

# INICIATIVAS PARA UNA ECONOMÍA BAJA EN CARBONO



ecoeficiencia  
ecoinnovación  
ecorresponsabilidad  
economía baja en carbono



CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y AGUA

[www.ecorresponsabilidad.es](http://www.ecorresponsabilidad.es)  
[www.orcc.es](http://www.orcc.es)

## CAMBIO CLIMÁTICO EN LA REGIÓN DE MURCIA

Trabajos del Observatorio  
Regional del Cambio Climático

Realizado en Murcia, noviembre de 2010

COORDINACIÓN DE LA EDICIÓN:

Consejería de Agricultura y Agua  
Francisco Victoria Jumilla

AUTORES:

**Consejería de Agricultura y Agua**  
Francisco Victoria Jumilla

**Asistencias técnicas Consejería de Agricultura y Agua**

Isabel Costa Gómez  
Teresa Castro Corbalán  
M<sup>a</sup> Luisa Mesa del Castillo Navarro

**Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)**

Delegado Territorial en la Región de Murcia  
Fernando Belda Esplugues

Jefe del Dpto. de Coordinación de las Delegaciones Territoriales  
Ramón Garrido Abenza

**Universidad de Murcia**

Departamento de Física  
Grupo de Modelización Atmosférica Regional  
Juan Pedro Montávez  
Sonia Jerez  
Juan José Gómez-Navarro  
Juan Andrés García-Valero  
Raquel Lorente-Plazas  
Pedro Jiménez-Guerrero

Departamento de Ecología e Hidrología  
Miguel Angel Esteve Selma

Departamento de Biología Vegetal (Botánica)

José María Egea Fernández  
José María Egea Sánchez

**Instituto Euromediterráneo del Agua**

Director General  
Francisco Cabezas Calvo-Rubio

**Confederación Hidrográfica del Segura**

Jefe de la Oficina de Planificación Hidrológica  
Mario Urrea Mallebrera

Jefe de Servicio de la Oficina de Planificación Hidrológica  
Adolfo Mérida Abril

**Universidad Politécnica de Cartagena**

Grupo de I+D Gestión de Recursos Hídricos. Unid. Predepart. de Ingeniería Civil  
S.G. García Galiano  
J.D. Giraldo Osorio  
C. Tetay Botía

**Universidad Católica de San Antonio**

Director de la Cátedra de Ingeniería y Toxicología Ambiental  
Amalio Garrido Escudero

**Experto en comunicación y concienciación en materia de cambio climático**

Antonio Soler Valcárcel

**Consejería de Sanidad y Consumo**

Servicio de Sanidad Ambiental. Dirección General de Salud Pública  
José Sanz Navarro

**Hospital Universitario Virgen de la Arrixaca**

Unidad de Salud Medioambiental Pediátrica. Paediatric Environmental Health Specialty Unit Murcia (PEHSU-Murcia). Servicio de Pediatría  
Ortega García, J.A.  
Sánchez-Sauco, M.F.  
Alcaraz Quiñonero, M.  
Sánchez-Solís, M.

**Instituto Español de Oceanografía**

Director del Centro Oceanográfico de Murcia  
José María Bellido

I.S.B.N:

978-84-693-8114-4

Dep. Legal:

MU-1.795-2010

## PRESENTACIÓN

Me complace poder introducirle en esta completa publicación que recoge una muestra de los trabajos elaborados por los miembros del Observatorio Regional del Cambio Climático de la Región de Murcia y que han sido expuestos en las reuniones desarrolladas en sus tres años de andadura. De ellos se desprende la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y garantizar nuestra capacidad de adaptarnos a los impactos previstos en caso necesario.

La adaptación es un área compleja. Hay que considerar los efectos del cambio climático en los diversos sectores para identificar las medidas adecuadas a desarrollar, pero previamente es necesario disponer de la información sobre aquellas actividades potencialmente afectadas y la magnitud de los cambios, de los que ya existen datos y trabajos desarrollados a nivel europeo y nacional. Sin embargo, en muchos casos se requiere un análisis más detallado a nivel regional.

