informar desde el Servicio de Fomento del Medio Ambiente y Cambio Climático actuando como administración pública afectada (Administración que es consultada desde el órgano ambiental de acuerdo con la Ley 21/20013).



Junto a las emisiones producidas (normalmente debidas al consumo de carburantes por la maquinaria) para dar lugar a las obras, un aspecto destacado de la incidencia en el cambio climático del plan o proyecto en la fase de obras es el efecto que tiene el cambio de uso del suelo, al pasar de terrenos agrícola o forestal a suelo artificial (el cambio de uso del suelo va a liberar la mayor parte del carbono secuestrado en suelo y vegetación y va a suponer la pérdida de la capacidad de secuestro o remoción de carbono).

Si utilizamos para los nuevos proyectos de actividades y desarrollo urbano nuevo suelo, que está dedicado a actividad agrícola, emitimos el carbono que durante décadas e incluso siglos ha sido retenido en el suelo (entre 100 y 150 toneladas de CO₂ por hectárea). Además, si el cultivo destruido es un cultivo leñoso (olivo, almendro, viñedo, agrrios, frutales..) emitimos adicionalmente la reserva de carbono presente en la vegetación, es decir el carbono contenido en la masa viva por encima y por debajo del suelo (entre 100 y 150 toneladas de CO₂ por hectárea).

A este respecto, sobre la importancia cuantitativa de la reserva de carbono contenida en la vegetación de los cultivos leñosos la Comunidad Autónoma lanzó hace 10 años una potente campaña denominada "La agricultura murciana como sumidero de CO₂". Esta campaña contó con la implicación de universidades, centros de integración, productores y exportadores. Su objetivo era comunicar las posibilidades que ofrecía la agricultura murciana para la mitigación del cambio climático⁵³.

Debemos recordar que la agricultura, como actividad basada en la fotosíntesis, al tiempo que produce alimentos y genera empleo, retira CO₂ de la atmósfera. El CO₂ retirado de la atmósfera es el material con el que se forma y crece año a año el tronco, ramas y raíces de las decenas de millones de árboles frutales de la Región. Los frutales, agrios y demás cultivos y, en general, la eficiente agricultura del Mediterráneo retira más CO₂ del que emite, ya que las emisiones para dar lugar a los productos poco o nada transformados son muy reducidas. Por esta razón, cada hectárea de arbolado agrícola representa en la Región de Murcia un almacenamiento acumulado en todo el ciclo de vida del arbolado de unas 100- 150 t de CO₂. Esta acumulación en la vegetación se mantiene constante a lo largo de decenas de años ya que cuando los árboles existentes son sustituidos por nuevos árboles comienza un nuevo ciclo de acumulación de carbono que lleva a la misma cantidad.

En consecuencia, la transformación de un suelo agrícola y destrucción de la vegetación arbolada supone emitir el carbono acumulado en suelo y vegetación cuya suma representa entre 200 y 300 toneladas de CO₂ por hectárea. Por esta razón, ocupar menos suelo aumentando la densidad es un buen objetivo de mitigación. Se calcula que se libera tres veces más carbono al ampliar las ciudades hacia la periferia que al densificar las zonas urbanas⁵⁴.



53 Spot publicitario LessCO₂ (presentado por el Presidente de la Comunidad Autónoma el 4 de febrero de 2010 en Berlín): Español · Inglés · Alemán

54 Comisión Europea. Los costes ocultos del Sellado del Suelo. Página 17

Los espacios urbanos periféricos y de baja densidad producen, con independencia de la movilidad obligada, una mayor emisión de GEI para la prestación de los servicios mínimos que la que producen los núcleos tradicionales o “ciudad compacta.” La baja densidad supone un coste ambiental y costes económicos. En la prestación de servicios la ciudad dispersa formada por viviendas aisladas y adosados (baja densidad) es mucho más ineficiente que la ciudad compacta (media y alta densidad), conformada preferentemente por bloques compactos. En este mismo sentido se pronuncia el más reciente documento estratégico del Ministerio de Fomento⁵⁵, la “Agenda Urbana Española 2019”

En consecuencia, los proyectos y los planes sometidos evaluación ambiental deberían considerar el objetivo de limitar al máximo la ocupación de nuevo suelo⁵⁶ (terrenos agrícolas o naturales) para transformarlo en suelos sellados (viales, aceras, aparcamientos, edificios). Debería recurrirse a suelo anteriormente usado, reducir el sellado del ocupado y cuando esto no sea posible compensar sus efectos (incorporar el objetivo de mitigación de compensar el 100% de la destrucción de la capacidad de sumidero del suelo y vegetación transformados).

Podemos compensar nuestras emisiones mediante absorción de CO₂ mediante la creación de nuevos espacios arbolados⁵⁷ o mediante emisiones evitadas, emisiones que dejarían de producirse gracias a actuación contemplada por el plan o proyecto. Si es posible tenemos que apostar por aquellas formas de compensación que sean más ecoeficientes.

Una de las opciones de emisiones evitadas más interesantes y ecoeficientes es la relacionada con el agua de suministro. En el Sur y el Levante de nuestro país con una creciente escasez de agua y elevadas tarifas de los servicios municipales de suministro, la captura y aprovechamiento del agua de lluvia es una posibilidad de compensación que podemos utilizar todos y muy especialmente los grandes planes y proyectos sometidos a evaluación ambiental.

En este sentido, hay que recordar que la captura y utilización de un m³ de agua de lluvia supone emisiones evitadas ya que se evita su producción y suministro y en su caso el saneamiento y depuración. Además, reducimos la factura por suministro y contribuimos a reducir los daños por escorrentía. Cada metro cubico de agua suministrada por los servicios

55 <https://www.fomento.gob.es/arquitectura-vivienda-y-suelo/urbanismo-y-politica-de-suelo/urbanismo-y-sostenibilidad-urbana/agenda-urbana-espanola>

56 En el documento estratégico de 2011 «Hoja de ruta hacia una Europa eficiente en el uso de los recursos»<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0571:FIN:ES:PDF> la Comisión Europea propone que las políticas de la UE deben tener en cuenta su impacto directo e indirecto en la ocupación del suelo, con el objetivo de que en 2050 no exista ocupación neta de suelo.

Con este objetivo, el documento desarrolla una jerarquía de medidas en tres niveles: limitar – mitigar – compensar.

1. La mejor opción: limitar el sellado del suelo a terrenos que ya fueron ocupados en el pasado, por ejemplo reutilizar los terrenos industriales abandonados.
2. Cuando no sea posible evitar la ocupación de nuevo suelo, se puede intentar dentro de los objetivos del plan o proyecto destinar la mayor superficie posible a vegetación e intercalando pequeñas zonas verdes.
3. La tercera opción, “de último recurso” como señala el documento, consistiría en compensar cada sellado con una actividad de recuperación del suelo en otro lugar. En este último caso parece coherente que si no son posibles las opciones anteriores, al menos se compense la capacidad de sumidero de carbono destruida o alterada.

57 En la práctica, una de las limitaciones para generar nuevas masas arboladas es la disponibilidad de terreno, el largo periodo de tiempo necesario (30-40 años) y reducida tas de absorción de la vegetación forestal en los climas semiáridos.

municipales supone para su potabilización y distribución unas emisiones de 0,4 kg de CO₂/m³. Ahorrar en el consumo de agua de la red supone evitar 0,4 kg de CO₂ por cada m³ no consumido.

También, junto a los anteriores, uno de los ejemplos clásicos de compensación por emisiones evitadas es el de las energías renovables. Para producir un kWh en España se emiten como media del mix eléctrico peninsular 0,331 kg de CO₂⁵⁸. Cada metro cuadrado de panel para energía solar fotovoltaica produce cada año en el levante español 195 kWh. En consecuencia, cada metro cuadrado de panel compensa cada año 64,5 kg es decir 0,06 toneladas de CO₂. El coste de instalación de un metro cuadrado de panel de energía solar fotovoltaica se sitúa en unos 144 euros. Con esta opción al tiempo que se compensan las emisiones se reduce la factura eléctrica por cada metro cuadrado de panel en 29,4 euros cada año.

En definitiva, el objetivo de compensar las emisiones o poner en marcha medidas ecoeficientes de adaptación, además de necesario, puede ser económicamente rentable y esto es plenamente alcanzable debido al avance en el conocimiento científico y las nuevas tecnologías. Disponiendo de la referencia de buenas prácticas y experiencias de éxito, se facilitaría la introducción de criterios ambientales en la actividad económica⁵⁹.

Asimismo, especialmente importante para una economía baja en carbono a medio plazo en una región como Murcia, eminentemente exportadora, es el trasvase del transporte de mercancías de la carretera al ferrocarril. Impulsar el transporte de mercancías con menos emisiones por tonelada de CO₂eq, como el tren o las autopistas del mar, es un reto para garantizar la competitividad de la economía de la Región de Murcia. El proyecto estrella es, sin duda, el “corredor mediterráneo”⁶⁰.

Los clientes de nuestros productos agroalimentarios son principalmente consumidores de los países del norte y centro de Europa, especialmente sensibles con el cambio climático, con los que se hace necesario conectar, demostrando esfuerzos para reducir la huella de carbono que supone poner un kg de nuestro producto en estos países. Dentro de esta huella de carbono el transporte es una parte fundamental, y quedaría notablemente reducida si se pudiera utilizar el ferrocarril. Además, el transporte de mercancías por ferrocarril

58 https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Otros%20documentos/Factores_emision_CO2.pdf

En este documento elaborado en 2016 conjuntamente por los Ministerios de Industria y Energía y el de Fomento se proponen como representativos los siguientes factores de emisión (Resolución conjunta de los Ministerios de Industria, Energía y Turismo, y Ministerio de Fomento):

Sistema Peninsular 331 g CO₂/kWh. Baleares 932 g CO₂/kWh. Canarias 776 g CO₂/kWh. Ceuta y Melilla 721 g CO₂/kWh.

Muy parecido es el dato estimado por la Oficina Catalana de Cambio Climático para el mix eléctrico peninsular de 2018. Producir un kWh en España en 2018 supuso, como media peninsular, emitir 0,321 kg de CO₂.

59 Consejo Económico y Social. Región de Murcia. “Competitividad y Cambio Climático” Página 77 y siguientes <https://www.cesmurcia.es/cesmurcia/paginas/publicaciones/UltimasPublicaciones.seam?publ=1143&cid=497>

60 Está incluido por la Unión Europea en la red básica intraeuropea de transportes, con un trazado de 1.300 kilómetros desde el puerto de Algeciras hasta la frontera España-Francia por Portbou. Este corredor debe ofrecer una eficiente salida exportadora, tanto económica como en el aspecto medioambiental a todo el litoral mediterráneo, donde se genera el 40% del PIB español. A este eje, además, deben tener acceso los puertos del mediterráneo español, entre ellos Cartagena, que, unidos en red, pueden captar una parte sustantiva del flujo de mercancías que llegan desde Oriente por el canal de Suez y que se dirigen al potente sistema portuario Rotterdam-Rin

es mucho más ecoeficiente⁶¹ que la carretera. En concreto tres veces más económico y supone tres veces menos emisiones.

Otras medidas destacadas en relación con el transporte son el fomento del teletrabajo para reducción de desplazamientos, -202 € por tonelada de CO₂eq, y las derivadas de un incremento en la movilidad cooperativa supone -540,45 € por tonelada de CO₂eq.

En el sector agrícola, son importantes las medidas destinadas a reducir las emisiones de óxido nitroso (N₂O), optimizando el abonado nitrogenado. Entre las medidas más rentables para la reducción de emisiones de CO₂eq destacan la aplicación de técnicas de agricultura de conservación (menos labranza) y el aprovechamiento de los restos de poda como biomasa.

Otro ejemplo de ecoeficiencia es reducir el desperdicio en la cadena alimentaria: “menos desperdicios menos CO₂”. Así, cabe destacar que por cada tonelada evitada de desperdicio se consigue, según datos de la Oficina Española de Cambio Climático, un ahorro por la comida que ya no se tira de 3.545 €/tonelada. También existe ahorro en la gestión del residuo, que supone 76 €/tonelada.

La iniciativa agricultura murciana como sumidero de CO₂ y la marca *lessCO₂* registrada a nombre de la Comunidad Autónoma sirvió hace más de diez años para iniciar entre el tejido exportador la cultura de la cuantificación de la huella de carbono. El sector agrícola de la Región podría poner en valor, además de la cuantificación de sus emisiones y esfuerzos voluntarios para reducirlas, la ventaja competitiva que supone su capacidad de sumidero de CO₂.

Como se ha señalado, para poder tomar decisiones sobre políticas de adaptación es fundamental recabar información sobre los principales cambios que se esperan, a consecuencia del calentamiento global. Uno de estos cambios es la subida del nivel medio del mar. En relación con este aspecto una de las líneas de trabajo a corto plazo debe ser la destinada a determinar el efecto sobre la línea edificada.

El departamento de cambio climático de la Administración Regional en el marco del Plan de Impulso al Medio Ambiente PIMA ADAPTA COSTAS, del Ministerio para la Transición Ecológica, con la financiación asignada por el Consejo de Ministros, está elaborando con el apoyo del Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria⁶² un diagnóstico de precisión sobre la vulnerabilidad y riesgo, y las posibles medidas de adaptación de todo el litoral de la región.

61 En cuanto al aspecto económico se considera un coste de 0,1 euros/tonelada/km. recorrido para la carretera (Ministerio de Fomento) y 0,04 euros/tonelada/km. recorrido para el ferrocarril (Observatorio del Ferrocarril). En cuanto a la parte ambiental hay que señalar que las emisiones son de 75 gr. por tonelada de CO₂eq /tonelada/km. recorrido para el transporte por carretera (OECC) y 25 gr por tonelada de CO₂eq /tonelada/km para el transporte por ferrocarril en tracción diésel (Observatorio Español del Ferrocarril), el porcentaje de electrificación del ferrocarril considerado sería del 75% (RENFE).

El modelo M3E estima que por cada 350.000 € de inversión para incrementar el transporte de mercancías por ferrocarril, el ahorro en energía final sería de 277.148 kWh/año y -265 euros el coste que requiere reducir 1 t por tonelada de CO₂eq.

62 EL Instituto de Hidráulica es uno de los centros de mayor especialización de España en esta materia y tiene como una de sus líneas estratégicas de I+D+i el estudio de los riesgos del cambio climático en la costa, así como la definición de posibles estrategias de adaptación.

En los próximos dos años debemos estar en disposición de contar con:

- un Informe de alta resolución y visor cartográfico online de exposición, vulnerabilidad y riesgo, y medidas de adaptación de recursos naturales, instalaciones, usos del suelo y actividades vulnerables al cambio climático en la Costa frente al Cambio Climático.
- Un borrador de plan autonómico de adaptación al cambio climático de los terrenos de dominio público marítimo-terrestre adscritos a la Comunidad Autónoma y de las estructuras construidas sobre ellos.
- Un informe de vulnerabilidad y borrador de plan de adaptación al cambio climático de la Manga del Mar Menor.
- Acciones para la difusión y exposición del conocimiento generado sobre la vulnerabilidad de la región ante la subida del nivel del mar y las medidas de adaptación necesarias.

La Manga del Mar Menor es considerada una de las áreas vulnerables del litoral mediterráneo español a efectos del calentamiento global. El objetivo a corto plazo debe ser cuantificar la exposición, la vulnerabilidad y el riesgo y proponer las medidas de adaptación y prevención frente al cambio climático. El Informe de vulnerabilidad y plan de adaptación al cambio climático de la Manga del Mar Menor debe comprender al menos los siguientes aspectos:

- Estudio de detalle de la vulnerabilidad frente a los efectos del cambio climático (vulnerabilidad del territorio, las actividades y espacio edificado y el suelo urbano sin edificar).
- Análisis de riesgo sobre bienes económicos, naturales y sociales. Evaluación económica de los costes de la inacción.
- Análisis de casos a nivel internacional. Estudio de casos extrapolables y de planes y experiencias de éxito.
- Prediseño de medidas de adaptación y prevención.

Junto a la preparación de los sectores empresariales, infraestructuras y espacios urbanos se hace necesario preparar la adaptación del medio natural a los futuros escenarios climáticos.

En este sentido, es importante continuar trabajando en la definición de la respuesta que los territorios y ecosistemas van a ir dando a los diferentes escenarios climáticos, diseñar las correspondientes medidas de regeneración de los ecosistemas y promover la conectividad entre ecosistemas que facilite la migración de especies en las condiciones cada vez más adversas, etc.

Los montes de la Región de Murcia se encuentran en constante cambio. El actual escenario climático con temperaturas medias más altas de lo habitual y escasas precipitaciones está incidiendo enérgicamente sobre los montes, provocando episodios de plagas forestales inusuales e incendios forestales cada vez más peligrosos debido a la sequía

del combustible. Así, para cumplir con los objetivos de la Estrategia es necesario realizar sobre las masas forestales, una serie de actuaciones de gestión adaptativa que mejoren las condiciones de estas masas ante las elevadas temperaturas y escasas precipitaciones ocasionadas por el cambio climático.

Como hemos señalado, el cambio climático amenaza directamente la salud por el aumento de las temperaturas y olas de calor. Los incrementos en las alergias como consecuencia de los cambios fenológicos de la vegetación y la mayor incidencia de contaminantes atmosféricos que no son eliminados por la escasez de precipitaciones y por resuspensión de contaminantes procedentes del suelo cada vez más seco.

Además, un efecto inducido por el cambio climático con la ayuda de la globalización de la economía es la modificación de la distribución de distintas enfermedades infecciosas de transmisión vectorial. Este es el caso del mosquito tigre (*Aedes albopictus*), responsable, entre otras, de la transmisión de virus como el Dengue y el Zika.

Por todo lo anterior, la lucha contra el cambio climático puede tener positivas repercusiones en algunos de los determinantes más importantes de la salud. En regiones como la Región de Murcia donde el automóvil es el medio de transporte predominante, desplazarse a pie o en bicicleta permitirá reducir las emisiones de CO₂, el sedentarismo, los traumatismos y las muertes relacionadas con el tráfico rodado, y la contaminación. El Servicio Murciano de salud⁶³ a través de sus profesionales podría impulsar la educación sanitaria enfocada a reducir las enfermedades no transmisibles combatiendo el uso innecesario del vehículo privado⁶⁴.

Impulsar una Administración Pública Regional de cero emisiones en alcance 1⁶⁵ a largo plazo y una Administración Pública que reduzca un 26% de las emisiones de alcance 1 en el horizonte 2030. En la práctica, se pueden adquirir compromisos en relación con el parque móvil regional y la sustitución de combustibles fósiles por energías renovables en las instalaciones.

En paralelo a todo lo anterior, es importante desarrollar acciones formativas para funcionarios, empresas y profesionales sobre las posibilidades de la mitigación y las necesidades y oportunidades de la adaptación. Así, se debe continuar con la incorporación de jornadas, cursos y seminarios sobre cambio climático en los planes de formación de las Administraciones Públicas, fomentar la actualización de conocimientos y la formación del personal docente de la Administración Regional, impulsar la formación sobre cambio climático para empresas y profesionales, etc.

En este sentido, se hace necesario incorporar entre las líneas maestras de intervención una dedicada a desarrollar acciones divulgativas en relación con la huella de carbono del

63 Como está haciendo el Servicio de Salud del Reino Unido

64 Véase página 73 y siguientes en "Reflexiones acerca de los grandes condicionantes ambientales de la salud. Visión retrospectiva y perspectiva de futuro" Disc._Francisco_Victoria_web.pdf

65 El alcance 1 de la huella de carbono del funcionamiento anual de la Administración Pública Regional es casi en su totalidad consecuencia del uso de carburantes para el parque móvil y en menor medida otros combustibles fósiles consumidos para calefacción e instalaciones de generación de calor.

ciudadano medio de la Región de Murcia. Con esta línea de trabajo se pretende concienciar sobre la importante contribución del ciudadano al cambio climático, sus causas y las respuestas que pueden plantearse para reducir esta contribución.

Un aspecto directamente relacionado con la concienciación del ciudadano y con actividades como la restauración, ya comentado dentro de las prácticas ecoeficientes, es la necesidad de reducir el desperdicio alimentario.

Otra línea de trabajo es implicar y apoyar a las autoridades locales a la hora de actuar para mitigar y adaptarse al cambio climático. A corto plazo se propone, como actuación piloto y proyecto de demostración, ensayar la cooperación entre la Administración Regional (Instituto de Fomento y la Administración Ambiental responsable de Cambio Climático) y los municipios de Cartagena, Lorca y Águilas. Estas actuaciones han sido aprobadas en junio del 2017, como integrantes del proyecto LIFE ADAPTATE.

La implicación de la Administración Regional permitirá, como señala el documento de la iniciativa "Pacto de los Alcaldes sobre el clima y la energía", proporcionar orientación estratégica y apoyo técnico para el desarrollo, la aplicación y el seguimiento de los planes de acción y de las medidas conexas y ayudar a promover la cooperación y los enfoques conjuntos para emprender acciones más eficaces e integradas. En este sentido, es importante desarrollar actuaciones en materia de Formación a técnicos Municipales y jornadas, seminarios y reuniones técnicas bilaterales con los ayuntamientos.

Por último, se incluye entre las líneas estratégicas de intervención de esta Estrategia la necesidad de luchar para que en el futuro se contemple, a la hora de distribuir los fondos europeos, la vulnerabilidad ante el cambio climático. Un elemento esencial para incluir esta línea estratégica es la elevada vulnerabilidad de nuestra región⁶⁶.

Los cambios en el clima, como consecuencia del incremento de la temperatura, no van a ser uniformes en toda Europa, variarán de una región a otra. Esta variación se debe a una distribución desigual del calor solar, a las respuestas individuales de la atmósfera, los océanos y a las características físicas de las regiones.

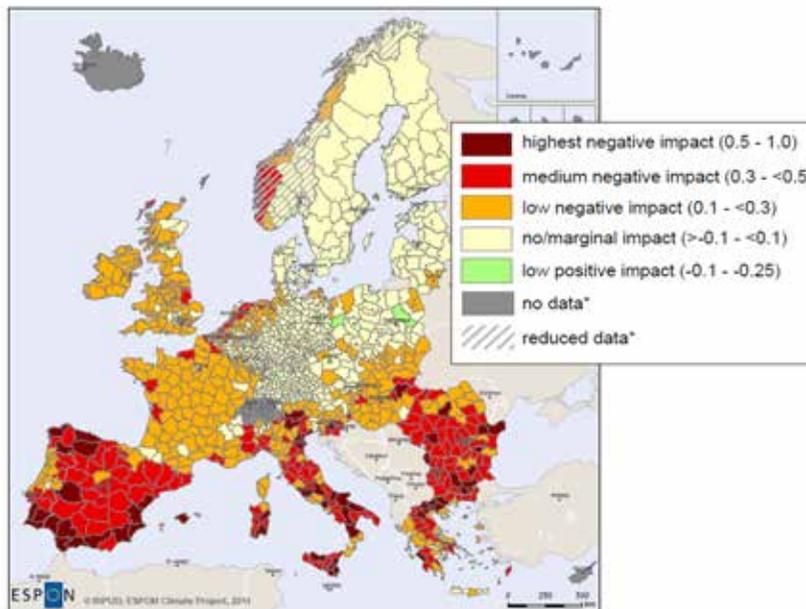
En cuanto a la desigual distribución del calor solar, sabemos, por los trabajos de la comunidad científica que *"La zona mediterránea se calienta más que la media del planeta"* y esto tiene una enorme trascendencia para las regiones que formamos parte del entorno mediterráneo y es saber que, aunque se logre el objetivo de París de que la temperatura media del planeta quede, a final de siglo, por debajo de los 2°C, hay zonas como la nuestra que se situarán bastante por encima.

En consecuencia, en la Región de Murcia y en buena parte de España, nuestra economía, nuestros recursos naturales, las actividades que se desarrollan y los nuevos planes y proyectos, debido a nuestra situación geográfica, pueden considerarse especialmente vulnerables a los impactos del cambio climático. Los trabajos elaborados en 2018 por el Centro Común de Investigación de la Unión Europea se expresan en este mismo sentido

66 Como muestran los trabajos terminados en 2013 por el proyecto ESPON Climate, en el marco del Programa ESPON de la Comisión Europea.

y predicen que “El sur sufrirá ocho veces más las consecuencias de los impactos que el norte.”

Como en el caso de un plan o proyecto concreto, el potencial de una región y su economía para hacer frente a estos impactos es su capacidad de adaptación. La combinación de todos estos factores determina la vulnerabilidad de la región. En este sentido, el proyecto ESPON Climate, realizado por la Red Europea de Observación sobre Desarrollo y Cohesión Territorial de la Unión Europea, ha permitido caracterizar a las regiones europeas en función de las posibilidades de adaptación, destacando las regiones del sur y las regiones del Mediterráneo por una baja capacidad para resistir y adaptarse. Las regiones Murcia, Valencia, Baleares y Andalucía, junto con un buen número de regiones del sur de Europa, están entre las que presentan una mayor vulnerabilidad a los impactos del cambio climático.



VULNERABILIDAD POTENCIAL POR EL CAMBIO CLIMÁTICO. Fuente: ESPON Climate Climate Change and Territorial Effects on Regions and Local Economies Applied Research 2013/1/4 Final Report | Version 31/5/2011 Executive Summary.

Esta diferente capacidad de adaptación para hacer frente al cambio climático que tienen las regiones del sur frente a las del norte de Europa será, como predicen los trabajos citados, a medio plazo, un importante motor de desigualdades.

Por ello, se realizará el máximo esfuerzo en comunicar esta idea a las instituciones europeas y debatirla en todos los foros en los que sea posible.

PROCESO DE ELABORACIÓN Y APROBACIÓN DE LA ESTRATEGIA

La elaboración de esta Estrategia ha conestado de las siguientes fases:

- Redacción del “Documento base. Líneas maestras de intervención”. Para esto se partió del documento elaborado por el Servicio competente en materia de cambio climático (Servicio de Fomento del Medio Ambiente y Cambio Climático), que fue debatido y aprobado de la Comisión de Expertos del Observatorio Regional del Cambio Climático.
- Tras la toma en consideración de dicho documento base por la Consejería competente en materia de cambio climático lo sometió a consulta de los departamentos competentes y especializados de la Administración Regional. El 10 de diciembre de 2019 se pone en marcha la fase de participación pública.
- Redacción final. Una vez valoradas las aportaciones hechas en la fase de participación pública se procederá a la aprobación por parte del Consejo de Gobierno de la Región de Murcia.

Imagen utilizada en la portada: La imagen de portada procede de diseños elaborados por la empresa Publicidad líquida, S.L en el marco de un contrato administrativo de servicios celebrado con la entonces Consejería de Agricultura y Agua en relación con la campaña de difusión de la iniciativa “Agricultura Murciana como sumidero de CO₂”

ANEXO 3

GUÍA DE INCLUSIÓN DE LA MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS POLÍTICAS LOCALES



Guía de inclusión de la mitigación y adaptación del cambio climático en las políticas locales

Febrero 2020

Equipo Redactor

- Francisco Victoria Jumilla. Jefe del Servicio de Fomento del Medio Ambiente y Cambio Climático. Región de Murcia



Han colaborado:

- José Pablo Delgado, EuroVértice Consultores
- Manuel Martínez Balbi, Servicio de Fomento del Medio Ambiente y Cambio Climático. Región de Murcia

Proyecto LIFE Adaptate

Este documento se ha realizado con el apoyo financiero de la Unión Europea en el marco del programa LIFE. Los contenidos son responsabilidad exclusiva del proyecto LIFE Adaptate y en ningún caso debe considerarse que refleja la posición de EASME ni que esta Agencia es responsable del uso que se puede hacer de la información que contiene.

INTRODUCCIÓN SOBRE LOS OBJETIVOS GENERALES, EL CONTEXTO Y LAS MEDIDAS QUE PROPONE ESTA GUÍA

1. OBJETIVOS DE LA GUÍA

La Guía de inclusión de la mitigación y adaptación del cambio climático en las políticas locales constituye una de las herramientas que se han de desarrollar en el marco del Proyecto LIFE ADAPTATE. En relación a la misma se establece que:

“Esta Guía pretende contribuir al objetivo final de la adaptación y mitigación a escala local a través de la inclusión de medidas eficaces en las actividades de planificación y gestión de los municipios.”

“Específicamente, esta acción tendrá como objetivo establecer la obligación de incluir los objetivos de reducción de emisiones para 2030 establecidos por la UE en cualquier nuevo plan y proyecto de obras o actividades, además de incluir los efectos del cambio climático y medidas de adaptación necesarias para enfrentarlo.”

En consecuencia, la guía debe incluir mitigación y adaptación. La mitigación y adaptación a los efectos¹ del cambio climático son las dos grandes áreas de intervención. Son soluciones complementarias para reducir los riesgos asociados al impacto del cambio climático

La guía debe orientarse a cualquier nuevo plan y proyecto de obras o actividades y para esto proponemos como pieza fundamental la intervención en el procedimiento de autorización municipal y como herramienta básica la compensación.

Por otra parte, dentro del esquema de actuaciones del proyecto LIFE ADAPTATE esta guía debe abarcar objetivos concretos y cuantitativos y del ámbito competencial que corresponde a los municipios, ya que deben poder justificarse los logros conseguidos gracias a la inclusión de medidas de adaptación y mitigación en las políticas locales.

Resultados:

- 1. Guía de inclusión de la mitigación y adaptación del cambio climático en las políticas locales**
- 2. Logros conseguidos gracias a la inclusión de medidas de adaptación y mitigación del cambio climático en las políticas locales**

¹ Mitigación: acciones llevadas a cabo para reducir las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Adaptación: acciones llevadas a cabo para prever los efectos adversos del cambio climático, prevenir o minimizar el daño que puede provocar o aprovechar las oportunidades que puedan surgir.

Las políticas de mitigación contribuyen a reducir la concentración de gases de efecto invernadero, GEI, en la atmósfera, lo que supone menores impactos y, por consiguiente, una inferior necesidad de adaptación.

1.1. EL CONTEXTO

El origen del cambio climático actual (en clara diferencia con los otros cambios climáticos del pasado) está en el incremento del llamado “efecto invernadero”. El 1% de los gases que componen la atmósfera, como el dióxido de carbono CO₂, el metano CH₄, el óxido nitroso N₂O y otros gases, tienen la característica de atrapar y devolver hacia la tierra parte de la radiación infrarroja que ésta emite al exterior en forma de calor, se denominan gases de efecto invernadero (GEI).

Este proceso, semejante al que se origina en un invernadero agrícola, ha mantenido durante millones de años la temperatura de la superficie terrestre en niveles adecuados para la vida, ya que se estima que sin este efecto la temperatura media del planeta sería unos 30 °C inferior².

El gas que más contribuye al efecto invernadero con gran diferencia es el CO₂. La concentración de CO₂ en la atmósfera³ sigue un ritmo claramente ascendente. Era de 280 partes por millón (ppm) en 1750, mientras que en enero de 2020 era de 413 ppm en el Mauna Loa Observatory de Hawai⁴.

La mitad del CO₂ emitido hoy tardaría un siglo en eliminarse de la atmósfera, ya que el ciclo biogeoquímico del carbono y los mecanismos que dan lugar a su funcionamiento se comportan con una gran inercia. Como resultado del lento proceso de eliminación del CO₂ en la atmósfera, la tendencia al calentamiento va a continuar aun cuando se reduzcan drásticamente las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero⁵. Por esta razón, la adaptación a los nuevos escenarios climáticos es inevitable.

Como consecuencia, cada vez son más frecuentes e intensos los fenómenos meteorológicos extremos, cambios en las temperaturas medias y alteraciones en las características de las estaciones. Estas alteraciones se corresponden con las previsiones del Organismo de Naciones Unidas para el cambio Climático (Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático -IPCC)⁶ en sus informes periódicos de evaluación publicado en 2013 el quinto informe AR5 y en elaboración el sexto).

2 la Tierra en ausencia de GEI tendría una temperatura media de -18°C (Peixoto&Oort, 1992). Los GEI suben la temperatura unos 33 °C (hasta 15 °C aprox.). Este es el efecto invernadero natural. Las emisiones antropogénicas de GEI están incrementando el efecto invernadero.

3 La concentración de CO₂ en la atmósfera empezó a medirse con precisión de forma sistemática a partir de los trabajos de Keeling desde 1958, primero en California y más tarde en el Observatorio de Mauna Loa en las islas Hawai.

4 <https://www.co2.earth/>

5 En este sentido ya se pronunciaba el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC *Intergovernmental Panel on Climate Change*), cuando en su Cuarto Informe de Evaluación señalaba: “Las emisiones antropogénicas de dióxido de carbono continuarán contribuyendo al calentamiento y al aumento del nivel del mar durante más de un milenio, debido a las escalas de tiempo requeridas para eliminar este gas de la atmósfera”.

Aproximadamente la mitad del CO₂ emitido permanece en la atmósfera a largo plazo (siglos) y la otra mitad es absorbida por el océano y la biosfera; por lo que mientras se siga emitiendo CO₂ seguirá aumentando la concentración de CO₂ atmosférico.

6 A nivel internacional es el Organismo de referencia encargado de evaluar la situación y las predicciones. El IPCC realiza informes periódicos sobre la evolución y perspectivas del cambio climático a nivel mundial. El último informe publicado es el “Quinto Informe”, que está formado por varios documentos. En español se puede ver en:

http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml

Las emisiones de gases de efecto invernadero contribuyen al cambio climático con independencia de quien las produce. Las emisiones de un país una vez dispersadas en la atmósfera afectan a todo el planeta. Este carácter global convirtió en imprescindible la coordinación internacional, por lo que en 1992 en Río de Janeiro se firmó el Convenio Marco sobre el Cambio Climático⁷.

Desde 1992 se han celebrado numerosas reuniones o Conferencias de las Partes (COP). La COP, compuesta por todos los estados o "partes", constituye el órgano de decisión de la Convención. Se reúne anualmente en conferencias mundiales.

La 18ª Reunión de las Partes del Convenio Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (COP 18), celebrada en 2012 en Doha, prorrogó hasta 2020 el período de compromiso del Protocolo de Kioto, que expiraba en 2012. En París, del 30 de noviembre al 11 de diciembre de 2015, se celebró la número 21, de ahí el nombre de COP 21. En París, la COP 21 aprobó el "Acuerdo de París," nuevo Protocolo⁸ que en 2020 ha sustituido al de Kioto.



7 El Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático ha necesitado, sin embargo, la elaboración de protocolos específicos que permitan concretar los compromisos. Hasta el acuerdo de París, el más conocido de éstos ha sido el Protocolo de Kioto, adoptado en la Tercera Reunión de las Partes en diciembre de 1997, en la ciudad de Kioto, que entró en vigor el 16 de febrero de 2005. China, el principal emisor, aunque lo ratificó ha estado liberada, como el resto de los entonces países en vías de desarrollo, de esfuerzos concretos de reducción de emisiones. El Protocolo de Kioto no imponía multas, pero sí castigos, obligando a reducir en el siguiente período las emisiones no justificadas con derechos de emisión multiplicadas por 1,3.

8 Conferencia de las Partes 21 período de sesiones. París, 30 de noviembre a 11 de diciembre de 2015. Acuerdo de París. <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/109s.pdf>

El Acuerdo de París fija en su artículo 2 los grandes objetivos de “mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 grados centígrados,” aunque se añadió: “Y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5” respecto a la media de la era preindustrial⁹.

El Acuerdo de París, como veremos, implica la presentación de propuestas de reducción o contribuciones. La contribución de la Unión Europea de reducir el 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero en 2030 respecto a 1990, fue presentada el 6 de marzo de 2015¹⁰ y vincula a los estados miembros.

El cambio climático adquiere cada vez más repercusión entre ciudadanos y empresas. En 2019, en el último Eurobarómetro¹¹ especial dedicado al cambio climático¹², los encuestados ya sitúan el cambio climático en segundo lugar en importancia a nivel mundial, después de la pobreza (primero) y delante del terrorismo internacional (tercero). Se muestran mayoritariamente de acuerdo con la idea de que es urgente luchar contra el cambio climático¹³. Los resultados, tanto a nivel europeo¹⁴ como de cada país miembro, muestran una destacada sensibilidad de la población. En España¹⁵ los ciudadanos también muestran una elevada preocupación.

El 28 de noviembre de 2019 el Parlamento Europeo declaró la emergencia climática¹⁶. Con esta declaración, el Parlamento pide a la Comisión Europea que se asegure de que todas

9 “a) Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático;

b) Aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero;”

10 Intended Nationally Determined Contribution of the EU and its Member States. Riga, 6 March 2015 <http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Latvia/1/LV-03-06-EU%20INDC.pdf>

11 Macroencuestas realizadas por la Comisión Europea

12 https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/support/docs/report_2019_en.pdf

13 En concreto el Eurobarómetro (2019) señala que el 23 % del conjunto de los europeos -y el 18 % de los españoles- sitúa la crisis climática como segunda preocupación internacional, por delante del terrorismo (15 % de europeos, 7 % de españoles), con datos de abril de 2019 difundidos en septiembre de 2019.

14 El 92% de los encuestados (y más de ocho de cada diez en cada Estado miembro) están de acuerdo en que las emisiones de gases de efecto invernadero deben reducirse al mínimo y compensar al mismo tiempo las emisiones restantes, a fin de que la economía de la UE sea climáticamente neutra de aquí a 2050. El 79% opina que tomar medidas en materia de cambio climático hará que las empresas de la UE sean más innovadoras y competitivas. Una gran mayoría está de acuerdo en que reducir las importaciones de combustibles fósiles procedentes de fuera de la UE puede aumentar la seguridad energética y beneficiar a la UE desde el punto de vista económico (72%). Siete de cada diez encuestados (70%) están de acuerdo en que la adaptación a los efectos adversos del cambio climático puede tener resultados positivos para los ciudadanos de la UE.

15 -Nueve de cada diez encuestados en España consideran el cambio climático un problema “muy serio” (89%). Y lo que es más importante, el 95% de los encuestados (por encima del 92% de media de la UE) apoya el objetivo de lograr que la UE no tenga ningún impacto climático para 2050.

16 *Resolución del Parlamento Europeo, de 28 de noviembre de 2019, sobre la situación de emergencia climática y medioambiental (2019/2930(RSP)):*

1. *Declara la situación de emergencia climática y medioambiental; pide a la Comisión, a los Estados miembros y a todos los agentes mundiales que adopten urgentemente las medidas concretas necesarias para combatir y contener esta amenaza antes de que sea demasiado tarde, y manifiesta su propio compromiso al respecto;*

2. *Insta a la nueva Comisión a que evalúe plenamente el impacto climático y medioambiental de todas las propuestas legislativas y presupuestarias pertinentes y garantice que estén plenamente en consonancia con el objetivo de mantener el calentamiento*

las propuestas presupuestarias y legislativas se alinean con el objetivo establecido en el Acuerdo de París (COP21) de limitar el calentamiento global por debajo de 1,5°C.

También, los mercados y el mundo empresarial están acelerando su toma de posición. En el prestigioso Foro Económico de Davos, el cambio climático centra en los últimos años las preocupaciones en la encuesta empresarial sobre los riesgos para la economía¹⁷.

En diciembre de 2019, se ha desarrollado en Madrid la vigésimo quinta reunión de las partes del Convenio de Naciones Unidas para el Cambio Climático (COP25.). Según la COP25, se ha duplicado el número de fondos de inversión que se han comprometido a que sus carteras sean neutras en emisiones tan pronto como sea posible, pasando de carteras que suman 2,4 billones de dólares durante la Cumbre del Clima de Nueva York (septiembre de 2019) a 4 billones en la COP25 (diciembre de 2019).

El número de multinacionales comprometidas a ser neutras en carbono en 2050 se ha duplicado, pasando de 90 en la Cumbre del Clima de Nueva York a 177 en la COP25. En tamaño, estas empresas emplean a más de 5,8 millones de personas.

La cifra de grandes ciudades comprometidas con la neutralidad climática en 2050 ha pasado de 100 en la cumbre de Nueva York a 398 durante la COP25.

En los meses previos a la COP25 numerosos estados (en concreto 73) se han comprometido a ser neutros en carbono en 2050, entre ellos, España que lo ha ratificado declarando la emergencia climática¹⁸ el 21 de enero de 2020 se ha fijado el objetivo de reducir una de cada tres toneladas de CO₂ en la próxima década.

La Unión Europea, que se había marcado el objetivo de reducir el 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero en 2030 respecto a 1990, ha incluido la neutralidad climática entre las 4 grandes líneas que conforman la nueva Agenda Estratégica para 2019-2024¹⁹, aprobada en la reunión del Consejo de la Unión Europea de junio de 2019²⁰. Esta Agenda

global por debajo de 1,5°C y no contribuyan a la pérdida de diversidad biológica;
<https://www.europarl.europa.eu/news/es/press-room/20191121IPR67110/el-parlamento-europeo-declara-la-emergencia-climatica>
https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2019-0078_ES.html

17 Cada año, el Foro Económico Mundial, conocido como “Foro de Davos” por la ciudad Suiza donde se celebra, solicita a una extensa red de empresas líderes, gobiernos, sociedad civil y grandes personalidades que identifiquen los mayores riesgos mundiales, y aquellos que con mayor probabilidad sucederán en un plazo de 10 años. Desde hace varios años, tal como muestran ‘The Global Risks Report’ los líderes mundiales encuestados han señalado que el clima extremo, los desastres naturales y el fracaso de la mitigación y la adaptación al cambio climático son los riesgos más importantes y más propensos a ocurrir.

18 Acuerdo del Consejo de Ministros de 21 de enero de 2020 de Declaración ante la Emergencia Climática y Ambiental en España
https://www.miteco.gob.es/es/prensa/declaracionemergenciaclimatica_tcm30-506551.pdf

19 <https://www.consilium.europa.eu/es/press/press-releases/2019/06/20/a-new-strategic-agenda-2019-2024/>
<https://www.consilium.europa.eu/media/39964/a-new-strategic-agenda-2019-2024-es.pdf>

20 <https://www.consilium.europa.eu/es/meetings/european-council/2019/06/20-21/>

Estratégica²¹ tiene como objetivo guiar el trabajo de las instituciones en los cinco próximos años²².

La Unión Europea, como líder mundial de la política frente al cambio climático, no solo está fijando importantes compromisos de reducción de emisiones²³, que han de cumplir los países miembros, sino que está movilizando la inversión pública²⁴ en materia de mitigación y adaptación al cambio climático. Para el periodo 2021-2027, de los fondos europeos estructurales que llegan a los países miembros, será obligatorio que al menos el 25% del gasto contribuya a alcanzar los objetivos climáticos. En este marco muchas de las medidas que en desarrollo de esta estrategia sean planificadas o proyectadas por las administraciones regionales o locales deben encontrar apoyo financiero²⁵.

La Unión Europea anunciaba en diciembre de 2019, durante la celebración de la COP25 en Madrid, tres importantes compromisos: la activación del Nuevo Pacto Verde (New Green Deal)²⁶; el compromiso de alcanzar la neutralidad climática en 2050 y el compromiso de convertir al Banco Europeo de Inversiones (BEI) en un “Banco Climático”, lo que permitirá movilizar un billón de euros de inversión durante la próxima década. Además, la Unión Europea ha anunciado que el BEI dejará de financiar proyectos relacionados con las energías fósiles en 2021.