En la Región de Murcia la adaptación y la mitigación del cambio climático han adquirido importancia en los últimos años como objeto de investigación y estudio, generando numerosas iniciativas y trabajos. Esta publicación recoge una primera aproximación de la información existente, detallada y exhaustiva sobre la evolución del cambio climático en la Región, sus impactos y consecuencias.

Todos estos trabajos y líneas de investigación multiplican su utilidad si se crea el marco que permita su coordinación. Esta es una de las razones por las que en el año 2007 se creó el Observatorio Regional del Cambio Climático, que entre sus funciones tiene la de actuar como órgano permanente de recogida de información y promoción de la investigación.

Vaya mi agradecimiento a los miembros del Observatorio Regional del Cambio Climático, por impulsar con sus trabajos la obtención de información y la generación de conocimiento sobre la incidencia del cambio climático en la Región de Murcia y las posibilidades de adaptación.



Antonio Cerdá Cerdá  
*Consejero de Agricultura y Agua  
de la Región de Murcia*

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. CLIMA Y CAMBIO CLIMÁTICO.....	29
2.1. Clima y cambio climático.....	31
2.2. Incertidumbres en las proyecciones de cambio climático.....	39
3. RECURSOS HÍDRICOS Y CAMBIO CLIMÁTICO.....	47
3.1. Cambio climático y recursos hídricos en España. Primeros antecedentes y situación actual.....	49
3.2. Efectos del cambio climático en la planificación hidrológica en la Cuenca del Segura.....	57
3.3. Un análisis de impactos del cambio climático en las precipitaciones y eventos extremos en la Cuenca del río Segura.....	61
4. SALUD Y CAMBIO CLIMÁTICO.....	67
4.1. Cambio climático y salud: extremos térmicos.....	69
4.2. Pediatría y cambio climático en Murcia.....	75
5. RECURSOS MARINOS, ESPECIES VEGETALES Y CAMBIO CLIMÁTICO.....	89
5.1. Actividades de investigación en cambio climático del Instituto Español de Oceanografía.....	91
5.2. Efectos del cambio climático en la distribución de los bosques de ‘Tetraclinis articulata’.....	97
6. AGRICULTURA Y CAMBIO CLIMÁTICO.....	101
6.1. La iniciativa Agricultura murciana como sumidero de CO <sub>2</sub> .....	103
6.2. La agricultura ecológica como alternativa productiva ante el cambio climático.....	113
7. CONTRIBUIR A LA MITIGACIÓN CAMBIANDO LAS PAUTAS DE PRODUCCIÓN Y CONSUMO.....	119
7.1. Ahorro en emisiones de CO <sub>2</sub> por ahorro en consumo de agua.....	121
7.2. Problemática de la comunicación frente al cambio climático.....	125
ANEXOS.....	129
I. Evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero reguladas por el comercio de desechos de emisión en la Región de Murcia 2005-2009.....	131
II. Orden de 19 de febrero de 2007, de la Consejería de Industria y Medio Ambiente, por la que se crea el Observatorio Regional del Cambio Climático.....	139

1

# Introducción

## INTRODUCCIÓN

**Francisco Victoria Jumilla**

Coordinador del Observatorio Regional del Cambio Climático  
 Consejería de Agricultura y Agua. Región de Murcia  
 Miembro del Consejo Nacional del Clima

La Región de Murcia, al igual que muchas otras regiones del mundo, está presenciando episodios atmosféricos anómalos, cambios en las temperaturas medias y desplazamientos en la llegada de las estaciones.

Según los organismos internacionales especializados en materia de cambio climático, esta tendencia va a continuar aunque se reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero, ya que los mecanismos que dan lugar al clima se comportan con una gran inercia.

En estas circunstancias, independientemente de seguir reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero, se debe trabajar para definir las políticas de adaptación a las nuevas condiciones.

Estas políticas de adaptación y preparación para el cambio han de ser modeladas a las circunstancias de cada región y al impacto previsto para cada sector y territorio. Por esta razón, la Administración regional ha creado el Observatorio Regional del Cambio Climático (ORCC)<sup>1</sup>, que permite canalizar la información y el conocimiento generado en el ámbito científico, empresarial e institucional.