En relación con la medida estrella, el Pacto Verde Europeo²⁷, la Unión Europea señala que *“Convertirse en el primer continente climáticamente neutro es el mayor reto y la mayor oportunidad de nuestro tiempo.”* Para lograrlo, la Comisión Europea ha presentado un documento²⁸ y una hoja de ruta con un ambicioso paquete de medidas entre las que se pueden citar entre otras:

21 La estrategia política general de la UE la elaboran conjuntamente sus instituciones: el Parlamento Europeo, el Consejo Europeo, el Consejo de la Unión Europea y la Comisión Europea. En particular, el Consejo Europeo (que reúne a los dirigentes de los 28 países de la UE) ofrece orientaciones y establece las prioridades políticas generales.

22 *Se centra en cuatro prioridades principales:*

- *proteger a los ciudadanos y las libertades;*
- *desarrollar una base económica sólida y dinámica;*
- *construir una Europa climáticamente neutra, ecológica, justa y social; promover los intereses y valores europeos en la escena mundial.*

23 Europa anuncia en la COP25 la primera Ley de transición hacia la neutralidad climática en la que trabaja la Unión Europea, que “afectará a la emisión en los principales sectores”, así como a “los precios del transporte”, e incluirá energía limpia “a un precio justo”

24 Más de una quinta parte del presupuesto de la Unión Europea para 2020 (168.300 millones de euros) será destinado a actividades relacionadas con el cambio climático.

25 Como señala la Comisión Europea en la Comunicación “Un planeta limpio para todos. La visión estratégica europea a largo plazo de una economía próspera, moderna, competitiva y climáticamente neutra” (Bruselas, 28.11.2018 COM(2018) 773 final) *“La propuesta de la Comisión Europea de incrementar la integración de la dimensión climática hasta por lo menos el 25 % en el próximo marco financiero plurianual demuestra que el presupuesto de la UE continuaría actuando como catalizador para movilizar la inversión pública y privada sostenible y canalizar el apoyo de la UE para la transición a la energía limpia hacia donde más se necesita. Asimismo, constituye una parte esencial de la credibilidad de la UE, al abogar por un objetivo de cero emisiones netas de gases de efecto invernadero para 2050.”*

26 https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0004.02/DOC_1&format=PDF
https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es

27 https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es

28 Comunicación sobre el acuerdo verde europeo:

-Propuesta de una «Ley del Clima» Europea que consagre el objetivo de alcanzar la neutralidad climática en 2050. Marzo de 2020.

- Plan integral para elevar el objetivo climático de la UE para 2030 al 50 %, como mínimo, y hacia el 55 % de manera responsable. Verano de 2020.
- Estrategia de movilidad sostenible e inteligente. 2020.
- Petición de fondos para apoyar el despliegue de puntos públicos de recarga y repostaje en el marco de una infraestructura para los combustibles alternativos. A partir de 2020.
- Nueva estrategia de la UE en materia de adaptación al cambio climático. 2020/2021.
- Estrategia «de la granja a la mesa». Primavera de 2020.

Como ha señalado el Consejo de Jefes de Estado y de Gobierno de la Unión Europea de diciembre de 2019 *“La transición a la neutralidad climática brindará importantes oportunidades, tales como el potencial de crecimiento económico, de nuevos modelos de negocio y nuevos mercados, así como de creación de empleo y desarrollo tecnológico. Desempeñarán un papel fundamental unas políticas de investigación, desarrollo e innovación que tengan visión de futuro”*

Por las razones anteriores, esta Guía de inclusión de la mitigación y adaptación del cambio climático en las políticas locales trata de tener como referencia los compromisos de reducción de emisiones asumidos por la Unión Europea y muy presente el contexto social de elevada ambición climática.

1.2. LOS OBJETIVOS CONCRETOS DE INCLUSIÓN DE MEDIDAS EFICACES EN LAS ACTIVIDADES DE PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE LOS MUNICIPIOS

Para hacer posible *“la obligación de incluir los objetivos de reducción de emisiones para 2030 establecidos por la UE en cualquier nuevo plan y proyecto de obras o actividades, además de incluir los efectos del cambio climático y medidas de adaptación necesarias para enfrentarlo”*, se proponen una serie de medidas concretas como son la obligación de compensación de las emisiones por la pérdida del carbono secuestrado en vegetación y suelo que es destruido por cada plan o proyecto. Se propone igualmente, la compensación de las emisiones de directa responsabilidad del promotor (alcance 1²⁹) en los términos señalados para cada país por la Unión Europea, así como medidas que permitan la adaptación a los impactos futuros como las destinadas a luchar contra la escasez y torrencialidad

Bruselas, 11.12.2019 COM (2019) 640 final COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSEJO EUROPEO, AL CONSEJO, AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO Y AL COMITÉ DE LAS REGIONES El Pacto Verde Europeo

https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0004.02/DOC_1&format=PDF

Anexo - Hoja de ruta y acciones clave:

ANEXO de la COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSEJO EUROPEO, AL CONSEJO, AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO Y AL COMITÉ DE LAS REGIONES El Pacto Verde Europeo

https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0004.02/DOC_2&format=PDF

29 Ver Anexo

del agua o medidas que dependerán de las características concretas del ámbito territorial. Por ejemplo, los municipios costeros podrían incorporar medidas para tener en cuenta la subida del nivel del mar en la concesión de licencias de obras y de futuros aprovechamientos urbanísticos.

Estas medidas concretas se configuran a modo de condiciones para las autorizaciones y permisos municipales como forma más eficiente de *“incluir los objetivos de reducción en cualquier nuevo plan y proyecto de obras o actividades y medidas de adaptación necesarias”*. Se pueden sintetizar como se indica en la siguiente secuencia

En cuanto a mitigación para *“cualquier nuevo plan y proyecto de obras o actividades”*):

- Reducir la transformación y ocupación de nuevo suelo para mantener los depósitos de carbono y la tasa de absorción de la vegetación y compensarla en el caso de que no sea posible. Para ello es necesario en primer lugar limitar la artificialización³⁰ del suelo a terrenos que ya fueron ocupados en el pasado. Si es inevitable la utilización de nuevo suelo reducir la ocupación y compensar la capacidad de sumidero de carbono destruida o alterada. -
- Compensación de las emisiones de directa responsabilidad (alcance 1 de la huella de carbono) generadas por las obras, de acuerdo con los porcentajes establecidos en la Tabla X.
- Compensación de las emisiones de directa responsabilidad generadas durante el funcionamiento de industrias y actividades, de acuerdo con los porcentajes establecidos en la Tabla X.
- Integrar en las licencias de obras y/o actividad medidas para contribuir a la electromovilidad y la movilidad sostenible
- Aplicación a los edificios proyectados junto a la exigencia de un diseño que permita un funcionamiento de “consumo de energía casi nulo” de objetivos de ecoeficiencia y economía circular como la captura y aprovechamiento del agua de lluvia y en su caso de aguas grises generando emisiones evitadas y aprovechamiento de recursos.
- Aplicación del objetivo de cubrir mediante energías alternativas el máximo del consumo de electricidad posible generando emisiones evitadas.
- Aplicar en la licencia de obras de edificios no residenciales nuevos y los edificios no residenciales sujetos a reformas importantes, con más de diez plazas de aparcamiento y en la licencia de actividad o sus ampliaciones la obligación de contribuir a la electromovilidad mediante la instalación de al menos un punto de recarga en el sentido de la Directiva 2014/94/UE y conductos para cables eléctricos, para al menos una de cada cinco plazas, que permitan la instalación futura de puntos de recarga.
- Condicionar la licencia de obras y actividad (proyectos nuevos o sus ampliaciones) de los “centros de atracción de viajes generadores de movilidad obligada” a su contribu-

30 Artificialización, impermeabilización

ción a la electromovilidad mediante la instalación de un punto de recarga por cada 10 plazas de aparcamiento en el sentido de la Directiva 2014/94/UE. Igualmente incorporar la obligación de que elaboren Planes de Movilidad Sostenible orientada a los trabajadores, clientes, visitantes o usuarios.

En cuanto a la adaptación al cambio climático, se deben valorar, *en cualquier nuevo plan y proyecto de obras o actividades, los efectos del cambio climático y las medidas de adaptación necesarias para enfrentarlo*. Se proponen como medidas de carácter general: _

- Recuperación del agua de lluvia incidente sobre los edificios y contribuir a la adaptación a su escasez: Incorporar en licencia de obras de los edificios la necesidad de que estos capturen y utilicen las aguas pluviales y aguas grises.
- En los nuevos desarrollos urbanos, proyectos industriales, comerciales y en Proyectos de Obras de Urbanización:
- Reducir el grado de sellado del suelo incorporando vegetación (renaturalizar los proyectos y los planes) para reducir los costes de adaptación a los incrementos de temperatura y capturar y utilizar el agua de lluvia reduciendo daños por escorrentía y adaptándose a su escasez futura.
- Recuperación y uso del agua de lluvia incidente sobre viales aceras y demás espacios de los nuevos desarrollos urbanos e industriales y comerciales.
- Aumentar la permeabilidad de aceras y superficies selladas y el control de la escorrentía, aplicando técnicas de drenaje sostenible y soluciones basadas en la naturaleza como elementos de adaptación a los previstos incrementos en la torrencialidad de las precipitaciones.
- Tener en cuenta los previsibles efectos de la subida del nivel del mar en la concesión de licencias de obras y de futuros aprovechamientos urbanísticos.

Todas las medidas anteriores y especialmente la compensación, se concretarán en cada plan o proyecto mediante la incorporación de un anejo específico en el proyecto de obras de urbanización resultante en el caso de planeamiento urbanístico, y en el proyecto constructivo para la licencia de obras y de actividad en el caso de proyectos de infraestructuras, industrias y actividades.

Para garantizar el cumplimiento de esta obligación, la aprobación del proyecto y en consecuencia la licencia de obras y en su caso la de actividad quedará condicionada a que se incluya, con detalle de proyecto constructivo, la forma en que se llevarán a cabo las medidas concretas de mitigación o adaptación y/o la compensación necesaria.

El presupuesto del proyecto debe incorporar los aspectos relacionados con las medidas concretas de mitigación o adaptación y la opción de compensación seleccionada. La evaluación económica de las medidas preventivas, correctoras y compensatorias propuestas en relación al cambio climático formarán parte de los costes que se tomarán como base para calcular y constituir cualquier garantía o fianza que en aplicación de la legislación del suelo o a juicio del ayuntamiento pueda proceder.

1.3. INSPIRAR LA MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO MUNICIPAL EN LA ECOEFICIENCIA, LA ECONOMÍA CIRCULAR Y LAS SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA.

Ecoeficiencia y la economía circular

La reducción de emisiones requiere un cambio sustancial en los modos de concebir una buena parte de la gestión municipal y muy especialmente en los planes y los proyectos impulsados por el ayuntamiento, así como en la autorización de los planes y los proyectos impulsados desde la economía y la sociedad. Para la viabilidad de estos cambios nos podemos apoyar en las posibilidades que brinda la ecoeficiencia³¹. Entre los nuevos modelos de gestión y planificación basados en la ecoeficiencia destaca la economía circular que persigue cerrar el ciclo de los residuos, los materiales, el agua y la energía.

La economía circular se presenta como un sistema de aprovechamiento de recursos donde prima la reducción, la reutilización y el reciclaje de los elementos. En la práctica, la economía circular aplicada a la gestión municipal y a la concepción de planes y proyectos consistiría en minimizar el consumo de nuevo suelo, y nuevos recursos y cerrar el ciclo de los materiales y la energía reutilizando, reciclando y valorizando.

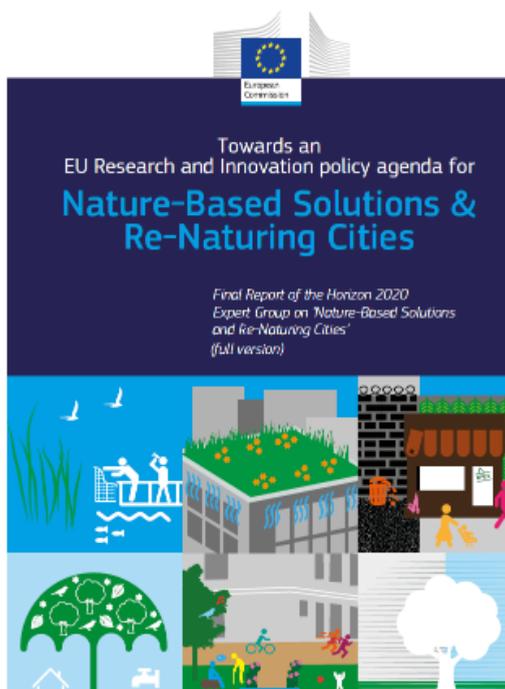
Soluciones Basadas en la Naturaleza

Las “Soluciones Basadas en la Naturaleza” son instrumentos para mitigar los impactos derivados del cambio climático y favorecer la adaptación que replican el comportamiento de la naturaleza. Abarcan soluciones a nivel de edificio, como pueden ser cubiertas o fachadas vegetales o la captura y aprovechamiento del agua de las cubiertas. Igualmente, incluyen soluciones a mayor escala utilizables en grandes proyectos de actividades e infraestructuras o en el espacio público en planes de urbanismo. Son ejemplos la aplicación de pavimentos permeables y otras medidas de los sistemas de drenaje sostenible para controlar y aprovechar el agua de escorrentía, o las destinadas a sombrear y evitar la insolación y reverdecer el espacio no edificado y las infraestructuras, creando otras utilidades sociales complementarias y cobeneficios, como en el caso de los jardines de agua o los huertos urbanos.

El informe «Towards an EU Research and Innovation policy agenda for Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities» publicado en 2014 por la Comisión Europea ³²incorpora el término “Soluciones Basadas en la Naturaleza” (NBS por sus siglas en Inglés «Nature-Based Solutions»). Utiliza este término para identificar aquellas que se inspiran y utilizan los procesos naturales, adaptados a las condiciones locales, como los sumideros de carbono o el ciclo urbano del agua. Son soluciones ecoeficientes con poco consumo de energía y recursos y viables en términos económicos.

31 La ecoeficiencia se puede expresar como la relación, ratio o proporción entre el valor añadido de la medida que se pretende implantar y el impacto ambiental que costará su implantación. Esta ratio puede usarse para comparar distintas soluciones.

32 <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/news/towards-eu-research-and-innovation-policy-agenda-nature-based-solutions-re-naturing-cities>



La aplicación de las Soluciones Basadas en la Naturaleza a la mitigación y adaptación al cambio climático, además de eficientes, son económicas en sus costes de inversión y funcionamiento, lo que las convierte en ecoeficientes³³. Su ecoeficiencia aumenta cuando se contabilizan más allá de los objetivos concretos de mitigación y adaptación al cambio climático su contribución a la economía circular y cobeneficios de otro tipo como los sociales. Por ejemplo, el aprovechamiento del agua de lluvia (propio de la economía circular) y el confort térmico (mejora social) que aportan en paralelo acciones destinadas a la regulación de escorrentía por aumento de la permeabilidad del suelo y la evapotranspiración a base de la vegetación. También, con frecuencia, contribuyen a ahorrar en la construcción de otro tipo de infraestructuras, por ejemplo, espacios públicos recreativos que pueden servir de balsas de laminación en episodios de lluvias intensas. Es el caso del parque de inundación “La Marjal” en Alicante, un singular depósito de retención de aguas pluviales impulsado por el ayuntamiento de esa ciudad.



Jardín de agua “La Marjal” Alicante. Fuente ayuntamiento de Alicante

En el anexo de esta guía dedicado a compensación de emisiones y en concreto en el apartado destinado a compensación por emisiones evitadas mediante captura y aprovechamiento de agua, se muestran ejemplos comparativos de medidas sencillas para la mitigación y adaptación al cambio climático, mediante la captura y aprovechamiento del agua de lluvia, que participan de la ecoeficiencia, la economía circular y son Soluciones Basadas en la Naturaleza. Todos estos ejemplos suponen retención de la precipitación, almacenamiento y posterior aprovechamiento y, en consecuencia, contribuyen a reducir el riesgo de inundaciones locales por elevado coeficiente de escorrentía de viales y aceras y a reducir el efecto de isla de calor urbano por incremento de la evapotranspiración.

Catálogo de buenas prácticas que pueden inspirar la concepción de planes y proyectos y la gestión de permisos y autorización municipal.

Con independencia de los objetivos concretos que se desarrollan en esta guía, se puede relacionar un catálogo más amplio de buenas prácticas para la mitigación y adaptación al

³³ The European Conference «Nature-based Solutions to Climate Change in Urban Areas and their Rural Surroundings: Linkages between science, policy and practice» will take place from 17 to 19 November 2015 in Bonn, Germany.

cambio climático aplicables en la medida en que sea posible a la concepción y autorización de nuevos planes y proyectos. Estas buenas prácticas se apoyan tanto en la ecoeficiencia como en la economía circular y las soluciones basadas en la naturaleza. A modo de síntesis, relacionamos las siguientes:

- A nivel de proyectos de obras de industrias y actividades:
 1. Evitar la transformación de suelo nuevo. Priorizar la ubicación en zonas degradadas frente a los suelos agrícolas y suelos naturales.
 2. Reducir el área construida o urbanizada, a fin de reducir el sellado del suelo.
 3. Aplicar los conocimientos de la arquitectura bioclimática. Mejorar las prestaciones de la envolvente de los edificios incorporando elementos ajardinados, cubiertas verdes o cubiertas destinadas al aprovechamiento de la energía solar. Incorporar sistemas de sombreado que permitan regular la intensidad del sol.
 4. Asegurar una adecuada infiltración y control de las aguas pluviales y la canalización y recuperación del agua de lluvia del entorno. Utilizar las aguas grises de los edificios e Instalar sistemas para utilizar las aguas de lluvia incidente sobre los edificios.
 5. Reutilizar los propios productos de la construcción. Utilizar materiales reciclados, materiales naturales rápidamente renovables y materiales autóctonos. Diseñar los edificios pensando en la deconstrucción.
 6. Utilizar energías renovables y minimizar las basadas en los combustibles fósiles. Desarrollar al máximo las posibilidades del autoconsumo.
 7. Asegurar la existencia de infraestructuras para peatones y ciclistas. Proporcionar aparcamiento preferente a aquellos modelos de transporte más sostenibles y dotar un porcentaje para la electromovilidad.
 8. Concretar alternativas viables de reducción, reutilización o reciclaje de los residuos que el proyecto va a generar en su funcionamiento.
 9. Concretar las posibilidades de la “simbiosis industrial” para intercambiar y aprovechar como recursos lo que para otras son residuos.
 10. Compensar las emisiones por destrucción de sumideros y las derivadas de la huella de carbono de alcance 1 por las obras y en su caso por la movilidad obligada que induce en su funcionamiento.
- A nivel de proyectos de obras de urbanización, proyectos de infraestructuras y planeamiento urbanístico:
 1. Considerar el uso de la topografía como elemento del proyecto para evitar al máximo la excavación y movimiento de tierras.
 2. Tener en cuenta el estudio de las condiciones hidrológicas y de inundabilidad incluyendo las derivadas de la subida del nivel del mar.

3. Diseñar la urbanización priorizando el uso del pavimento permeable y demás elementos de drenaje sostenible para captura y aprovechamiento del agua de lluvia, especialmente en zonas en que lo permitan los requerimientos de uso, como pueden ser aceras, rotondas, aparcamientos o las zonas de espacios libres.
4. Evitar el efecto isla de calor aplicando criterios en el diseño que lo minimicen aumentando la vegetación y zonas húmedas y reducción de superficies impermeabilizadas de asfalto y hormigón.
5. Minimizar la ocupación de suelo público destinada a aparcamiento en superficie y dando prioridad a la electromovilidad.
6. Diseñar la urbanización priorizando la movilidad sostenible, entendida como aquella que se realiza a pie, en bicicleta o en transporte público.
7. Estudiar el dimensionado de la calzada viaria con el fin de minimizar la ocupación de suelo.
8. Proporcionar sistemas separativos correctamente dimensionados para aguas residuales y pluviales.
9. Proyectar sistemas que permitan la reutilización de las aguas pluviales recogidas en la urbanización para usos como el riego y la limpieza de los espacios públicos.
10. Proyectar sistemas de energía renovable en la urbanización. Utilizar fuentes de energía renovables para alimentar elementos de mobiliario urbano con consumo eléctrico.
11. Integrar arbolado viario en todas las calles con anchura suficiente.
12. Tener en cuenta en el diseño de las zonas verdes, la vegetación natural preexistente en el terreno y favorecer su mantenimiento. Diseñar las zonas verdes aplicando criterios de aprovechamiento de las aguas pluviales para el riego.
13. Contemplar en el proyecto de urbanización puntos de recogida selectiva de residuos, integrados en el diseño urbano y que favorezcan su utilización.
14. Utilizar residuos de construcción y demolición (RCD) en el proyecto de urbanización.
15. Compensar las emisiones por destrucción de sumideros y las derivadas de la huella de carbono de alcance 1 por obras incluidas en el proyecto de obras de urbanización y por la movilidad obligada que induce en su funcionamiento.

2. OBJETIVOS CONCRETOS DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO A INCLUIR EN LAS POLÍTICAS LOCALES

2.1 OBJETIVO CONCRETO. INCLUIR LOS OBJETIVOS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES PARA 2030 ESTABLECIDOS POR LA UNIÓN EUROPEA EN CUALQUIER NUEVO PLAN Y PROYECTO DE OBRAS O ACTIVIDADES

La Cumbre del Clima de París adoptó un acuerdo histórico en la lucha contra el cambio climático. Cada país, con independencia de su grado de desarrollo, propone la reducción de emisiones que está dispuesto a asumir en función de sus capacidades y circunstancias nacionales, denominadas “Contribuciones Previstas y Determinadas a Nivel Nacional” (INDC, en inglés *Intended Nationally Determined Contributions*).