Por otra parte, el cambio climático, como todos los retos que afectan al desarrollo sostenible, necesita contar con la colaboración y participación de toda la sociedad. Por este motivo, además de generar el conocimiento sobre los im-

pactos del cambio climático, se pretende conseguir compromisos voluntarios para cambiar las pautas de producción y consumo de los principales actores de la economía y la sociedad regional.

### 1. EL OBSERVATORIO REGIONAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO. TRABAJOS DESARROLLADOS

#### 1.1. OBJETIVOS DEL ORCC

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 (ORCC), cuyo texto se recoge en el anexo II de este libro, establece en su artículo 2 sus objetivos:

- 1) Impulsar la creación de un sistema de información que permita la evaluación de la situación y su evolución, la difusión de los datos, las experiencias y el asesoramiento en la materia para las posibles actuaciones.
- 2) Creación de una red de observadores científicos, sectores empresariales afectados, instituciones responsables y ciudadanos, a nivel regional, que permitan desde la colaboración en red poder construir y mantener una plataforma del conocimiento sobre el cambio climático, sus consecuencias y posibilidades de adaptación.

1. Orden de 19 de febrero de 2007, de la Consejería de Industria y Medio Ambiente, por la que se crea el Observatorio Regional del Cambio Climático, publicada en el Boletín Oficial de la Región de Murcia el 6 de marzo de 2007.



Primera reunión de la Comisión de Trabajo de Expertos, celebrada el 28 de marzo de 2007.

- 3) Estudio sistemático de los cambios que se experimenten en el desarrollo de las actividades productivas y los servicios.
- 4) Actuar como órgano permanente de recogida y análisis de la información de diferentes fuentes nacionales e internacionales, así como de la Región, promoviendo la investigación sobre los procesos de cambio y las medidas de adecuación.
- 5) Proponer, a partir de los datos recogidos, soluciones concretas y susceptibles de aplicación.

El Observatorio Regional del Cambio Climático puso en marcha en 2007 la red de observadores científicos y responsables denominada “Comisión de Trabajo de Expertos”<sup>2</sup>, que le da soporte técnico.

La evaluación de los impactos por efecto del cambio climático realizada por las instituciones internacionales, europeas y españolas concluye que existiría una tendencia progresiva al incremento de la temperatura, una alteración del modelo de precipitaciones y una subida del nivel del

2. Orden de 19 de febrero de 2007, de la Consejería de Industria y Medio Ambiente, por la que se crea el Observatorio Regional del Cambio Climático, publicada en el Boletín Oficial de la Región de Murcia el 6 de marzo de 2007.



Segunda reunión de la Comisión de Trabajo de Expertos, celebrada el 9 de noviembre de 2007.

mar. A su vez estos cambios tendrán efectos directos sobre la salud y el desarrollo de las actividades productivas y los ecosistemas.

El ORCC, cumpliendo con sus objetivos durante estos cuatro años de andadura, ha generado y valorado numerosa información, muestra de la cual se recoge en los capítulos de este libro, elaborada por los propios miembros del ORCC.

Toda la información generada dentro de este observatorio e incluso este libro, en formato digital, se puede consultar en la web del observatorio, [www.orcc.es](http://www.orcc.es).

## 1.2. TRABAJOS DESARROLLADOS

### A. Temperatura

En España la temperatura media anual entre 1961 y 1990 se incrementó 1,4 °C en toda la cuenca mediterránea. En los últimos treinta años el aumento ha sido de 1,5 °C.

La Región de Murcia, según la información obtenida por la Agencia Estatal de Meteorología<sup>3</sup>, tiene un comporta-

3. Jornadas técnicas sobre Cambio Climático. I Foro de Responsabilidad Ambiental y Desarrollo Sostenible. Ramón Garrido Abenza. Director de la Agencia Estatal de Meteorología en la Región.



Tercera reunión de la Comisión de Trabajo de Expertos, celebrada el 21 de mayo de 2008.



Cuarta reunión de la Comisión de Trabajo de Expertos, celebrada el 21 de mayo de 2009.