En París 187 países presentaron sus propuestas de reducción o contribución. La contribución de la Unión Europea fue presentada el 6 de marzo de 2015³⁴. El compromiso ha sido el concretado en el acuerdo de Jefes de Estado de octubre de 2014, de reducir el 40% de las emisiones en 2030, con respecto a las de 1990³⁵. El acuerdo señala que “*la UE cumplirá colectivamente el objetivo de la manera más eficaz posible en términos de coste, con reducciones en los sectores sujetos y no sujetos al régimen de comercio de derechos de emisión del 43% y del 30%, respectivamente, en 2030 en comparación con 2005.*” La distribución del esfuerzo para los diferentes Estados miembros en cuanto a los sectores difusos³⁶ ha sido concretada mediante Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo en junio de 2018, correspondiendo a España³⁷ una reducción del 26%, a Portugal el 17% y a Letonia el 6%.

Tabla x. Objetivos de reducción para cualquier nuevo plan y proyecto

Alemania	38%	Dinamarca	39%	Grecia	16%	Malta	19%
Austria	36%	Eslovaquia	12%	Hungría	7%	Países Bajos	36%
Bélgica	35%	Eslovenia	15%	Irlanda	30%	Polonia	7%
Bulgaria	0%	Estonia	13%	Italia	33%	Portugal	17%
Croacia	7%	España	26%	Letonia	6%	Reino Unido	37%
Chequia	14%	Finlandia	39%	Lituania	9%	Rumanía	2%
Chipre	24%	Francia	37%	Luxemburgo	40%	Suecia	40%

34 Intended Nationally Determined Contribution of the EU and its Member States. Riga, 6 March 2015 <http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Latvia/1/LV-03-06-EU%20INDC.pdf>

35 Consejo Europeo (23 y 24 de octubre de 2014) Conclusiones sobre el marco de actuación en materia de clima y energía hasta el año 2030. <http://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-169-2014-INIT/es/pdf>

36 emisiones procedentes de actividades, obras, infraestructuras, no incluidas en el ámbito del comercio europeo de derechos de emisión, tales como transporte, edificación, industria alimentaria, comercio, agricultura, etc.

37 REGLAMENTO (UE) 2018/842 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 30 de mayo de 2018 sobre reducciones anuales vinculantes de las emisiones de gases de efecto invernadero por parte de los Estados miembros entre 2021 y 2030 que contribuyan a la acción por el clima, con objeto de cumplir los compromisos contraídos en el marco del Acuerdo de París, y por el que se modifica el Reglamento (UE) 525/2013 (Diario Oficial de la Unión Europea de 19-6-2018).

En consecuencia, el objetivo de reducción o compensación de emisiones a introducir en las autorizaciones municipales (licencias de obras y actividades) y en el diseño de los planes, proyectos y obras impulsadas por el ayuntamiento es, de cara a 2030, del 26% para los municipios españoles, para los de Portugal el 17% y para Letonia el 6% de las emisiones de directa responsabilidad o alcance 1 que generen las obras y, en su caso, durante el funcionamiento (consumo de combustibles fósiles)

Se propone, en base a estos objetivos, incorporar en el procedimiento de aprobación de proyectos y de planes la obligación de que en el proyecto de obras y proyecto de obras de urbanización se incluyan medidas para compensar las emisiones en los términos señalados.

Para garantizar el cumplimiento de esta obligación, la aprobación del proyecto de obras y proyecto de obras de urbanización quedará condicionada a que se incluya la forma en que se compensará de acuerdo con lo establecido en el apartado 2.3 de esta guía.

Incluir los objetivos de reducción y/o compensación de emisiones para 2030 establecidos por la Unión Europea en cualquier nuevo plan y proyecto de obras o actividades

- España: 26%
- Portugal: 17%
- Letonia: 6%

2.2 OBJETIVO CONCRETO. MINIMIZAR LA OCUPACIÓN Y EL SELLADO DE NUEVO SUELO Y COMPENSAR LA DESTRUCCIÓN DE SU CAPACIDAD DE SUMIDERO DE CO₂

2.2.1. Reducir la ocupación neta de nuevo suelo

La ocupación de nuevo suelo supone la destrucción de su capacidad de sumidero como servicio ecosistémico (carbono orgánico en suelo y capacidad de absorción por la vegetación), la compactación y el sellado supondrá dificultades añadidas para la adaptación al cambio climático³⁸. Estos últimos costes indirectos deberían tenerse en cuenta en los objetivos de la ordenación en el caso de planes de urbanismo y en las decisiones sobre la ocupación concreta del suelo en el caso de proyectos.

La ocupación del suelo (recurso escaso y no renovable) ha sido desde la década pasada un asunto de preocupación en los documentos estratégicos³⁹, que abogan por limitar las repercusiones de los proyectos sobre el terreno, especialmente su ocupación con actuaciones de baja densidad.

³⁸ <http://www.fao.org/3/b-i6937s.pdf>

³⁹ La Comunicación de la Comisión de 22 de septiembre de 2006 titulada «Estrategia temática para la protección del suelo» y la Hoja de ruta hacia una Europa eficiente en el uso de los recursos destaca la necesidad de hacer frente al aumento insostenible de la ocupación de nuevo suelo. También, el documento final de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, celebrada en Río de Janeiro los días 20 a 22 de junio de 2012, reconoce la importancia económica y social del suelo, y la necesidad de una actuación urgente para invertir su degradación.

En el documento estratégico de 2011 «Hoja de ruta hacia una Europa eficiente en el uso de los recursos»⁴⁰, la Comisión Europea propone que las políticas de la UE deben tener en cuenta su impacto directo e indirecto en la ocupación del suelo, con el objetivo de que en 2050 no exista ocupación neta de suelo.

Con este objetivo, el documento⁴¹ de la Comisión Europea “Los costes ocultos del sellado del suelo” de 2013 desarrolla una jerarquía de medidas en tres niveles: limitar – mitigar – compensar:

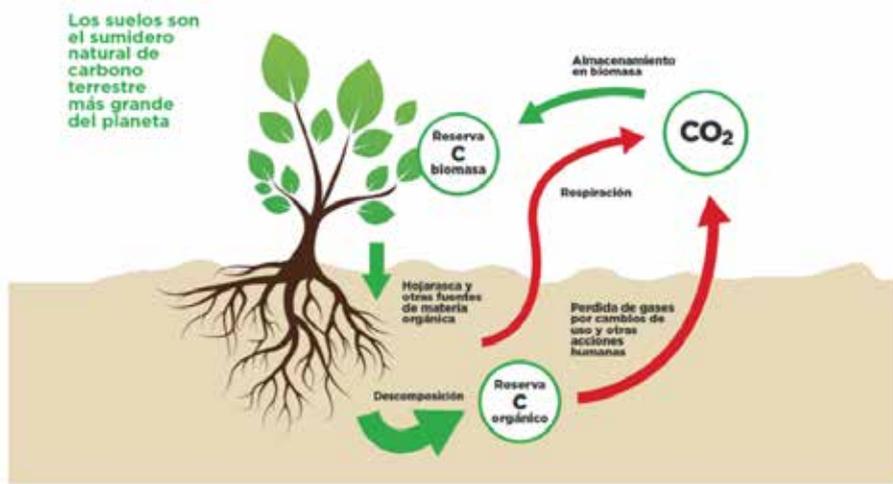
1. La mejor opción: limitar el sellado del suelo a terrenos que ya fueron ocupados en el pasado, por ejemplo, reutilizar los terrenos industriales abandonados.
2. Cuando no sea posible evitar la ocupación de nuevo suelo, se puede intentar dentro de los objetivos del plan o proyecto destinar la mayor superficie posible a vegetación e intercalando pequeñas zonas verdes.
3. La tercera opción, “de último recurso” como señala el documento, consistiría en compensar cada sellado con una actividad de recuperación del suelo en otro lugar. En este último caso parece coherente que si no son posibles las opciones anteriores, al menos se compense la capacidad de sumidero de carbono destruida o alterada.



40 <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0571:FIN:ES:PDF>

41 http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/SoilSealing-Brochure_es.pdf

En consecuencia, tomando en consideración las referencias anteriores, los proyectos y los planes deben considerar el objetivo de limitar al máximo la ocupación de terrenos agrícolas o naturales para transformarlos en suelos sellados (viales, aceras, aparcamientos, edificios). Asimismo, deben incorporar el objetivo de compensar la destrucción de la capacidad de sumidero del suelo y vegetación transformados. La compensación se debe concretar mediante la incorporación de un anejo específico en el proyecto de obras de urbanización resultante, en el caso de planeamiento urbanístico, y en el proyecto constructivo para la licencia de obras, en el caso de proyectos de infraestructuras, industrias y actividades.



2.2.2. Reducir la destrucción de las reservas de carbono en el suelo ocupado y transformado

El suelo contiene una considerable cantidad de CO₂ atrapado en forma de carbono orgánico. Un suelo agrícola en la Región de Murcia, muy pobre en el contenido en carbono en comparación con otras regiones (unas 2,3 veces menos que un suelo en el norte de Portugal y unas 3 veces menos que un suelo en Letonia), es habitual que contenga almacenadas 100 toneladas de CO₂ por hectárea en sus primeros 30 centímetros. Además, es probable que la vegetación de esa hectárea, dependiendo del tipo y cobertura, tiene almacenados si son cultivos leñosos en su tronco, raíz y ramas principales una cantidad adicional equivalente a 150 toneladas de CO₂.

La ocupación física del suelo supone destruir esa capacidad de secuestro o remoción de carbono y supone la pérdida del carbono almacenado. Como señala el documento⁴² de la Comisión Europea "Los costes ocultos del sellado del suelo" de 2013: *"La destrucción de la capa superior del suelo durante las actividades de construcción hace que libere parte de su contenido en carbono orgánico en forma de gases de efecto invernadero a causa de la mineralización."*

42 http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/SoilSealing-Brochure_es.pdf

En este sentido se pronuncia el Ministerio de Medio Ambiente de Francia que en su base de datos de factores de emisión *Base Carbone*⁴³ considera que *“en los cambios de usos del suelo que transforman suelos agrícolas o forestales a suelos impermeabilizados (vías, aparcamientos o edificios) se aplicará por defecto una emisión equivalente al total del stock de carbono contenido en el suelo”*

En consecuencia, se propone en base a estos objetivos, incorporar en el procedimiento de aprobación de proyectos y de planes la obligación de que en el proyecto de obras y proyecto de obras de urbanización se incluyan medidas para compensar el 100% del stock de carbono contenido en el suelo y vegetación que ha quedado destruido.

Para garantizar el cumplimiento de esta obligación, la aprobación del proyecto de obras y proyecto de obras de urbanización quedará condicionada a que se incluya la forma en que se compensará de acuerdo con lo establecido en el apartado 2.3 de esta guía.

2.2.3. Reducir el sellado e impermeabilización del suelo ocupado

Otro objetivo, en este caso de adaptación, es reducir el sellado del suelo ocupado. Uno de los impactos más claros del cambio climático es el incremento de la temperatura y la frecuencia de las olas de calor. El sellado del suelo incrementa el efecto de isla de calor urbano. Reducir el sellado manteniendo espacios para la vegetación contribuirá mediante la evapotranspiración y el sombreado a reducir este efecto “la temperatura del aire bajo un grupo de árboles es 5 °C más baja que a pleno sol. Las zonas suburbanas con árboles maduros son 3 °C más frescas que las de nueva construcción”⁴⁴.

El sellado del suelo incrementa el daño por la torrencialidad por las precipitaciones y sobre todo la escasez futura de agua hacen imprescindible el objetivo de no solo evitar el sellado, sino aumentar la captura y utilización del agua de lluvia tanto a nivel de proyectos (captura del agua de lluvia sobre las cubiertas de los edificios industriales, comerciales y residenciales) como a nivel de planes. En el caso del planeamiento urbanístico, además de la captura de agua en edificios, es necesario contemplar sistemas de drenaje sostenible (como señala el RD 638/2016)⁴⁵ y medidas basadas en la naturaleza que permitan capturar y utilizar la mayor cantidad posible del agua de lluvia de viales, aceras y aparcamientos, como es el caso de jardines de agua o zonas de infiltración forzada para captura y aprovechamiento del agua.

43 Base Carbone 2016. Página 79

<http://bilans-ges.ademe.fr/docutheque/docs/%5BBase%20Carbone%5D%20Documentation%20g%C3%A9n%C3%A9rale%20v11.5.pdf>

El Ministerio en Francia considera que como media se emiten con la transformación de un suelo que pasa a ser impermeabilizado (viales, aparcamientos y edificios) 290 toneladas de CO₂/ha si son forestales y 190 toneladas de CO₂/ha si son cultivos en tierras arables.

44 Comisión Europea. Los costes ocultos del Sellado del Suelo. Página 17.

45 Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (BOE Núm. 314 Jueves 29 de diciembre de 2016) «Artículo 126 ter

7. Las nuevas urbanizaciones, polígonos industriales y desarrollos urbanísticos en general, deberán introducir sistemas de drenaje sostenible, tales como superficies y acabados permeables, de forma que el eventual incremento del riesgo de inundación se mitigue. A tal efecto, el expediente del desarrollo urbanístico deberá incluir un estudio hidrológico-hidráulico que lo justifique.»

En consecuencia, se propone, en base a estos objetivos, incorporar en el procedimiento de aprobación de proyectos y de planes la obligación de que en el proyecto de obras y proyecto de obras de urbanización se incluyan medidas para capturar el agua de lluvia, consiguiendo que tras la urbanización sea posible el aprovechamiento del agua de lluvia no capturada por los edificios. La red de captura y aprovechamiento del agua de lluvia contendrá la red de aguas pluviales separada de la de alcantarillado y los depósitos y demás elementos necesarios. La recogida de pluviales debe permitir el riego del arbolado que reducirá el efecto de isla de calor urbano para los que no se podrá utilizar agua potable procedente de la red.

Para garantizar el cumplimiento de esta obligación, la aprobación del proyecto de obras y proyecto de obras de urbanización quedará condicionada a que se incluya la red de aguas pluviales separada de la de alcantarillado, las zonas de infiltración forzada, depósitos de almacenamiento del agua recogida, las características de la permeabilidad de aceras, viales y demás elementos necesarios que permitan justificar que se cumplirá con el objetivo de capturar el máximo de agua de lluvia posible y de reducir los efectos negativos de torrencialidad e inundación derivados del sellado del suelo.



Sistema de Drenaje Urbano Sostenible. Fuente: Proyecto LIFE CERSUDS

2.2.4. Reducir las emisiones que produce la baja densidad.

Los espacios urbanos periféricos y de baja densidad producen, una mayor destrucción de la capacidad de sumidero. Ocupar menos suelo aumentando la densidad es un buen objetivo de mitigación. Se calcula que se libera tres veces más carbono al ampliar las ciudades hacia la periferia que al densificar las zonas urbanas ⁴⁶.

Los espacios urbanos periféricos y de baja densidad producen movilidad obligada y una mayor emisión de GEI para la prestación de los servicios mínimos que la que producen los núcleos tradicionales o “ciudad compacta”.

46 Comisión Europea. Los costes ocultos del Sellado del Suelo. Página 17. https://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/SoilSealing-Brochure_es.pdf

La baja densidad supone un coste ambiental⁴⁷. En numerosos sectores de la opinión académica⁴⁸ se ha concretado desde hace años el elevado coste en emisiones de gases de efecto invernadero y en costes económicos⁴⁹ en la prestación de servicios de la ciudad dispersa formada por viviendas aisladas y adosados (baja densidad) frente a la ciudad compacta (media y alta densidad), conformada preferentemente por bloques compactos.

En este mismo sentido se pronuncia en España el más reciente documento estratégico del Ministerio de Fomento⁵⁰, “la Agenda Urbana Española 2019” elaborada de conformidad con los criterios establecidos por la Agenda 2030, la Nueva Agenda Urbana de Naciones Unidas⁵¹ y la Agenda Urbana para la Unión Europea⁵², persigue el logro de la sostenibilidad en las políticas de desarrollo urbano. Los 5 primeros objetivos de la Agenda Urbana Española 2019 son:

- Objetivo Estratégico 1: Ordenar el territorio y hacer un uso racional del suelo⁵³, conservarlo y protegerlo.

47 Ejemplos son el coste de la prestación de los servicios sanitarios por la baja densidad, o la afección al transporte y movilidad: http://www.ief.es/documentos/recursos/publicaciones/libros/Libros_blanco/GastoSanitario.pdf
<http://urbanismoytransporte.com/costes-la-ciudad-dispersa-la-administracion-local-caso-valenciano/>
<http://urbanismoytransporte.com/>

48 <https://elblogdefarina.blogspot.com.es/search?q=la+ciudad+dispersa>
<https://elblogdefarina.blogspot.com.es/2013/06/estandares-y-densidad-subjetiva.html>
<http://www.arquitasa.com/category/blog-entradas/>

“Diferentes estudios realizados en diversos países, estiman que el coste de construcción de la ciudad dispersa duplica el coste de la ciudad compacta, pero el coste de mantenimiento de los servicios llega a triplicarse. No es posible mantener a costes razonables ni los servicios sanitarios, ni los educativos, ni los de dependencia, pero tampoco los de seguridad, policía, bomberos, etc... lo que lleva a considerar el modelo como totalmente insostenible. Tampoco existen condiciones adecuadas para la implantación del pequeño comercio de cercanía. Es decir, todos los servicios que ofrece la ciudad compacta no pueden ser implantados en la “ciudad dispersa” Por lo tanto, los habitantes de estas pequeñas ciudades monotemáticas, dispersas por el territorio, deben buscar la mayoría de los bienes y servicios que precisan para la vida cotidiana desplazándose en sus vehículos privados, con el costo añadido que ello implica.”

49 los costes de urbanización 3 veces más altos en baja densidad y los costes de prestación de servicios públicos se incrementan entre 2 y 4 veces. Fuente: los costes económicos y sociales en la ciudad de baja densidad en “los impactos ambientales de la ciudad de baja densidad en relación con los de la ciudad compacta. Universidad de Barcelona.” 2012 (página 212) <http://www.ub.edu/geocrit/b3w-958.htm>

50 <https://www.fomento.gob.es/arquitectura-vivienda-y-suelo/urbanismo-y-politica-de-suelo/urbanismo-y-sostenibilidad-urbana/agenda-urbana-espanola>

51 <http://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Spanish.pdf>

“Nos comprometemos también a promover el uso sostenible de la tierra, a mantener unas densidades y una compacidad adecuadas al ampliar las zonas urbanas a fin de prevenir y a contener el crecimiento urbano incontrolado y prevenir los cambios innecesarios del uso de las tierras y la pérdida de tierras productivas y de ecosistemas frágiles e importantes.”

“Habida cuenta de las tendencias demográficas de las ciudades y su papel fundamental en la economía mundial, los esfuerzos de mitigación y adaptación relacionados con el cambio climático y el uso de los recursos y los ecosistemas, la forma en que esas ciudades se planifican, se financian, se desarrollan, se construyen, se administran y se gestionan tiene repercusiones directas en la sostenibilidad y la resiliencia mucho más allá de las fronteras de las zonas urbanas.”

52 <https://www.fomento.gob.es/porta-del-suelo-y-politicas-urbanas/otros-proyectos-y-actividades/agenda-urbana-europea>

53 Los principios europeos e internacionales de desarrollo territorial y urbano sostenible sobre el uso racional del suelo se incorporan en la legislación española, de carácter básico. En el artículo 3 del Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley del Suelo y Rehabilitación Urbana, se establece:

“1. Las políticas públicas relativas a la regulación, ordenación ocupación, transformación y uso del suelo tienen como fin común la utilización de este recurso conforme al interés general y según el principio de desarrollo sostenible”

- Objetivo Estratégico 2: Evitar la dispersión urbana⁵⁴ y revitalizar la ciudad existente.
- Objetivo estratégico 3: Prevenir y reducir los impactos del cambio climático ⁵⁵ y mejorar la resiliencia.
- Objetivo estratégico 4: Hacer una gestión sostenible de los recursos⁵⁶ y favorecer la economía circular.
- Objetivo estratégico 5: Favorecer la proximidad y la movilidad sostenible⁵⁷.

Minimizar la ocupación y el sellado de nuevo suelo y compensar la destrucción de su capacidad de sumidero de CO2

- Reducir la ocupación neta de nuevo suelo
- Reducir la destrucción de las reservas de carbono en el suelo ocupado y transformado
- Reducir el sellado e impermeabilización del suelo ocupado
- Reducir las emisiones que produce la baja densidad

2.3. OBJETIVO CONCRETO. COMPENSACIÓN DE LA DESTRUCCIÓN DE SUMIDEROS Y DE LAS EMISIONES DE ALCANCE 1 POR OBRAS.

2.3.1 Determinación de las emisiones generadas por destrucción de sumideros y por realización de obras y funcionamiento

Determinación de las emisiones generadas por destrucción de sumideros

Junto a las emisiones producidas de alcance 1 en las obras (que tratamos más adelante), un aspecto destacado de la incidencia en el cambio climático es el efecto que tiene sobre el cambio de uso del suelo al pasar de terrenos agrícola o forestal a suelo artificial. Como hemos visto, el cambio de uso del suelo va a liberar la mayor parte del carbono secuestrado en suelo y vegetación y va a suponer la pérdida del carbono secuestrado⁵⁸ y de la capacidad de secuestro o remoción de carbono.

54 En España la Ley 45/2007, de 13 de diciembre, para el desarrollo sostenible del medio rural, incluye entre sus objetivos Artículo 33 d) Desincentivar el urbanismo disperso, particularmente en las zonas rurales periurbanas.

En este mismo sentido hay que señalar que la Unión Europea en su Estrategia temática para el medio ambiente urbano-2006, propone un modelo de ciudad compacta y señala los perjuicios de la urbanización dispersa o desordenada: ineficiencia ambiental e ineficiencia económica por los elevados costes energéticos de construcción y mantenimiento de infraestructuras y de prestación de los servicios públicos.

55 Real Decreto Legislativo 7/2015. Artículo 3 a) Posibilitarán el uso residencial en viviendas los servicios, los materiales y productos que eliminen o, en todo caso, minimicen, las emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero, el consumo de agua, energía...

56 3.l) Contribuirán a un uso racional del agua, fomentando una cultura de eficiencia en el uso de los recursos hídricos, basada en el ahorro y en la reutilización. Artículo 3.3i) Priorizarán las energías renovables frente a la utilización de fuentes de energía fósil

57 Real Decreto Legislativo 7/2015. Artículo 3.3.f) otorgue preferencia al transporte público y colectivo y potencie los desplazamientos peatonales y en bicicleta.

58 Si utilizamos para los nuevos proyectos de actividades y desarrollo urbano nuevo suelo que está dedicado a actividad agrícola

Así pues, con objeto de evaluar la pérdida de capacidad de secuestro o remoción de carbono asociada a estos cambios de uso en el suelo, así como para poder establecer posteriormente medidas de compensación, se hace necesario cuantificar el contenido de carbono orgánico que tienen esos suelos y vegetación.

Las reservas de carbono en el suelo dependen del clima y el tipo de suelo. Como hemos comentado un método sencillo de estimar el contenido en carbono orgánico de un suelo es el desarrollado en la "Decisión de la Comisión Europea de 10 de junio de 2010, sobre directrices para calcular las reservas de carbono en suelo"⁵⁹ basada en la Guías del IPCC para inventarios nacionales de emisiones de gases de efecto invernadero.

La Decisión permite cuantificar por un lado el carbono orgánico en suelo y por otro la reserva de carbono en la vegetación por encima y por debajo del suelo, ambos medidos como masa de carbono por hectárea.

En el marco de este proyecto LIFE ADAPTATE se redactó una guía de cálculo del contenido en carbono de los suelos⁶⁰. En esa guía se pueden ver ejemplos concretos de utilización de la Decisión de la Comisión Europea de 10 de junio de 2010, para la estimación de las reservas de carbono en el suelo y vegetación".

Para concretar la compensación necesaria consideramos, como hace el Ministerio de Medio Ambiente de Francia⁶¹, que los cambios de uso del suelo que transforman suelos agrícolas o forestales a suelos impermeabilizados (vías, aparcamientos o edificios) suponen una emisión equivalente al total del stock de carbono contenido en el suelo.

emitimos el carbono que durante décadas e incluso siglos ha sido retenido en el suelo (en la Región de Murcia entre 100 y 150 toneladas de CO2 por hectárea) pero también si el cultivo destruido es un cultivo leñoso (olivo, almendro, viñedo, agríos, frutales..) emitimos además la reserva de carbono en la vegetación es decir el carbono contenido en la masa viva por encima y por debajo del suelo (entre 100 y 150 toneladas de CO2 por hectárea).

En consecuencia, la transformación de un suelo agrícola y destrucción de la vegetación arbolada supone emitir el carbono acumulado en suelo y vegetación cuya suma representa entre 200 y 300 toneladas de CO2 por hectárea.

59 La DECISIÓN DE LA COMISIÓN de 10 de junio de 2010 sobre directrices para calcular las reservas de carbono en suelo a efectos del anexo V de la Directiva 2009/28/CE (DOUE de 17 del 6 de 2010).

60 <http://lifeadaptate.eu/wp-content/uploads/Estimaci%C3%B3n-del-Carb%C3%B3n-Org%C3%A1nico-en-suelo-y-vegetaci%C3%B3n.zip>

61 Base de datos de factores de emisión Base Carbone 2016. Página 79
<http://bilans-ges.ademe.fr/docutheque/docs/%5BBase%20Carbone%5D%20Documentation%20g%C3%A9n%C3%A9rale%20v11.5.pdf>

APLICACIÓN PRÁCTICA

La “Decisión de la Comisión Europea de 10 de junio de 2010, sobre directrices para calcular las reservas de carbono en suelo” (*) basada en la Guías del IPCC para inventarios nacionales de emisiones de gases de efecto invernadero, permite cuantificar por un lado el carbono orgánico en suelo y por otro la reserva de carbono en la vegetación por encima y por debajo del suelo, ambos medidos como masa de carbono por hectárea.

El sencillo método de la Decisión parte de unos “niveles de referencia”. El carbono orgánico en la capa de humus de 0 a 30 centímetros (medido como masa de carbono por hectárea) en estos suelos de referencia en la Región de Murcia y levante español es como media 38 t de C/ha. Para el norte de Portugal la Decisión señala la cifra de 88 t de C/ha. Para Letonia la Decisión utiliza la cifra de 95 t de C/ha. A este carbono orgánico en suelo de referencia hay que aplicarle unas correcciones mediante factores desarrollados en la Decisión, como son en el caso de las tierras de cultivo el tipo de labranza o los insumos como son los aportes de estiércol.

Los incrementos o las pérdidas sobre esa cifra inicial de 38,7 o 95 t de C/ha pueden llegar a un incremento de hasta un 10% o bien una reducción de hasta un 20% como máximo. Una vez calculado el carbono orgánico contenido en el suelo y en su caso en la vegetación, multiplicando por 3,6 tendremos el contenido expresado como CO₂.

Aplicando lo dispuesto en la Decisión a usos del suelo habituales en el centro, sur o levante de la península ibérica, podemos ver que se perderían entre 324 y 111 t de CO₂/ha al transformar cada hectárea de suelo en función del uso al que se destinaba el suelo que se pretende transformar:

Uso del suelo a que se destinaba el suelo que se pretende transformar.	Reserva de carbono orgánico en suelo. t de C/ha “nivel de referencia inicial” establecido en el cuadro 1.	Reserva de carbono orgánico en suelo (SOC). t de C/ha Aplicación de los cuadros 2 a 8 de la Decisión.	Reserva de carbono en la vegetación (CVEG). t de C/ha Aplicación de los cuadros 11, 12, 15 y 18 de la Decisión.	TOTAL (CSi) reserva de carbono por unidad de superficie asociada al uso del suelo i t de C/ha	TOTAL t de CO ₂ /ha
Uso agrícola de leñosas (frutales, olivares, viñedos, almendros, etc.)	38 ¹	38,7	43,2	81,9	245,7
Uso agrícola de regadío. Cultivos hortícolas.	38	41,6	0	41,6	149,7
Uso agrícola de secano. Cereal	38	31,0	0	31,0	111,6
Erial / matorral.	38	26,6	7,4	34	122,4
Forestal arbolado	38	38	52	90	324
Infraestructuras. (Viales, aceras aparcamientos y edificios).	0	0	0	0	0,00

(*) Nota al pie: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32010D0335>

Determinación de la huella de carbono de alcance 1

La determinación de la huella de carbono debe servir sobre todo para definir responsabilidades y exigir, en su caso, la compensación de emisiones que proceda.

Unas de las contribuciones más claras de los proyectos y planes sobre el cambio climático son las emisiones directas de gases de efecto invernadero.

En el caso de obras de urbanización (en ejecución del planeamiento urbanístico) o las de cualquier otro proyecto de obras sometido a autorización municipal, las emisiones de directa responsabilidad son, por un lado, las derivadas del consumo de combustibles fósiles utilizados para maquinaria y vehículos de excavación, relleno, transporte de materiales y residuos y transporte de mezclas bituminosas, hormigones y otros materiales; por otro lado las derivadas de la destrucción de sumideros de carbono (vegetación y suelo) ocupados directamente por la obra. Este aspecto, que hemos visto en el apartado anterior, tiene especial interés en proyectos de gran extensión como el de infraestructuras de transporte o nuevos crecimientos urbanos.

En muchos de los proyectos sometidos a licencia de actividad (industria, transporte, comercio, ganadería, etc.) las emisiones generadas por el funcionamiento son más destacables que las emisiones originadas por las obras. Las emisiones de funcionamiento son, con frecuencia, emisiones debidas al uso de combustibles fósiles por instalaciones de combustión fijas, para las que habitualmente se utiliza el gas natural y, en menor medida, el gasoil, o bien por las flotas de vehículos asociados al proyecto (gasoil o gasolina).

Un caso particular en cuanto a emisiones de funcionamiento es el de las instalaciones ganaderas, donde el gas de efecto invernadero de mayor importancia es el gas metano generado por los propios animales y por la gestión del estiércol. El metano (CH_4), tiene un potencial de calentamiento global⁶² muy superior al CO_2 . También, es el caso de la agricultura donde, con frecuencia, las emisiones de funcionamiento de mayor interés no vienen del consumo de combustible en tractores y maquinaria, sino que se deben al uso de abonos nitrogenados que generan emisiones de óxido nitroso (N_2O) un potente gas de efecto invernadero, con un potencial de calentamiento global casi trescientas veces superior al CO_2 .

62 El cuarto informe del IPCC (AR4) de 2007 contempla un potencial de calentamiento global (PCG) para varios gases de efecto invernadero que ha sido corregido por el quinto informe del año 2013. De esta forma el AR4 un kg de Óxido Nitroso N_2O equivale a 298 kg de CO_2 . Un kg de Metano CH_4 equivale a 25 kg de CO_2 . En el IPCC AR5 de 2013: Un kg de Óxido Nitroso N_2O equivale a 265 kg de CO_2 . Un kg de Metano CH_4 (origen biogénico) equivale a 28 kg de CO_2

Concepto de “alcance” de las emisiones generadas

Con la denominación de “alcance 1” se refiere a las “emisiones directas”, en nuestro caso: emisiones que son responsabilidad del promotor del plan o proyecto (combustibles que se consumirán por la maquinaria de movimiento de tierras para hacer una obra, emisiones previstas de metano de una granja, emisiones de óxido nitroso por abonado nitrogenado en el funcionamiento de la agricultura, etc.).

Por otra parte, en el “alcance 2”, se incluyen las “emisiones indirectas asociadas a la compra de electricidad” (emisiones realizadas por el productor de electricidad para generar la energía eléctrica que el plan o proyecto estimamos que consumirá).

Por último, en el “alcance 3” se relacionan el resto de emisiones indirectas “otras emisiones indirectas” asociadas a la adquisición de materiales o servicios necesarios (realizadas por los fabricantes y transportistas (por ejemplo áridos, agua, combustibles, etc.), servicios (por ejemplo gestión de residuos externa), que se prevé que sería necesario adquirir o contratar para las obras o para el funcionamiento de la actividad, plan o proyecto.



El concepto de alcance permite acotar la responsabilidad en cuanto a la contribución al cambio climático del promotor del plan o proyecto. El alcance que tiene mayor interés a los efectos de plantear las posibles compensaciones de emisiones es el alcance 1. En el anexo de esta guía se profundiza en la determinación del alcance 1 de la huella de carbono.

2.3.2. Aplicación de la compensación

Compensar las emisiones es una de las piezas fundamentales de esta Guía para incluir los objetivos de reducción de emisiones para 2030 establecidos por la UE en cualquier nuevo plan y proyecto de obras o actividades.

La compensación sustituye los esfuerzos de reducción de emisiones que no pueden llevarse a cabo por inviabilidad técnica o económica.

Opciones de compensación

Las emisiones se mezclan uniformemente en la atmósfera, por lo que las reducciones o absorciones en cualquier área pueden cancelar las emisiones de otra. La dinámica atmosférica distribuye las emisiones realizadas desde cualquier punto y desde cualquier punto se pueden capturar por un sumidero (se “remueven” se retiran) y desde cualquier punto se pueden evitar las que se podrían producir (emisiones evitadas). La compensación de una tonelada de gases de efecto invernadero constituye una reducción neta de emisiones. Por esta razón, la compensación se puede plantear bien mediante emisiones evitadas, o mediante el incremento o manejo de la capacidad de sumidero que consiga una absorción equivalente a la reducción de emisiones necesaria, incrementando el carbono en la vegetación o en el suelo.

Una opción de emisiones evitadas interesante y ecoeficientes es la relacionada con el agua de suministro. En el sur y levante de España y buena parte de Portugal, con una creciente escasez de agua y elevadas tarifas de los servicios municipales de suministro, la captura y el aprovechamiento del agua de lluvia constituyen una posibilidad de compensación que podemos utilizar todos y muy especialmente los grandes planes y proyectos sometidos a autorización municipal.

La captura y utilización de un m³ de agua de lluvia supone emisiones evitadas ya que se evita su producción y suministro y en su caso el saneamiento y depuración. Además, reducimos la factura por suministro y contribuimos a reducir los daños por escorrentía.

Cada metro cubico de agua suministrada por los servicios municipales⁶³, en países de la Unión Europea⁶⁴, supone para su potabilización y distribución y tratamiento unas emisiones de 0,4-0,6 kg de CO₂ (0,4 kg en caso de España). Es decir, ahorrar en el consumo de agua de la red o aprovechar el agua de lluvia supone evitar 0,4-0,6 kg de CO₂ por cada m³ no consumido y que evita su entrada en los sistemas de saneamiento y depuración.

También, junto a los anteriores, uno de los ejemplos clásicos de compensación por emisiones evitadas es el de las energías renovables.

Para producir un kWh en España se emiten como media del mix eléctrico peninsular 0,331 kg de CO₂⁶⁵, en Portugal 0,369 y en Letonia 0,109.

63 <http://bilans-ges.ademe.fr/docutheque/docs/%5BBase%20Carbone%5D%20Documentation%20g%C3%A9n%C3%A9rale%20v11.5.pdf>

https://canviclimatic.gencat.cat/web/,content/02_OFICINA/publicacions/publicacions_de_canvi_climatic/Estudis_i_docs/mitigacio/Aigua_i_cc/150213_Metodologia-de-calcul-emissions-consum-aigua_CAT_vf.pdf

64 Como España y Francia

65 https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Otros%20documentos/Factores_emision_CO2.pdf

En este documento elaborado en 2016 conjuntamente por los Ministerios de Industria y Energía y el de Fomento se proponen como factor de emisión representativo del Sistema Peninsular: 331 g CO₂/kWh.

Muy parecido es el dato estimado por la Oficina Catalana de Cambio Climático para el mix eléctrico peninsular de 2018. Producir un kWh en España en 2018 supuso, como media peninsular, emitir 0,321 kg de CO₂.

Cada metro cuadrado de panel para energía solar fotovoltaica produce cada año en el levante español alrededor de 270 kWh. Si aplicáramos con carácter general este factor cada metro cuadrado de panel compensa en España 89,37 kg cada año, es decir 0,09 toneladas de CO₂. En Portugal compensa cada año 99,63 kg es decir 0,10 toneladas de CO₂. El coste de instalación de un metro cuadrado de panel de energía solar fotovoltaica se sitúa en unos 140 euros. Con esta opción al tiempo que se compensan las emisiones, se reduce la factura eléctrica por cada metro cuadrado de panel en 40 euros cada año.

En definitiva, el objetivo de compensar las emisiones o poner en marcha medidas ecoeficientes de adaptación, además de necesario, puede ser económicamente rentable y esto es plenamente alcanzable debido al avance en el conocimiento científico y las nuevas tecnologías. Disponiendo de la referencia de buenas prácticas y experiencias de éxito se facilitarían la introducción de criterios ambientales en la actividad económica⁶⁶.

Objetivos de compensación a aplicar

El proyecto LIFE ADAPTATE señala que la guía debe “contribuir al objetivo final de la adaptación y mitigación a escala local a través de la inclusión de medidas eficaces en las actividades de planificación y gestión de los municipios”:

Además, estipula que: “esta acción tendrá como objetivo establecer la obligación de incluir los objetivos de reducción de emisiones para 2030 establecidos por la UE en cualquier nuevo plan y proyecto de obras o actividades, además de incluir los efectos del cambio climático y medidas de adaptación necesarias para enfrentarlo.”

Recordemos, como ya hemos señalado, que en 2014 la Unión Europea acordó reducir el 40% de las emisiones en 2030 con respecto a las de 1990, lo que supone para los sectores difusos, entre los que se encuentra los proyectos de obras y actividades sometidos a autorización municipal, la obligación de una reducción del 30% desde 2005, que tras la propuesta de reparto de esfuerzos se concreta para España en el 26% a Portugal el 17% y a Letonia el 6%.

Por esta razón, en coherencia con el acuerdo señalado, los proyectos de obras de infraestructuras y los proyectos de industrias y actividades sometidos a autorización municipal (licencia de obras y en su caso licencia de actividad) deberían incorporar entre los parámetros de diseño en el proyecto una compensación de las emisiones de alcance 1 de las obras y del alcance 1 de las emisiones de funcionamiento del 26% para España del 17% para Portugal y el 6% para Letonia. También, se debe concretar en el proyecto de obras una compensación del 100% de la destrucción de las reservas de carbono en suelo y vegetación por ocupación y transformación de suelo.

De la misma forma, en el caso de planes de urbanismo⁶⁷, la aprobación del plan o sus modificaciones debería condicionarse a que se compensen en un 26% para España, un

66 Consejo Económico y Social. Región de Murcia. “Competitividad y Cambio Climático” Página 77 y siguientes <https://www.cesmurcia.es/cesmurcia/paginas/publicaciones/UltimasPublicaciones.seam?pubId=1143&cid=497>

67 las emisiones a considerar en la fase de obras son las ocasionadas por la destrucción del almacenamiento de carbono en el suelo y la vegetación y las emisiones de alcance 1 por obras de urbanización.

Aplicación práctica

Compensación por absorción en sumideros vegetales o secuestro de carbono en el suelo

Los árboles y cultivos agrícolas y la vegetación en general, por su capacidad fotosintética, remueven o retiran CO₂ de la atmósfera, fijándolo y almacenándolo, actuando, así, como sumideros.

En un bosque, o en la actividad agrícola, parte del CO₂ que fija la planta queda almacenado en el suelo gracias a sus raíces o a la incorporación al suelo de restos de poda y cosecha, comportándose como un sumidero a largo plazo, mientras que el CO₂ necesario para el carbono contenido en el crecimiento del tronco, raíces y ramas principales se comporta como un sumidero a medio plazo. Sin embargo, el CO₂ fijado en la cosecha no se contempla a efecto de compensación ya que se comporta como un sumidero a muy corto plazo. Este es un aspecto importante del comportamiento de los sumideros, ya que el CO₂ removido por un sumidero puede volver a la atmósfera por diversos mecanismos, como por ejemplo la digestión en el caso de los alimentos que componen la cosecha o los incendios en los bosques. Por ello, no se considera que la vegetación hortícola o los cultivos de cereales acumulen carbono, ni tampoco la cosecha en el caso de los cultivos arbolados.

Una forma muy sencilla de estimar la compensación que produce una hectárea de vegetación es consultar la Decisión de la Comisión Europea de 10 de junio de 2010. Si se quiere disponer de estimaciones más detalladas para el caso de España se puede consultar la siguiente información:

La compensación de emisiones que produce una repoblación forestal se puede estimar para diferentes especies forestales consultando la información contenida en la "Guía de Proyectos de Absorción" (*) desarrollada por la Oficina Española de Cambio Climático. En ella se señala la absorción (fijación) que produciría cada unidad de una serie de especies forestales después de su crecimiento a 20, 25, 30, 35 y 40 años.

Especie	Absorciones estimadas (t CO ₂ /ha/a)					Fuente
	20 años	25 años	30 años	35 años	40 años	
Pinus canariensis	0,03	0,07	0,14	0,18	0,18	Tabla 201 del FN3 y Anexo 2 (Continúa) FN1 (5)
Pinus nigra	0,03	0,04	0,08	0,07	0,18	Tabla 201 del FN3 y Anexo 2 (Continúa) FN1 (5)
Pinus nigra Sistema Boreal	0,03	0,04	0,06	0,11	0,13	Tabla producción Matagal (5)
Pinus nigra (Forest)	0,03	0,02	0,03	0,05	0,08	Tabla 201 del FN3 y Anexo 2 (Continúa) FN1 (5)
Pinus pinaster ssp. atlantica Zona Norte interior	0,23	0,41	0,58	0,74	0,91	Tabla producción Matagal (5)
Pinus pinaster ssp. atlantica Zona Norte costera	0,33	0,54	0,80	0,81	0,92	Tabla producción Matagal (5)
Pinus pinaster ssp. monspeliensis Sistema Central	0,12	0,15	0,18	0,20	0,26	Tabla producción Matagal (5)
Pinus pinaster (Forest)	0,02	0,03	0,03	0,08	0,09	Tabla 201 del FN3 y Anexo 2 (Continúa) FN1 (5)
Pinus peuce	0,06	0,10	0,17	0,20	0,25	Tabla 201 del FN3 y Anexo 2 (Continúa) FN1 (5)
Pinus radiata	0,48	0,79	1,17	1,50	1,78	Tabla producción Matagal (5)
Pinus sylvestris Sistema Central	0,02	0,05	0,06	0,15	0,17	Tabla producción Matagal (5)
Pinus sylvestris Sistema Boreal	0,03	0,04	0,05	0,09	0,11	Tabla producción Matagal (5)
Pinus sylvestris Pirineos	0,04	0,05	0,07	0,11	0,17	Tabla producción Matagal (5)
Pinus sylvestris Alpes	0,03	0,05	0,06	0,12	0,15	Tabla 201 del FN3 y Anexo 2 (Continúa) FN1 (5)
Pinus sylvestris	0,04	0,05	0,08	0,11	0,12	Tabla 201 del FN3 y Anexo 2 (Continúa) FN1 (5)
Platanus orientalis	0,04	0,11	0,21	0,30	0,40	Asumción
Platanus hispanica	0,21	0,48	0,67	0,92	1,20	Asumción

Cuadro de la "Guía de Proyectos de Absorción" que señala la absorción (fijación) que produciría cada unidad de una serie de especies forestales después de su crecimiento a 20, 25, 30, 35 y 40 años. Fuente Ministerio para la Transición Ecológica. España

De esta forma, se puede determinar el número de árboles necesarios para compensar una determinada cantidad de emisiones medidas como CO₂ equivalente.