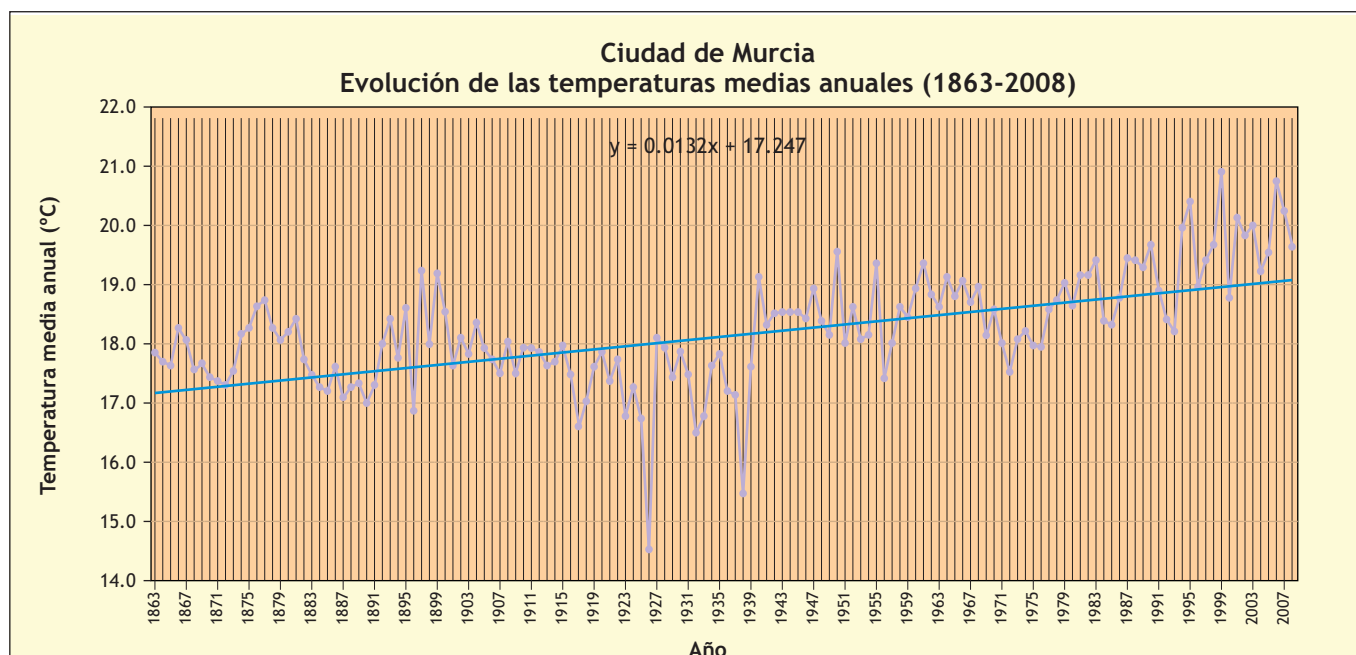


Figura 1. Evolución de las temperaturas medias anuales (1863-2008) de la ciudad de Murcia. Fuente: Ramón Garrido Abenza, jefe del Departamento de Coordinación de las Delegaciones Territoriales de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).



miento semejante al resto del país, con un incremento de 1,5 grados en la temperatura media de los últimos 35 años (Figura 1).

El ORCC ha contado con la colaboración de Ramón Garrido Abenza, antiguo director de la Delegación Territorial en Murcia de la Agencia Estatal de Meteorología y actual coordinador nacional de las delegaciones territoriales; una colaboración que ha continuado en la persona del actual di-