Es importante recordar que estas tablas solo contemplan el carbono capturado por la materia viva (vegetación aérea y raíces), por lo que no tiene en cuenta el carbono secuestrado en suelo y hojarasca que puede suponer doblar la capacidad de compensación. En terrenos forestales de la Región de Murcia estudiados por el Proyecto LIFE FOREST-CO₂, de un total de 120,9 toneladas de carbono por hectárea, 35 correspondían al sistema aéreo, 10,5 al sistema radicular, 19,93 a la materia muerta y 55,5 al carbono retenido en el suelo.

Al margen de la compensación con especies forestales, muchas especies de interés agrícola se caracterizan por poseer una alta velocidad de crecimiento, incluso superior a la de numerosas especies de vegetación de tipo natural, lo que se traduce en una importante tasa de fijación de CO₂. Las posibilidades de utilizar la agricultura para la compensación de emisiones dependerán de que las explotaciones desarrollen su actividad capturando más CO₂ que el emitido por uso de maquinaria, laboreo y abono nitrogenado. Buena parte de la agricultura y especialmente la de frutales, cítricos y demás cultivos leñosos tiene esta característica: no necesitan grandes gastos energéticos para su cultivo y son productos que, en su mayor parte, se comercializan a pie de producción en fresco, es decir poco, o nada transformados.

Como referencias cuantitativas sobre las posibilidades que ofrecen los cultivos agrícolas para la compensación de emisiones, se pueden señalar los trabajos realizados por la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT) en el, en los que se puede destacar el ejemplo del cultivo de naranjos en el que cada hectárea captura de media 20 toneladas de CO₂ al año. Suponiendo unas emisiones anuales de 5 toneladas de CO₂ al año por la propia actividad (emisiones óxido nitroso por abonado nitrogenado y combustibles fósiles de maquinaria agrícola, envasado y transporte a 1000 km). Concluiríamos que estos cultivos capturan de forma neta en un ciclo de vida de 10 años entre 100 y 150 toneladas de CO₂ por hectárea.

(*) https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guiapa_tcm30-479094.pdf

(**) Dinámica de captación de CO₂ por los cultivos de naranjo en la Región de Murcia. Alain Baille et al. UPCT. Páginas 141-155 del libro: Etiquetado de carbono en las explotaciones y productos agrícolas. La Iniciativa agricultura murciana como sumidero de CO₂ http://cambioclimaticomurcia.carm.es/pdfs/libro_lessco2.pdf

Más información en <http://www.lessco2.es/>

Compensación por emisiones evitadas

1. EMISIONES EVITADAS POR CAPTURA Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA DE LLUVIA

Como ya se ha comentado, la potabilización, puesta a disposición y depuración de agua para los nuevos planes y proyectos supone un importante consumo energético y la consecuente emisión de gases de efecto invernadero. En concreto, cada metro cubico de agua suministrada por los servicios municipales supone para su potabilización y distribución unas emisiones de 0,152 kg de CO₂ y un ahorro para el usuario de entre 2 y 3 euros. Por otra parte, cada metro cubico de agua de lluvia que por ser aprovechada no va al alcantarillado y no pasa por la depuradora municipal supone un ahorro para la Administración Municipal de 0,4 euros y unas emisiones evitadas de 0,243 kg de CO₂. En total, el ciclo urbano del agua (suministro y tratamiento del agua usada) supone unas emisiones de 0,395 kg de CO₂/m³.

A continuación, se muestran algunos ejemplos concretos:

CONSTRUCCIÓN DE UNA ROTONDA

ROTONDA DE 24 m DE DIÁMETRO EN NUEVA URBANIZACIÓN (precipitación anual 300 litros/m ² ; cuenca de recepción 2.200 m ² ; coeficiente de escorrentía 0,9)	ROTONDA ESTANDAR	ROTONDA CON APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA Y VEGETACIÓN
Coste construcción	10.500,00 €	12.500,00 €
Coste para los servicios municipales que supone la entrada de agua al alcantarillado	0,4€ x2.200m ² x0,9 escorrentiax0,3m ³ /m ² = 237,6€	
Valor del agua capturada		594m ³ X 3 €/m ³ (tarifa usuario no domestico) =1.782 €
Emisiones evitadas		594m ³ capturados x0,4kgCO ₂ /m ³ =237,6 kgCO ₂
Cobeneficios y/o costes ambientales	<ul style="list-style-type: none"> - Vertido directo al sistema de saneamiento - Efectos negativos en caso de lluvias torrenciales - Sin vegetación - Incremento efecto isla de calor urbano 	<ul style="list-style-type: none"> - Amortiguación de vertido en caso de lluvias torrenciales -Almacenamiento para riego y baldeo Rotonda con vegetación Reducción efecto isla calor urbano por incremento de evapotranspiración Retorno del sobrecoste en 2 años

CONSTRUCCIÓN DE UNA ROTONDA

ROTONDA DE 24 m DE DIÁMETRO EN NUEVA URBANIZACIÓN (precipitación anual 300 litros/m²; cuenca de recepción 2.200 m²; coeficiente de escorrentía 0,9)	ROTONDA ESTANDAR	ROTONDA CON APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA Y VEGETACIÓN
Coste construcción	10.500,00 €	12.500,00 €
Coste para los servicios municipales que supone la entrada de agua al alcantarillado	0,4€ x2.200m ² x0,9 escorrentiax0,3m ³ /m ² = 237,6€	
Valor del agua capturada		594m ³ X 3 €/m ³ (tarifa usuario no domestico) =1.782 €
Emisiones evitadas		594m ³ capturados x0,4kgCO ₂ /m ³ =237,6 kgCO ₂
Cobeneficios y/o costes ambientales	<ul style="list-style-type: none"> - Vertido directo al sistema de saneamiento - Efectos negativos en caso de lluvias torrenciales - Sin vegetación - Incremento efecto isla de calor urbano 	<ul style="list-style-type: none"> - Amortiguación de vertido en caso de lluvias torrenciales -Almacenamiento para riego y baldeo Rotonda con vegetación Reducción efecto isla calor urbano por incremento de evapotranspiración Retorno del sobrecoste en 2 años

CONSTRUCCIÓN DE UN APARCAMIENTO ASFALTADO

APARCAMIENTO 1000 m² - 50 PLAZAS (precipitación anual 300 l/m²; coeficiente de escorrentía 0,9)	INSTALACIÓN ASFALTO ESTÁNDAR	INSTALACIÓN PERMEABLE CON CAPTURA Y APROVECHAMIENTO AGUA DE LLUVIA
Coste de instalación	25.000 €	13.600 € (viales de zahorra compactada y pavimento drenante y vegetación)
Agua capturada	0	270 m ³
Coste para los servicios municipales que supone la entrada de agua al alcantarillado	0,4 € x 270 m ³ =108 €	
Valor del suministro de agua Capturada (tarifa usuario no domestico)		3 € x 270 m ³ =810 €
Emisiones evitadas		270 m ³ capturados x 0,4kgCO ₂ /m ³ =108 kgCO ₂
Costes ambientales/cobeneficios	<ul style="list-style-type: none"> - Contribución al incremento de isla de calor urbano - Contribución a inundaciones locales por elevado coeficiente de escorrentía 	<ul style="list-style-type: none"> - Retención de la precipitación, almacenamiento y posterior aprovechamiento - Reducción de isla de calor urbano por incremento de la evapotranspiración

ESPACIO PAVIMENTADO EN ÁREA COMERCIAL

ESPACIO PAVIMENTADO EN ZONAS COMERCIALES O INDUSTRIALES 2000m² (1500 pavimento y 500 jardín. Precipitación anual 333 l/m². Coeficiente escorrentía pavimento 0,9)	PAVIMENTO IMPERMEABLE (parterre elevado)	PAVIMENTO PERMEABLE CON CAPTURA Y APROVECHAMIENTO AGUA DE LLUVIA (deposito enterrado de 50m³ y Jardín con parterre deprimido para recogida agua lluvia)
Coste de construcción deposito 50m ³		8.000€
Agua capturada		1.500m ² x0,9 escorrentiax0,333m ³ /m ² = 405 m ³
Coste para los servicios municipales que supone la entrada de agua al alcantarillado	0,4€ x1500m ² x0,9 escorrentiax0,333m ³ /m ² =162€	
Coste de riego 500 m ² de jardín	500m ² x1m ³ /año/m ² jardinx1,6€ (solo suministro) /m ³ =800€ 500m ² x1m ³ /año/m ² jardinx3€-tarifa completa (suministro y saneamiento) /m ³ =1.500€	
Ahorro total año		800€ con tarifa solo suministro 1.500€ con tarifa completa usuario no domestico
Periodo de retorno de la inversión en construcción deposito 100m ³		5 años
Emisiones evitadas por utilización de agua de lluvia		449,5m ³ capturados x0,4kgCO ₂ /m ³ =179,8 kgCO ₂
Cobeneficios y/o costes ambientales	- Vertido directo al sistema de saneamiento - Contribución a efectos negativos en caso de lluvias torrenciales	- Ahorro de agua y emisiones asociadas - Amortiguación de vertido en caso de lluvias torrenciales

CAPTURA DE AGUA EN CUBIERTAS DE EDIFICIOS

Superficie m²	Precipitación anual en mm	m³ capturados/año	Emisiones evitadas kg CO₂/m³	Beneficio ambiental kg CO₂/año	Beneficio económico en €/año
1.000	313	313	0,4	125	939

EXPLOTACIÓN GANADERA DE PORCINO

EXPLOTACIÓN GANADERA DE PORCINO (3.600 PLAZAS DE CEBOS) -Superficie de cubiertas de los edificios 5.500 m ² -Precipitación anual 330 l/m ² ;	INSTALACIÓN SIN CAPTURA DE AGUA DE LLUVIA	INSTALACIÓN CON CAPTURA Y APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA EN RIEGO SETO PERIMETRAL Y OTROS USOS
Coste de instalación depósito de 30m ³	0€	4.000€
Agua recogida	0	1.815m ³
Valor de agua capturada	0€	1.815 m ³ x 1,5€/m ³ =2.722€
Emissiones evitadas	0	1.815 m ³ x 0,4kgCO ₂ /m ³ =726 kgCO ₂
Periodo de retorno de la inversión en construcción depósito 30m ³		1,5 años

2. EMISIONES EVITADAS POR GENERACIÓN DE ENERGÍA A BASE DE ENERGÍA RENOVABLE. EL CASO DE LA SOLAR FOTOVOLTAICA

Las condiciones climáticas locales y las opciones tecnológicas de las energías renovables, con multitud de tamaños y potencias de los equipos individuales (desde los 5-10 kW de instalaciones solares térmicas o fotovoltaicas en entornos urbanos, hasta los 1,5 MW de los aerogeneradores eólicos), pueden favorecer su incorporación en planes y proyectos de diferentes sectores y en diferentes situaciones. Una de las opciones de emisiones evitadas a través de energías renovables es la instalación de energía solar fotovoltaica que permita el autoconsumo de energía eléctrica.

Desde la perspectiva del nuevo plan o proyecto, el autoconsumo puede ser una alternativa económica más ventajosa que el suministro tradicional de electricidad exclusivamente desde la red. El coste de instalación de un metro cuadrado de panel de energía solar fotovoltaica se sitúa en unos 140 euros. Con esta opción, al tiempo que se compensan las emisiones se reduce la factura eléctrica en torno a 40 €/m² cada año.

Por otro lado, para producir un kWh en España se emiten como media del mix eléctrico peninsular 0,331 kg de CO₂, en Portugal 0,369 y en Letonia 0,109.

A continuación, se recogen algunos ejemplos:

Alumbrado solar

CONSUMO EVITADO	1 luminaria de 100W x 4380 horas/año =438 kWh/año
EMISIONES EVITADAS ESPAÑA (0,331 kg de CO ₂ /kWh)	438 kWh/año x 0,331 kg de CO ₂ /kWh = 145,0 kg CO ₂
EMISIONES EVITADAS PORTUGAL (0,369 kg de CO ₂ /kWh)	438 kWh/año x 0,369 kg de CO ₂ /kWh = 161,6 kg CO ₂
EMISIONES EVITADAS LETONIA (0,109 kg de CO ₂ /kWh)	438 kWh/año x 0,109 kg de CO ₂ /kWh = 47,7 kg CO ₂
AHORRO EN FACTURA ELÉCTRICA	0,15 euros/kW x 438 kWh/año = 65,7 euros/luminaria/año

Compensación mediante energía solar de la destrucción de sumidero por ocupación de suelos en España (centro industrial o comercial de 10.000 m²)

Contenido en tC/ha	Equivalencia en tCO ₂	Toneladas de CO ₂ /año a compensar (10 años mediante emisiones evitadas por energía solar)	Superficie de placas solares necesarias en m ²	Coste en euros	Valor de la energía generada cada año
25	90	9	14	2.736	423
21	75	7,5	12	1.728	352

3. EMISIONES EVITADAS POR SUSTITUCIÓN DE ABONADO DE SÍNTESIS GRACIAS A LA APLICACIÓN DE PURINES Y ESTIÉRCOL EN LA AGRICULTURA

Un ejemplo de compensación por emisiones evitadas es la aplicación de purines y estiércol en la agricultura (modo de compensación que es utilizado habitualmente en los proyectos de ganadería) cuyo aporte, 3-5,7 kg N/m³ de purín, sustituye la necesidad de suministrar una parte del abonado nitrogenado de síntesis que de esta forma no es necesario fabricar ni transportar hasta los cultivos.

La fabricación de abonos minerales supone importantes emisiones de CO₂. Se barajan cifras de entre 5 y 10 kg de CO₂eq/por kg de nitrógeno producido en fabrica (*), lo que puede suponer unas emisiones evitadas de hasta 57 kg de CO₂eq (entre 15 y 50, normalmente).

El ahorro de abonado mineral supone, por tanto, evitar emisiones por fabricación y transporte de abonos que de esta forma deja de ser necesario. La utilización del purín como enmienda orgánica es una práctica ecoeficiente, que permite una sustitución total o parcial de la fertilización mineral, evitando emisiones al tiempo que se realiza la gestión del purín producido. El purín generado por un cerdo de cebo al año contiene unos 10 kg de nitrógeno y 27 si se trata de cerdas reproductoras criando.

(*) http://www.unizar.es/centros/eps/doc/HuelladeCarbonoLALGranadaSept2010_d.pdf

4. EMISIONES EVITADAS POR RECUPERACIÓN DE RECURSOS DE LOS RESIDUOS

También, en sectores dedicados a la gestión de residuos la recuperación de recursos contenidos en los residuos genera emisiones evitadas. Para este tipo de emisiones evitadas se pueden tomar como factores de emisión los considerados en la base de datos oficial de la Administración Ambiental del Gobierno Francés "Base Carbone 2019".(*)

Recursos contenidos en los residuos. Material recuperado	Emisiones evitadas (toneladas de CO ₂ eq/año) por tonelada de material recuperado
Cartón	0
Papel	0
Plásticos mezclados	-2,181
PET	-3,068
Vidrio	-0,514
Metales férricos (con acero)	-1,273
Metales no férricos (con aluminio)	-7,241
Compost	-0,035

(*) <http://www.bilans-ges.ademe.fr/en/accueil>

17% para Portugal o un 6% para Letonia, las emisiones de alcance 1 generadas por las obras del proyecto de obras de urbanización. Igualmente, se debe concretar en el proyecto de obras de urbanización una compensación del 100% de las emisiones por ocupación del suelo (destrucción del stock de carbono acumulado en suelo y vegetación).

Forma en que debe quedar condicionada la compensación

Tanto si se opta por la compensación mediante emisiones evitadas, como mediante el incremento o manejo de la capacidad de sumidero, su concreción requiere un anejo específico que se debe exigir que se incorpore a los proyectos de obras.

Para garantizar el cumplimiento de esta obligación, la aprobación del proyecto y en consecuencia la licencia de obras y en su caso la de actividad, o la aprobación del proyecto de obras de urbanización, quedará condicionada a que se incluya, con detalle de proyecto constructivo, la forma en que se llevará a cabo la compensación señalada.

El presupuesto del proyecto debe incorporar los aspectos relacionados con la opción de compensación seleccionada. La evaluación económica de las medidas preventivas, correctoras y compensatorias propuestas en relación al cambio climático formarán parte de los costes que se tomarán como base para calcular y constituir cualquier garantía o fianza que a juicio del ayuntamiento pueda proceder.

Compensación de la destrucción de sumideros y de las emisiones de alcance 1 por obras

- Determinación de las emisiones generadas por destrucción de sumideros y por realización de obras
 - o Determinación de las emisiones generadas por destrucción de sumideros
 - o Determinación de la huella de carbono de alcance 1 de las obras.
- Aplicación de la compensación
 - o Opciones de compensación: aprovechamiento de las energías renovables, reducción del consumo de agua, absorción en sumideros vegetales o sequestro de carbono en el suelo, etc.
 - o Objetivos de compensación a aplicar. España: 26%, Portugal: 17%, Letonia: 6%
 - o Forma en que debe quedar condicionada la compensación: anejo específico incorporado a los proyectos de obras.

2.4. OBJETIVO CONCRETO. REDUCIR EL USO DEL VEHÍCULO PRIVADO Y DOTAR DE INFRAESTRUCTURA PARA LA ELECTRIFICACIÓN DE LA MOVILIDAD

Dentro de los sectores difusos el de mayores emisiones, el transporte por carretera debe centrar una parte más importante de los esfuerzos en mitigación (movilidad sostenible, incrementar los desplazamientos a pie, en bicicleta y apoyar el vehículo eléctrico) y dentro del transporte por carretera, el de mayor responsabilidad es el vehículo privado. Además, esto no solo es aplicable a las emisiones de gases de efecto invernadero, sino también a contaminantes peligrosos para la salud como las partículas en suspensión y los óxidos de nitrógeno.

En el caso de España, las emisiones por consumo de carburantes de automoción, calculadas a partir del consumo reflejado en la Encuesta de Presupuestos Familiares⁶⁸, supone como media más de una tonelada de CO₂eq⁶⁹ por persona y año (el gasto medio anual en carburante por persona en la Región de Murcia se sitúa como media de los últimos 5 años en 540 €). (755 € de media en Europa)

Por todo lo anterior, uno de los objetivos estratégicos debería ser el de focalizar los esfuerzos de mitigación en reducir el uso del vehículo privado.

Como se ha señalado, el tráfico urbano en el que el vehículo privado es el protagonista, además de ser el más importante emisor de gases de efecto invernadero, es un emisor de peligrosos contaminantes para la salud. A diferencia de los grandes focos de emisión industriales, el coche emite en el centro de las ciudades y cerca de donde respira la población⁷⁰.

La reducción de emisiones de gases de efecto invernadero lleva aparejados, en consecuencia, beneficios directos para la salud. Es conocido que los niveles actuales de contaminación atmosférica tienen una responsabilidad directa sobre la factura de los servicios públicos de salud y de la Seguridad Social, suponiendo un importante porcentaje de visitas a centros hospitalarios y centros de salud, y de la necesidad de medicación y bajas laborales.

Una reducción de emisiones de CO₂ del 10 %, llevaría asociada una reducción de 10% y 17% en partículas finas menores de 2,5 y 10 micras (PM2.5 y PM10), respectivamente, así como una reducción del 15% de las emisiones de óxidos de nitrógeno. Si a esta reducción de emisiones se le aplicase el rango monetario asociado a los daños evitados a la salud (disminución de la mortalidad y enfermedades asociadas, así como del gasto sanitario

68 La huella de carbono generada por el consumo familiar (paginas 67-75) en "Competitividad y Cambio Climático". Cuadernos del Consejo Económico y Social de la Región de Murcia. 2016.

<https://www.cesmurcia.es/cesmurcia/paginas/publicaciones/UltimasPublicaciones.seam?pubId=1143&cid=497>

Para datos hasta 2018 consúltese el siguiente enlace: <https://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=25145&L=0>

69 Ver Anexo

70 "Reflexiones acerca de los grandes condicionantes ambientales de la salud. Visión retrospectiva y perspectiva de futuro" Discurso de ingreso en la Real Academia de Medicina y Cirugía de Murcia.

http://cambioclimaticomurcia.carm.es/index.php?option=com_k2&view=item&task=download&id=407_f7d7ee5d91bd-7b835b928c817d26de1e&Itemid=303

derivado de los tratamientos médicos y el coste de las bajas laborales), se obtendrían importantes ahorros⁷¹.

En conclusión: reducir el 10% de las emisiones de CO₂ del tráfico en el centro de las ciudades implicaría un destacado ahorro en el gasto sanitario⁷².

El objetivo asignado a España por la Unión Europea es reducir a 2030 un 26% y seguramente del orden de 3 veces más a 2050. Siguiendo el razonamiento del párrafo anterior, si se alcanzara en 2030 una reducción del 26% en las emisiones del tráfico urbano se habrían reducido notablemente los episodios de contaminación atmosférica en el centro de las ciudades.

En relación con los beneficios que se generan para la sociedad con el impulso de la movilidad sostenible con el uso de la bicicleta, se puede citar el reciente estudio *“Transiciones de transporte en Copenhague: comparando el costo de los automóviles y las bicicletas”*⁷³ realizado por Stefan Gössling, de la Universidad de Lund (Copenhague), y Andy S. Choi de la Universidad de Queensland. Este trabajo ha sido desarrollado para ayudar en los análisis de rentabilidad social de la construcción de nuevas infraestructuras para utilizar la bicicleta. Los autores estudiaron cuánto cuestan los automóviles a la sociedad comparados con las bicicletas en términos de contaminación del aire, cambio climático, ruido, desgaste de infraestructuras, salud y congestión en Copenhague. Como conclusión, muestran que un kilómetro en automóvil cuesta 0,15 euros a la sociedad, mientras que la sociedad gana 0,16 euros por cada kilómetro recorrido si se utiliza la bicicleta.

Una de las opciones, a medio plazo, en las que descansan una buena parte de las esperanzas de la economía baja en carbono aplicada al tráfico es el vehículo eléctrico.

Las estrategias que han desarrollado la mayor parte de los países europeos para el aumento de ventas de coches eléctricos son: ayudas para extender las infraestructuras de recarga, tramitación de las ayudas con celeridad por parte de la administración y fabricantes, información y campañas sobre la ecoeficiencia aportada por este tipo de vehículos, la expansión de los puntos de recarga y la aplicación de restricciones a la circulación de los coches más contaminantes en el centro de las ciudades.

Aunque las ayudas para la adquisición de vehículos eléctricos se gestionan por la Administración Estatal, hay un importante margen de impulso desde la Administración municipal⁷⁴ que deberían ponerse en marcha por su importante contribución a la reducción

71 Orden de magnitud similar a los obtenidos con estudios similares y recientes publicados por la Organización Mundial de la Salud.” OMS y OECD (2015) Economic cost of the health impact of air pollution in Europe: Clean air, health and wealth, WHO Regional Office for Europe.

72 Véase pagina 54 y siguientes en “Reflexiones acerca de los grandes condicionantes ambientales de la salud. Visión retrospectiva y perspectiva de futuro”
http://cambioclimaticomurcia.carm.es/index.php?option=com_k2&view=item&task=download&id=407_f7d7ee5d91bd-7b835b928c817d26de1e&Itemid=303

73 https://www.researchgate.net/profile/Stefan_Goessling2/publication/274097090_Transport_transitions_in_Copenhagen_Comparing_the_cost_of_cars_and_bicycles/links/552beae70cf21acb091ec083/Transport-transitions-in-Copenhagen-Comparing-the-cost-of-cars-and-bicycles

74 Por ejemplo, dificultando el tráfico urbano de vehículos contaminantes.

de la contaminación atmosférica en las ciudades y por el reflejo positivo en el inventario regionales y nacionales de gases de efecto invernadero.

En definitiva, reducir la flota de vehículos contaminantes y el número de vehículos en circulación es una apuesta inteligente para conseguir menos daño para la salud, menor contribución al efecto invernadero, mayor ahorro en la factura de los servicios de salud y mayor reducción del déficit comercial por la importación de petróleo.

La meta que se debe perseguir es impulsar y apoyar los modos de transporte con menores emisiones de gases de efecto invernadero fomentando los desplazamientos a pie y el desarrollo de planes de movilidad sostenible a nivel empresarial y de centros de actividad y a nivel municipal y el apoyo al vehículo eléctrico y al uso de la bicicleta a través de medidas de discriminación positiva.

Por las razones anteriores, las medidas concretas que se proponen en relación con la autorización municipal de planes y proyecto de obras o actividades son los siguientes:

- Obligación de que los “centros de atracción de viajes” redacten Planes de movilidad sostenible.

Los espacios donde se desarrollan las actividades laborales (polígonos industriales) y de enseñanza (primaria, secundaria y universitaria), son grandes puntos de atracción de viajes. Otros puntos con gran afluencia de viajes, al menos en la movilidad interna, son los desplazamientos hasta los hospitales y centros de salud y los grandes centros comerciales, culturales y deportivos. Estos viajes se realizan mayoritariamente en vehículo privado, siendo su ocupación muy baja. Se pueden poner como ejemplo las estimaciones realizadas para la ciudad de Lorca ⁷⁵.

Para conseguir una reducción de los viajes en coche cotidianos a estos grandes “centros de atracción de viajes” es necesario que elaboren Planes de Movilidad para incrementar los desplazamientos de los trabajadores o visitantes por desplazamientos a pie o bien otros modos de transporte más sostenibles.

Se propone incorporar una nueva medida de aplicación a las actividades que soliciten licencia o licencia de ampliación de la actividad o de obras, de los sectores señalados identificados por cada municipio como “centros de atracción de viajes,” como es la obligación de que se redacte un Plan de movilidad sostenible, que reduzca la movilidad obligada y aporte alternativas al transporte basado en el vehículo privado. El Plan de movilidad sostenible formará parte de la memoria que deberá presentarse para solicitar la licencia o el cambio en la licencia de actividad o de obras como Anejo específico (con el nombre de anejo: Plan de movilidad sostenible).

Para garantizar el cumplimiento de esta obligación, la aprobación de la licencia de obras o actividad o su modificación quedará condicionada a que se incluya el anejo señalado y se asuma la ejecución de las medidas que el propio Plan de movilidad sostenible proponga.

⁷⁵ El Plan de Movilidad Urbana Sostenible de Lorca ha determinado que estos viajes se realizan mayoritariamente en coche, siendo su ocupación muy baja, una media de 1,22 ocupantes en los viajes por motivo trabajo, lo que genera problemas de congestión en las principales arterias de salida y entrada, y problemas de aparcamiento en los destinos.

-Obligación de incorporar infraestructuras para la electromovilidad.

En relación con la infraestructura para la electromovilidad en edificios en la concesión de licencias de obras se aplicará el artículo 8 de la Directiva (UE) 2018/844 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética ⁷⁶.

Como se comentaba en el punto anterior, uno de los costes ambientales relacionados con las emisiones de gases de efecto invernadero más claros por la localización de zonas y centros de actividad a cierta distancia de los núcleos tradicionales ⁷⁷ deriva de las emisiones por movilidad obligada ⁷⁸. Los proyectos de industrias y actividades generadores de movilidad obligada deben contemplar como objetivo alcanzar o contribuir a la movilidad sostenible, colaborando, entre otros, en una movilidad electrificada, compartida o a pie y en bicicleta.

Con independencia de las obligaciones señaladas por Directiva (UE) 2018/844, la generación de movilidad obligada por “*centros de atracción de viajes*” justifica la aplicación de mayores niveles de exigencia en relación con la electromovilidad.

En consecuencia, en los casos de planes y proyectos sometidos a autorización municipal que supongan una importante movilidad obligada (*centros de atracción de viajes*), se propone incorporar en las resoluciones de licencia de obras o actividad la obligación de que los aparcamientos deberán contemplar el equipamiento para la electromovilidad en al menos una de cada 10 plazas.

Para garantizar el cumplimiento de esta obligación, las resoluciones pueden incluir que la aprobación del proyecto de obras de urbanización en el caso del planeamiento urbanístico o el proyecto constructivo en el caso de industrias y actividades como grandes centros comerciales y en general “*centros de atracción de viajes*” quede condicionada a que se incluyan los aspectos señalados en relación con la electromovilidad.

⁷⁶ <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L2018-81023>

En España se tomará en consideración en relación con la aplicación de la Directiva (UE) 2018/844, el Real Decreto 1053/2014, de 12 de diciembre, por el que se aprueba una nueva Instrucción Técnica Complementaria (ITC) BT 52 «Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos», del Reglamento electrotécnico para baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, y se modifican otras instrucciones técnicas complementarias del mismo

⁷⁷ Núcleos que están dotados de los servicios que demandara la urbanización como sanitarios, alimentación, enseñanza, comercio, etc.

⁷⁸ Las estrategias y directrices de ámbito europeo y nacional en materia de Medio Ambiente Urbano aconsejan, desde hace años, un modelo urbanístico que no multiplique los centros de actividad fuera y alejados de núcleos urbanos existentes y de otros centros de actividad consolidados. Estos nuevos núcleos de actividad de muy baja densidad producen una importante factura ambiental derivada de la movilidad obligada. Igualmente, las necesidades de nuevas infraestructuras y funcionamiento de servicios urbanos (suministro de agua, electricidad, telecomunicaciones, alcantarillado, recogida de residuos, etc.), diferentes de los ya dotados en el núcleo histórico, suponen elevados costes económicos y ambientales. Son decisiones que van en contra de la ecoeficiencia. En este sentido, se manifiestan los documentos estratégicos aprobados por la Administración del Estado en España entre los que se pueden destacar:

- Estrategia Española de Sostenibilidad Urbana y Local (EESUL)
- Estrategia de Medio Ambiente Urbano de la Red de Redes de Desarrollo Local Sostenible (EMAU)
- Libro Verde de Sostenibilidad Urbana y Local en la Era de la Información
- Portal del conocimiento Ecurbano. Sistema Municipal de Indicadores de Sostenibilidad Urbana y Local

Reducir el uso del vehículo privado y dotar de infraestructura para la electrificación de la movilidad

- Obligación de que los “centros de atracción de viajes” redacten planes de Omovilidad sostenible
- Obligación de incorporar infraestructuras para la electromovilidad

2.5. OBJETIVO CONCRETO. INCORPORAR EDIFICIO A EDIFICIO A TRAVÉS DE LAS LICENCIAS DE OBRAS, MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN

La edificación constituye un sector importante y especialmente en cuanto a las emisiones asociadas al funcionamiento durante la vida útil de los edificios (al menos durante 50 años). Las emisiones durante el funcionamiento son del orden de 1500 kg de CO₂eq por m² construido. En total, esto supone tres veces más que las emisiones necesarias para su construcción, que se estiman en unos 500 kg de CO₂eq por m² construido.

Sin embargo, a efectos de esta guía solo nos interesan las emisiones directas (de directa responsabilidad, alcance 1 de la huella de carbono) por ejemplo las generadas por el consumo de combustibles fósiles por la maquinaria en la fase de construcción. El resto de emisiones ya están contabilizadas en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero a otras instalaciones emisoras. Es el caso de las importantes emisiones para fabricar los materiales de construcción utilizados (por ejemplo, instalaciones productoras de material cerámico, cemento etc.) que lógicamente deben, para evitar doble contabilidad, asignarse a sus verdaderos responsables, los fabricantes de cemento o cerámica.

Es fácil incorporar medidas de adaptación para la fase de funcionamiento si se tiene en cuenta en el diseño. Estas medidas pueden ser útiles para mitigación y también para la adaptación. Por ejemplo, un edificio eficiente energéticamente por su envolvente térmica reducirá sus emisiones de alcance 1 por uso de combustibles fósiles para calefacción en las fases de funcionamiento. Además, este será un edificio más adaptado al incremento futuro de temperaturas extremas y en consecuencia menos vulnerable. De la misma forma, el diseño eficiente energéticamente no está reñido con la captura y aprovechamiento del agua de lluvia de las cubiertas.

Por lo tanto, una oportunidad de conectar mitigación y adaptación con la obligación legal del edificio de consumo de energía casi nula es a través de las licencias de obras, exigiendo la compensación de las emisiones de alcance 1 por las obras de edificación (mitigación) y la recogida y utilización del agua de lluvia (adaptación), junto a las medidas relacionadas con el bajo consumo energético o consumo de energía casi nulo. Recordemos que, en cualquier caso, los aspectos de consumo de energía casi nulo⁷⁹ ya serán exigibles gracias a lo dispuesto en la Directiva 2010/31/UE sobre “Edificios de consumo de energía casi

79 edificio de consumo de energía casi nulo “aquel edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto, que se determinará de conformidad con el anexo I de la citada Directiva. La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida «in situ» o en el entorno”.

nulo⁸⁰” para todos los edificios nuevos. Esta obligación ya es aplicable a los inmuebles públicos construidos a partir del 31 de diciembre de 2018 y a todos los edificios nuevos de titularidad privada a partir del 31 de diciembre de 2020.

En consecuencia, se propone aplicar, edificio a edificio, a través de las licencias de obras, medidas para la adaptación como:

- Compensación de las emisiones de alcance 1 por las obras de edificación
- Recogida y utilización del agua de lluvia y en su caso, aguas grises

Con independencia de aplicar, edificio a edificio, a través de las licencias de obras, medidas para la adaptación y para reducir la contribución de la edificación a las emisiones, estas se deben incorporar a la normativa urbanística de cada nuevo plan.

El nuevo planeamiento urbanístico debe incluir entre sus normas la obligación de condicionar las licencias de obras de los edificios a que estos incorporen medidas concretas de mitigación y adaptación, exigiendo, por ejemplo, entre otros aspectos, la compensación de las emisiones de alcance 1 de las obras y la recogida y utilización del agua de lluvia junto a las medidas relacionadas con el bajo consumo energético. Se hace por tanto recomendable que se incorporen estas medidas, salvo justificación de inviabilidad técnica o económica, en todas las solicitudes de licencia de obras.

Es importante generar las bases para que el propio urbanismo esté acorde a las nuevas condiciones que impone la economía baja en carbono y con las necesarias medidas de adaptación. De las decisiones en materia de urbanismo, depende buena parte de las emisiones de un conjunto de sectores difusos, entre los que destaca el transporte. También de las condiciones del urbanismo de hoy dependerán los costes de adaptación del futuro.

Por esta razón, es imprescindible la incorporación de criterios más ecoeficientes y sostenibles en la aprobación del planeamiento urbanístico para que contribuya a reducir las emisiones del metabolismo de la ciudad y a la adaptación al cambio climático.

Incorporar, edificio a edificio, a través de las licencias de obras, medidas de mitigación y adaptación

- Compensación de las emisiones de alcance 1 por las obras de edificación
- Recogida y utilización del agua de lluvia y en su caso, aguas grises

80 Hay que tener en cuenta que la DIRECTIVA (UE) 2018/844 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 30 de mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética

2.6. OBJETIVO CONCRETO. APLICAR LOS ESCENARIOS FUTUROS DE SUBIDA DEL NIVEL DEL MAR EN LA TOMA DE DECISIONES URBANÍSTICAS EN LA COSTA E INICIAR LA ADAPTACIÓN DE ESPACIOS URBANOS E INFRAESTRUCTURAS PREVISIBLEMENTE AFECTADOS

Subida del nivel del mar

Para poder tomar decisiones en la gestión municipal sobre las necesidades de adaptación, es fundamental recabar información sobre los principales cambios que se esperan a consecuencia del calentamiento global. Uno de estos cambios es la subida del nivel medio del mar. En la actualidad, el mar sube medio centímetro cada año como nos indican los mareógrafos de la Red de Puertos del Estado: 0,631 cm/año de media en los últimos 30 años, en el puerto de Barcelona y 0,55 en el de Valencia. El IPCC, en su Quinto informe, prevé una subida del nivel medio del mar de hasta 98 centímetros para finales de este siglo.

Dentro de las decisiones sobre adaptación en los municipios costeros, tienen particular significación y peso las dirigidas a la gestión de los usos del suelo colindantes con la línea de costa, dado que, en el futuro, se espera la inundación permanente y ocasional de parte del espacio urbano costero según se desprende de las previsiones elaboradas por Naciones Unidas (IPCC), Unión Europea, Administraciones Ambientales Estatales y Regionales y Centros de Investigación.

La vulnerabilidad es específica para un lugar determinado y las actividades que allí se desarrollan y dependerá de sus características.

En el futuro y a consecuencia de este incremento del nivel del mar, podrían ser necesarias actuaciones dirigidas a espacios urbanos concretos. Estas intervenciones son complejas, en muchos casos inviables y siempre limitadas a escalas espaciales muy reducidas. Es conocido que las intervenciones tempranas son mucho menos costosas que las tardías. Por esta razón, dado que la subida del nivel del mar es un impacto inevitable y que se incrementará con cada década que pase (se prevé que el nivel medio de subida anual se acelere a final de siglo⁸¹), se ha de empezar a trabajar en propuestas de medidas de adaptación y prevención.

Los objetivos generales de esta acción son por tanto dobles, por un lado, delimitación concreta del alcance de inundación y, por otro lado, la propuesta de las posibles medidas de adaptación y prevención ante la subida del nivel del mar en el espacio urbano. Entre el catálogo de posibles medidas habrá de incluirse en determinados puntos la redefinición de la línea edificada en la costa, en especial donde no se ha ejecutado el planeamiento aprobado.

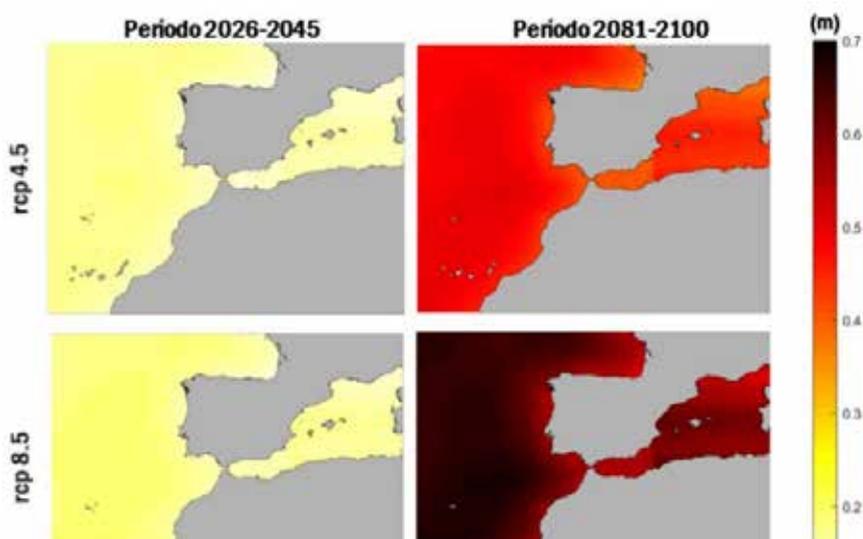
Además, del ascenso del nivel medio del mar que generará un estado de inundación permanente debe considerarse la amplificación del efecto de los temporales. Por esta razón, para la caracterización de la cota de inundación, como nivel máximo del mar (no permanente), para la autorización municipal de un determinado proyecto o figura de planeamiento urbanístico se debe estudiar la aportación adicional que hace el oleaje o la marea astronómica y

81 (IPCC. Bases Físicas Grupo I. Quinto Informe, 2013).

la meteorológica y la probabilidad de que estos coincidan⁸² en su opción más desfavorable para el conjunto de los años horizonte.

Por las razones anteriores, se propone que la Administración Municipal incorpore al planeamiento urbanístico y a la concesión de aprovechamiento urbanístico y licencias de obras el conocimiento generado en cada momento por la Administración Ambiental de cada país.

Como es en el caso de España, donde en julio de 2019 se hizo pública por el Ministerio para la Transición Ecológica para los escenarios climáticos RCP4.5 y RCP8.5 para los periodos 2026-2045 y 2081-2100.



En la imagen se muestra el aumento en el nivel medio del mar (NMM) para los dos escenarios (RCP 4.5 y RCP 8.5) y periodos temporales analizados (2026-2045 y 2081-2100). Los cambios se expresan respecto al valor medio del nivel del mar en el periodo de control 1986-2005. Fuente: Elaboración de la metodología y bases de datos para la proyección de impactos de cambio climático a lo largo de la costa española. Proyecciones de alta resolución de variables marinas en la costa española. Ministerio Para la Transición Ecológica.

https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-costa/tarea_2_informe_pima_adapta_mapama_tcm30-498855.pdf

En el caso de la Región de Murcia con independencia de la información que se aporte en el futuro⁸³ en el momento actual se deben considerar los trabajos desarrollados por este

82 Dado que la marea astronómica, meteorológica y el incremento del nivel medio del mar inducido por el cambio climático no pueden considerarse independientes entre sí, existiendo una elevada correlación estadística entre ellos, se puede optar por sumar los efectos correspondientes.

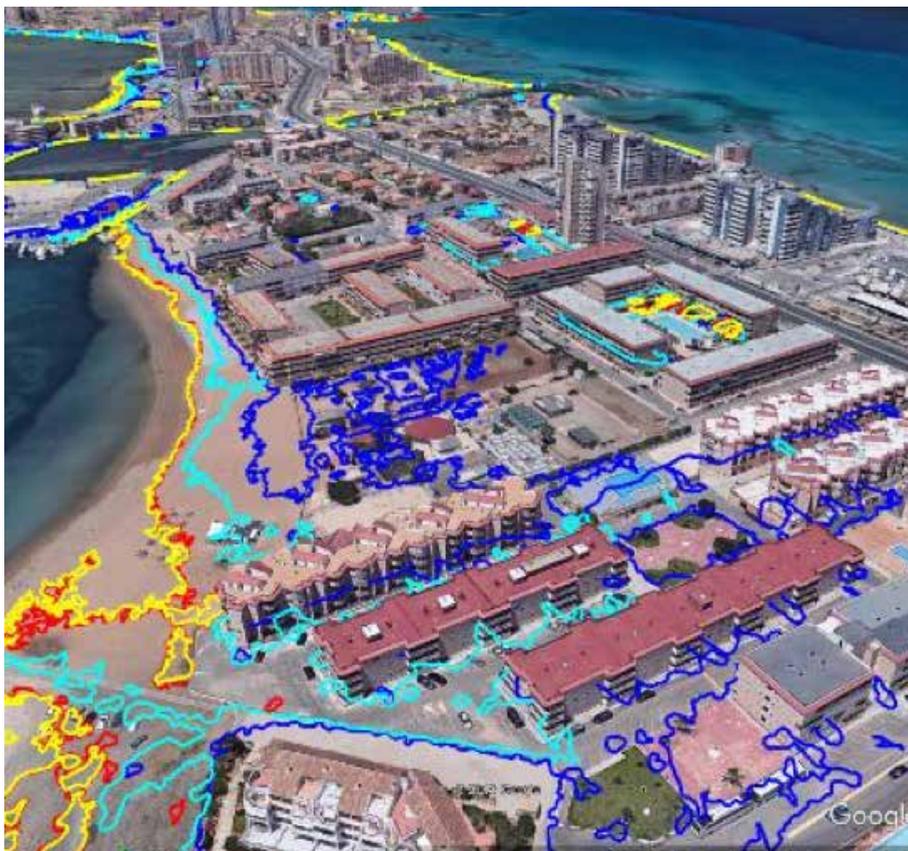
83 De forma complementaria a los trabajos comentados, el departamento de cambio climático de la Región de Murcia en el marco del Plan de Impulso al Medio Ambiente PIMA ADAPTA COSTAS del Ministerio para la Transición Ecológica, con la financiación asignada por el Consejo de Ministros, está elaborando con el apoyo del Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria un diagnóstico de precisión sobre la vulnerabilidad y riesgo, y las posibles medidas de adaptación de todo el litoral de la región. La Manga del Mar Menor es considerada una de las áreas vulnerables del litoral mediterráneo español a efectos del calentamiento global. El objetivo a corto plazo debe ser, cuantificar la exposición, la vulnerabilidad y el riesgo y proponer las medidas de adaptación y prevención frente al cambio climático.

proyecto LIFE ⁸⁴. En concreto se tomarán como referencia las predicciones para 2050 de Nivel Medio del Mar para diferentes escenarios y el nivel máximo del mar (no permanente) en la Manga del Mar Menor (Termino Municipal de Cartagena), termino municipal de Lorca y playa de Calabardina y ciudad de Águilas del término municipal de Águilas. Estos trabajos contemplan que el nivel medio del mar en el levante español se situaría en 2050 entre 58 y 60 centímetros y para finales de este siglo entre 83 y 104 centímetros sobre el nivel de referencia para los instrumentos topográficos. Es decir, un incremento sobre la altura actual de entre 33 y 35 cm para 2050 y entre 58 y 79 cm para 2099.