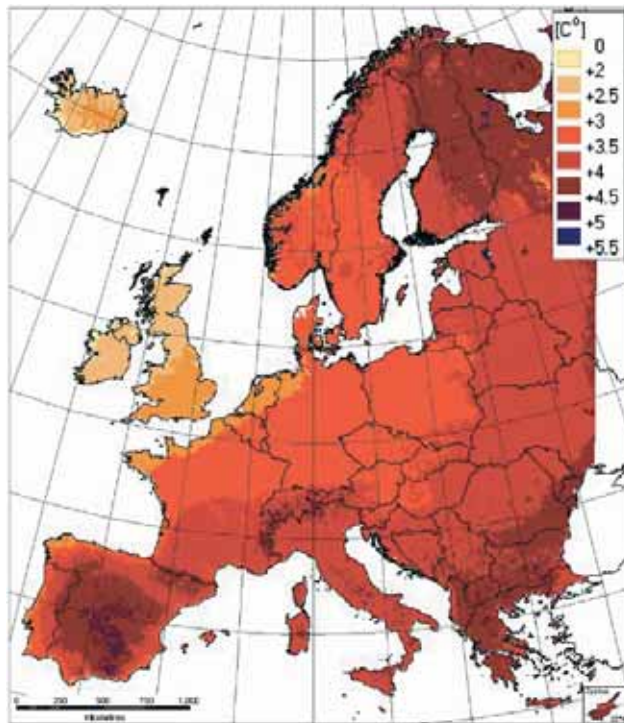


Figura 2. Libro Verde adaptación al cambio climático en Europa (COM (2007)354 final). Adaptación de los escenarios del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) realizada por el Centro Común de Investigación, horizonte 2071-2100 en relación con 1961-1990.

### GENERACIÓN DE ESCENARIOS REGIONALIZADOS DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA ESPAÑA (2009)

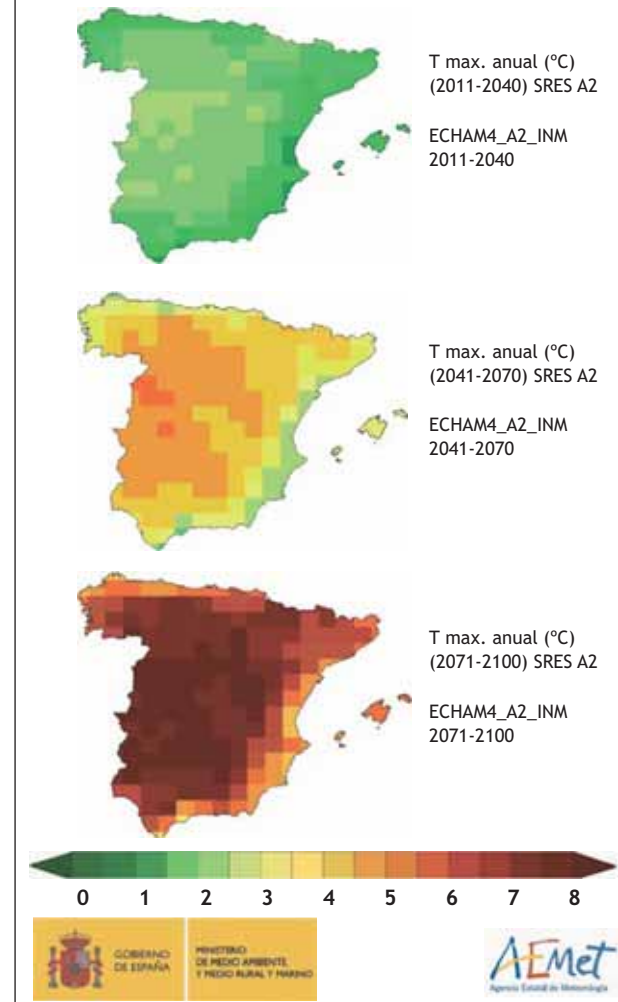


Figura 3. Generación de Escenarios Regionalizados de Cambio Climático para España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y la Agencia Estatal de Meteorología.