Los trabajos desarrollados por este proyecto LIFE han permitido desarrollar la cartografía de detalle de suelo inundado que permite visualizar el alcance territorial del nivel medio del mar en los diversos escenarios de emisiones y temporales.



84 Aplicación a la cartografía de precisión de las conclusiones del trabajo de UNIVERSITAT DE LES ILLES BALEARS (*Estudio del aumento del nivel medio del mar y de los extremos marinos sobre las costas de Águilas y Cartagena considerando la información generada por los mareógrafos de Cartagena y Alicante*). Marta Marcos, Juan M.Sayol y Ángel Amores. Julio de 2018). http://cambioclimaticomurcia.carm.es/index.php?option=com_k2&view=item&id=346



Cartografía de suelo inundado en 2050 (amarillo y rojo) y a final de siglo (azul claro y azul oscuro) en el sur de la Manga del Mar Menor. Zona de la Ensenada del Vivero. Fuente: Aplicación a la cartografía de precisión de las conclusiones del trabajo de UNIVERSITAT DE LES ILLES BALEARS (*Estudio del aumento del nivel medio del mar y de los extremos marinos sobre las costas de Águilas y Cartagena considerando la información generada por los mareógrafos de Cartagena y Alicante*. Marta Marcos, Juan M.Sayol y Ángel Amores. Julio de 2018).

En definitiva, la administración municipal debería como principio de prevención incorporar al planeamiento urbanístico y a la concesión de aprovechamiento urbanístico y licencias de obras el conocimiento generado en cada momento por las Administraciones estatal y regional.

Contemplar en la redacción del planeamiento urbanístico, en la concesión de aprovechamiento urbanístico y en las licencias de obras en la costa el conocimiento generado sobre subida del nivel del mar.

Otra de las consecuencias de la subida del nivel del mar es la pérdida de playas por el efecto, más agresivo, de la dinámica litoral. Así pues, los temporales en invierno son más agresivos con el aumento del nivel del mar, aunque este sea de centímetros, con el consiguiente incremento de pérdidas de arena en las playas⁸⁵. De la misma forma se produce una pérdida de la superficie de playa: de línea de orilla o de anchura de playa.

En España, el Real Decreto 903/2010 ha regulado la evaluación y gestión de riesgos de inundación, incluyendo las derivadas del cambio climático y se ha elaborado información con mapas que muestran las zonas inundables. Esta información puede consultarse en la página web del Ministerio responsable de medio ambiente. La información de mapas de inundaciones abarca tanto la de origen fluvial como marino. Encontramos la información accediendo a través de la Dirección General de Costas⁸⁶ o a través de la Dirección General del Agua⁸⁷. También, el acceso concreto a los mapas de peligrosidad y riesgo (tanto de origen fluvial como de origen marino) se hace a través de cada una de las demarcaciones hidrográficas⁸⁸.

Por otra parte, en España, el Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Suelo y Rehabilitación Urbana, en su artículo 22⁸⁹, establece que el informe de sostenibilidad ambiental de los instrumentos de ordenación de actuaciones de urbanización deberá incluir un mapa de riesgos naturales del ámbito objeto de ordenación. Uno de los riesgos naturales más importantes que considerar es el de inundabilidad relacionada con el cambio climático.

Inundaciones fluviales

La Directiva de Inundaciones⁹⁰ reconoce el cambio climático como uno de los factores que están contribuyendo a aumentar la probabilidad de ocurrencia de las inundaciones, así

85 En este sentido, véase Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino: Tercera Comunicación Nacional de España. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones, Madrid 2002. pág. 123.

«Si la velocidad de subida del nivel del mar es de 5 milímetros/año se necesitarían 1,5 m3/año por cada metro lineal de playas (15000 m3 de arena por cada 10 Km. de playa cada año, solamente para compensar el efecto de la subida del nivel del mar). Si no se lleva a cabo esta alimentación de arena de forma periódica la playa sumergida adoptará un nuevo equilibrio erosionando esa cantidad de arena de la playa emergida y el resultado será un retroceso muy visible de la línea de contacto arena-agua, aún con subidas muy moderadas del nivel medio del mar».

86 <https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-costa/directiva-inundaciones/default.aspx>

87 <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/>

88 <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/mapa-peligrosidad-riesgo-inundacion/default.aspx>

89 Artículo 22. Evaluación y seguimiento de la sostenibilidad del desarrollo urbano, y garantía de la viabilidad técnica y económica de las actuaciones sobre el medio urbano.

1. Los instrumentos de ordenación territorial y urbanística están sometidos a evaluación ambiental de conformidad con lo previsto en la legislación de evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente y en este artículo, sin perjuicio de la evaluación de impacto ambiental de los proyectos que se requieran para su ejecución, en su caso.

2. El informe de sostenibilidad ambiental de los instrumentos de ordenación de actuaciones de urbanización deberá incluir un mapa de riesgos naturales del ámbito objeto de ordenación.

90 Directiva de Inundaciones (Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea, de 23 de octubre de 2007, relativa a la "Evaluación y la gestión de los riesgos de inundación", traspuesta al ordenamiento jurídico español por el Real Decreto 903/2010, de 9 de julio).

como su impacto negativo, y exige que esta influencia se tenga en consideración tanto en la realización de la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI) para la identificación de las zonas de mayor riesgo de la cuenca como en la elaboración de los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI)⁹¹.

Desde el punto de vista del cambio climático, los escenarios de clima futuro predicen una mayor incidencia de eventos climatológicos extremos, entre ellos, una mayor torrencialidad en las precipitaciones⁹². Según el trabajo del Ministerio para la Transición Ecológica “Inundaciones y Cambio Climático”⁹³, el cambio climático producirá cambios en los patrones de inundación que es necesario incorporar en la planificación del uso del suelo.

91 En el caso de la Región de Murcia los mapas de peligrosidad y de riesgo de inundación del segundo ciclo (2019) se encuentran en proceso de participación pública por la Confederación Hidrográfica del Segura se ha aprobado la revisión y actualización de la evaluación preliminar del riesgo de inundación de la Demarcación Hidrográfica del Segura correspondiente al segundo ciclo de planificación de la gestión del riesgo de inundación (Resolución de 12 de abril de 2019, BOE nº 126 de 27 de mayo de 2019).

92 Según el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, en las cuencas mediterráneas y del interior la mayor irregularidad del régimen de precipitaciones ocasionará un aumento en la irregularidad del régimen de crecidas y de crecidas relámpago.

Un estudio publicado en la revista Nature Climate Change, ha demostrado que el número de lluvias torrenciales se ha visto incrementado no sólo en las zonas húmedas sino que también se ha visto incrementado en las zonas secas.

<https://www.nature.com/articles/nclimate2941>

Entre las principales evidencias del cambio climático observadas en los espacios protegidos se encuentra una mayor incidencia de fenómenos climatológicos extremos como el incremento del fenómeno de la gota fría y aumento de la frecuencia de las inundaciones

http://www.redeuroparc.org/system/files/shared/Toolkit_cambioclimatico/01018_manual13_baja.pdf

93 https://www.miteco.gob.es/ca/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/libro-cambio-climatico-inundaciones-web-06092019_tcm34-499367.pdf

ANEXO.

ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO APLICABLE A PLANES Y PROYECTOS SOMETIDOS A AUTORIZACIÓN MUNICIPAL.

1.1. CONCEPTOS BÁSICOS. ALCANCE DE LAS EMISIONES

La huella de carbono aplicada a un plan o proyecto representa las emisiones netas de gases de efecto invernadero (GEI) que se generarían en las obras necesarias para llevarlo a cabo o en su funcionamiento.

A nivel metodológico se diferencia entre huella de carbono de producto o servicio y huella de carbono de organización o corporativa. La huella de carbono aplicada a un plan o proyecto para el procedimiento de autorización municipal se asocia a la huella de carbono de organización o corporativa.

La determinación de la huella de carbono es sencilla. Los cálculos se basan en identificar las fuentes de emisión y el tipo de GEI.

Los gases a considerar son los seis grupos de gases inicialmente señalados por el Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC), hexafluoruro de azufre (SF_6), junto con el trifluoruro de nitrógeno (NF_3) incorporado a finales de 2012.

Las emisiones de cada tipo de fuente a considerar son todas aquellas que puedan generar alguno de los gases señalados en el párrafo anterior. Estas emisiones son calculadas a partir de datos indirectos, como son los “*datos de actividad*,” por ejemplo, litros de combustibles de origen fósil que se prevé se consumirán. Los valores que permiten transformar estos datos de actividad en emisiones de gases de efecto invernadero se denominan “*factores de emisión*.”

La multiplicación de los datos de actividad por el factor de emisión permite calcular la cantidad emitida para cada tipo de GEI. Cuando se trata de emisiones de diferentes gases y para poder sumarlos, deben ser expresados como CO_2 equivalente (CO_2eq). La transformación a unidades de CO_2 equivalente se hace tomando como referencia el potencial de calentamiento global (Global Warming Potential)⁹⁴ que tiene cada gas. En consecuencia,

94 Potencial de calentamiento global (PCG): factor que describe el impacto de la fuerza de radiación (grado de daño a la atmósfera) de una unidad de un determinado GEI en relación a una unidad de CO_2 . Este potencial de calentamiento global permite la equivalencia de otros GEI con el CO_2 y es la siguiente:

1	Dióxido de carbono (CO_2)
30	Metano (CH_4) de origen fósil
28	Metano (CH_4) de origen biogénico
265	Óxido nitroso (N_2O)
12-14.800	Hidrofluorocarbonos (HFC)
7.390-12.200	Perfluorocarbonos (PFC)
22.800	Hexafluoruro de azufre (SF_6)
17.200	Trifluoruro de nitrógeno (NF_3)

para la huella de carbono se deben contemplar las previsible emisiones de cualquiera de los 7 gases o grupos de gases señalados convertidos a CO₂eq.

De una forma simplificada, la huella de carbono se puede expresar mediante la siguiente ecuación:

Huella de carbono expresada en kg de CO₂eq (CO₂ equivalente) = datos de actividad (cantidades por ejemplo litros de combustible, kWh de electricidad) por factores de emisión (expresados en Kg de CO₂eq /cantidad)

Si se quiere profundizar más en los métodos de estimación de la huella de carbono aplicables a un plan o proyecto se pueden consultar los capítulos 4 y 6 del Cuaderno nº 1. *“Competitividad y cambio climático del Consejo Económico y Social de la Región de Murcia”*⁹⁵.

Para ayudar a determinar la responsabilidad en las emisiones se introduce el concepto de “alcance”. Con la denominación de “alcance 1” se refiere a las *“emisiones directas”*, en nuestro caso: emisiones que son responsabilidad del promotor del plan o proyecto (combustibles que se consumirán, emisiones previstas de metano de una granja, emisiones de óxido nitroso por abonado nitrogenado en el funcionamiento de la agricultura, etc.); en el “alcance 2”, incluye las *“emisiones indirectas asociadas a la compra de electricidad”* (emisiones realizadas por el productor de electricidad para generar la energía eléctrica que el plan o proyecto estimamos que consumirá) y en el “alcance 3” se relacionan el resto de emisiones indirectas *“otras emisiones indirectas”* asociadas a la adquisición de materiales o servicios necesarios (realizadas por los fabricantes y transportistas (por ejemplo áridos, agua, combustibles, etc.), servicios (por ejemplo gestión de residuos externa) que se prevé sería necesario adquirir o contratar para las obras o para el funcionamiento de la actividad, plan o proyecto.

El alcance es por tanto muy importante ya que acota la responsabilidad en cuanto a la contribución al cambio climático del promotor del plan o proyecto⁹⁶. El alcance que tiene interés a los efectos de plantear las posibles compensaciones de emisiones es el alcance 1.

En resumen:

- Estimaremos los datos de actividad de los procesos que van a emitir gases de efecto invernadero y multiplicaremos por los correspondientes factores de emisión, que expresados en CO₂eq nos permitan al sumarlos estimar la huella de carbono.
- Computaremos como de alcance 1 las emisiones de las que nuestro plan o proyecto es directamente responsable.

⁹⁵ (<https://www.cesmurcia.es/cesmurcia/paginas/publicaciones/PublicacionDetail.seam?pubId=1143>).

⁹⁶ Se contabilizan como de alcance 1 las emisiones que se producirían por el consumo de combustibles por fuentes propias o controladas por la organización promotora del plan o proyecto sometido a autorización (organización que calcula la huella de carbono).

1.1. Factores de emisión

En España con el fin de facilitar el cálculo de la huella de carbono para inscripción en el Registro Nacional de Huella de Carbono, el Ministerio para la Transición Ecológica publica anualmente los factores de emisión⁹⁷ de combustibles tanto para instalaciones de combustión fija como para vehículos y las emisiones por consumo de electricidad en kWh, asociadas al suministro de cada una de las comercializadoras que operan en nuestro país.

La estimación de la huella de carbono de alcance 1 de los consumos de combustibles es sencilla. Los datos de actividad en estos casos estarán formados por las cantidades de los distintos combustibles fósiles que se prevé consumirá el plan o proyecto a lo largo de las obras o en su funcionamiento. Entre los más comunes se pueden citar: gas natural (en kWh o en m³), gas propano (kg), gasoil y gasolina (litros).

Para calcular las emisiones asociadas a los datos de actividad debe aplicarse siempre que sea posible el factor de emisión recogido en la página web del departamento ministerial correspondiente. En el caso de España, Ministerio para la Transición Ecológica y en su caso de las Comunidades autónomas.

El otro elemento fundamental de las emisiones de alcance 1 en cuanto al consumo de combustibles es el realizado por los vehículos propios y maquinaria. En este apartado se incluye el consumo realizado por maquinaria y el realizado por el transporte que se prevé se realizaría por los vehículos propios y por los ajenos respecto de los que se tiene el control de la gestión, es decir, aquellos elementos de transporte cuyo gasto de combustible corra a cargo del responsable del plan o proyecto. Esto incluye, por lo tanto, vehículos en propiedad, leasing, renting, etc.

Para llevar a cabo el cálculo es necesario estimar los consumos de combustibles de maquinaria y vehículos. Si no se dispone de una estimación de consumo de combustible que se produciría se pueden estimar los kilómetros a recorrer por cada marca y modelo del vehículo (diésel o gasolina). Las calculadoras de la página web del Ministerio⁹⁸ permiten el cálculo a través de las dos opciones kilómetros o consumo.

Las emisiones debidas al uso de biomasa como combustible son unas emisiones de alcance 1 muy particulares, ya que computan como cero emisiones. Se considerará que no hay emisiones netas de CO₂ porque participan en el ciclo corto del carbono, devolviendo a la atmósfera el CO₂ capturado por la fotosíntesis para producir esa biomasa. Por esta razón, el factor de emisión de biomasa es cero en su alcance 1.⁹⁹

Una fuente de información completa sobre factores de emisión aplicables a cualquier tipo de proyecto son la Guías para los inventarios nacionales de emisiones elaboradas por

97 https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factores_emision_tcm30-479095.pdf

98 <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/calculadoras.aspx>

99 Artículo 38 y siguientes del REGLAMENTO (UE) No 601/2012 DE LA COMISIÓN de 21 de junio de 2012 sobre el seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero en aplicación de la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2012-81254>

el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).¹⁰⁰ También, fuentes de información institucionales sobre factores de emisión podemos encontrar en numerosos países europeos. A modo de ejemplo se pueden citar la de los Ministerios de Medio Ambiente de Francia¹⁰¹, Reino Unido¹⁰² y en España Registro Nacional de Huella de Carbono¹⁰³ y Oficina de Cambio Climático de Cataluña¹⁰⁴.

Una base de datos específica para factores de emisión de obras públicas de gran utilidad para cualquier obra o edificación es "hueCO₂". Cuando se dispone de un proyecto de ejecución (con unidades de obra y datos concretos) se puede utilizar, la herramienta "hueCO₂" para la estimación concreta de la huella de carbono que supondrá la construcción de la obra con esas partidas y esos datos.¹⁰⁵

La base de datos hueCO₂ incluye 200 factores de emisión de los que 125 corresponden a los distintos tipos de maquinaria y están expresados en horas de trabajo proyectadas para de cada tipo de máquina. En el caso del transporte con vehículos propios el factor de emisión contempla toneladas por kilómetro recorrido es decir la distancia a la obra.

HUELLA DE CARBONO: EMISIONES POR CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS INDUSTRIALES Y COMERCIALES				
	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	TOTAL toneladas CO2
Edificio comercial-industrial (10.000 m2 de estructura de hormigón armado más 400 m2 de altillo)	334	24	2.714	3.072
Edificio comercial-industrial (10.000 m2 de estructura metálica más 400 m2 de altillo)	559	31	3.585	4.176
10.000 m2 de aparcamiento de gran superficie comercial o industrial	41,8	2	1.606	1.650

Alcance 1, 2 y 3 de la huella de carbono de tres casos de construcción. Fuente Departamento de Cambio Climático de la Comunidad Autónoma de Murcia.

100 <https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/>

101 Se puede consultar la documentación recogida en las Bases de Datos "Base Carbone" <https://www.bilans-ges.ademe.fr/en/http://bilans-ges.ademe.fr/docutheque/docs/%5BBase%20Carbone%5D%20Documentation%20g%C3%A9n%C3%A9rale%20v11.5.pdf>

102 Se puede consultar los recogidos en los documentos elaborados por el Gobierno Británico <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2019>

103 <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/inscripcion-registro.aspx>

104 Se puede consultar la documentación recogida en la Guías Prácticas elaboradas por la Oficina Catalana de Cambio Climático https://canviclimatic.gencat.cat/es/actua/guia_de_calcul_demissions_de_co2/
https://canviclimatic.gencat.cat/web/content/04_ACTUA/Com_calcular_emissions_GEH/guia_de_calcul_demissions_de_co2/191126_Guia-practica-calcul-emissions_CA.pdf
https://canviclimatic.gencat.cat/web/content/02_OFICINA/publicacions/publicacions_de_canvi_climatic/Estudis_i_docs_mitigacio/Aigua_i_cc/150213_Metodologia-de-calcul-emissions-consum-aigua_CAT_vf.pdf
https://canviclimatic.gencat.cat/web/content/04_ACTUA/Com_calcular_emissions_GEH/guia_de_calcul_demissions_de_co2/2019_Metodologia-de-calcul-de-la-petjada-de-carboni-de-residus_CAT.pdf

105 <http://hueco2.tecniberia.es/>

El alcance 3 es entre 6 y 8 veces mayor que el alcance 1 en una obra¹⁰⁶. Esto permite hacernos una idea de las importantes emisiones que induce en la fase de obras de la construcción de edificios e infraestructuras¹⁰⁷.

En conclusión y de acuerdo con los datos anteriores, se puede tomar como factor de emisión en la construcción de edificios comerciales la cifra de 0,03 (estructura de hormigón) a 0,06 (estructura metálica) toneladas de CO₂eq /m² de alcance 1¹⁰⁸.

106 Se puede ver más información sobre el alcance 3 por la construcción de edificios y obras, aunque referidos a Francia en la página 227 y siguientes de la Base de datos de Factores de Emisión Base Carbón
<http://bilans-ges.ademe.fr/docutheque/docs/%5BBase%20Carbone%5D%20Documentation%20g%C3%A9n%C3%A9rale%20v11.5.pdf>

107 Aunque, puede si se quiere repercutir las emisiones a lo largo de 50 años de vida útil de los edificios construidos los efectos negativos se producen en el momento de su construcción ya que salvo pequeñas obras de reparación y restauración la inmensa mayoría de las emisiones se realizan en ese momento.

108 Principalmente compuesto por las emisiones de la maquinaria de excavación, movimiento de tierras y compactación



CONSEJERÍA DE AGUA, AGRICULTURA,
GANADERÍA, PESCA Y MEDIO AMBIENTE

DIRECCIÓN GENERAL
DEL MEDIO NATURAL