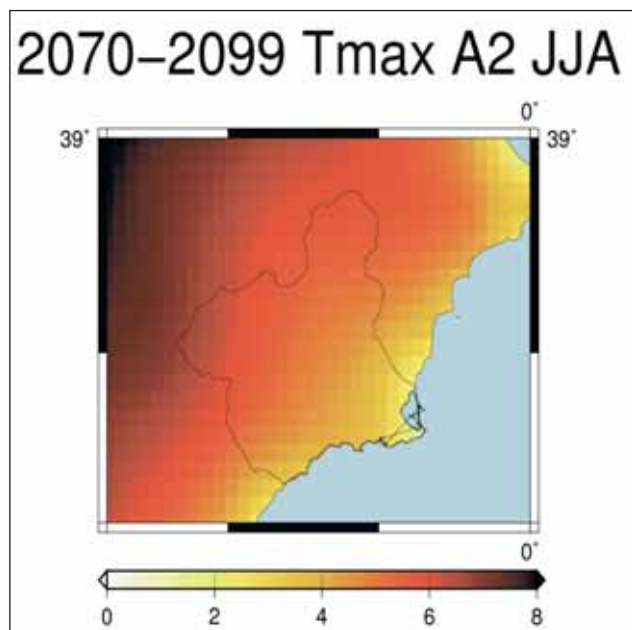


Figura 4. Cambios proyectados en la temperatura máxima de la Región de Murcia para los meses de junio, julio y agosto (JJA) en el periodo 2070-2099 para el escenario A2<sup>4</sup>. Fuente: Juan Pedro Montávez, profesor titular de Física de la Universidad de Murcia, miembro del Observatorio Regional del Cambio Climático.

4. Según IPCC, los “escenarios” son descripciones coherentes y consistentes de cómo el sistema climático de la Tierra puede cambiar en el futuro. La familia de escenarios y línea evolutiva A2 describe un mundo muy heterogéneo. La cuestión subyacente es la autosuficiencia y preservación de las identidades locales. Los perfiles de fertilidad en las distintas regiones tienden a converger muy lentamente, lo cual acarrea un aumento continuo constante de la población. El desarrollo económico tiene una orientación principalmente regional y el crecimiento económico per cápita y el cambio tecnológico están fragmentados y son más lentos que en otras líneas evolutivas. La familia de escenarios y línea evolutiva B2 describe un mundo en el que se hace hincapié en las soluciones locales a la sostenibilidad económica, social y ambiental. Se trata de un mundo cuya población mundial crece continuamente, a un ritmo menor al de la línea evolutiva A2, con niveles medios de desarrollo económico y cambios tecnológicos menos rápidos y más variados que en las líneas evolutivas B1 y A1. Aunque el escenario también está orientado hacia la protección ambiental y a la equidad social, se centra en las escalas: local y regional.

rector de la Delegación Territorial, Fernando Belda Esplugues. Ambos han sintetizado su visión en el capítulo 2.1. ‘Clima y cambio climático’.

Los escenarios regionalizados aportados por la Unión Europea (Centro Común de Investigación de ISPRa) para el conjunto de Europa (Figura 2) y los generados por el Ministerio de Medio Ambiente y la Agencia Estatal de Meteorología en 2009 (Generación de Escenarios Regionalizados de Cambio Climático para España), para España, reflejan un incremento de entre 3 y 5 (Figura 3) grados en la temperatura máxima a final de siglo. La elevación será mayor cuanto más al centro de la Península debido al efecto de amortiguación del mar.

En este mismo sentido se expresa el documento sintético publicado por la Red CLIVAR (Clima en España: Pasado, Presente y Futuro. Informe de evaluación del cambio climático regional), que agrupa a técnicos y científicos que trabajan en el ámbito del clima.

Durante 2007 y 2008, de forma complementaria a la anterior, se ha ido generando información sobre predicciones futuras del clima regional mediante la realización de investigaciones con malla de 10 por 10 km, en las que participan investigadores de la Universidad de Murcia liderados por el profesor Juan Pedro Montávez, profesor titular de Física, que al mismo tiempo forma parte del grupo de expertos del ORCC. Los resultados de estas investigaciones (figuras 4 y 5) son coherentes con los modelos utilizados por el Ministerio de Medio Ambiente y los de la Comisión Europea (malla de 50 x 50 km), que predicen incrementos de temperatura a mediados de siglo entre 1 y 2 grados y de 4 y 5 grados a finales de siglo. Estos escenarios siguen mostrando que el incremento de temperatura será mayor en aquellas partes de la Región más alejadas del litoral.

El profesor Montávez y los científicos que forman parte del grupo de Modelización Atmosférica Regional han desarrollado en este libro uno de los temas clave de su campo de estudio, como son las ‘Incertidumbres en las proyecciones del cambio climático’ (capítulo 2.2.).

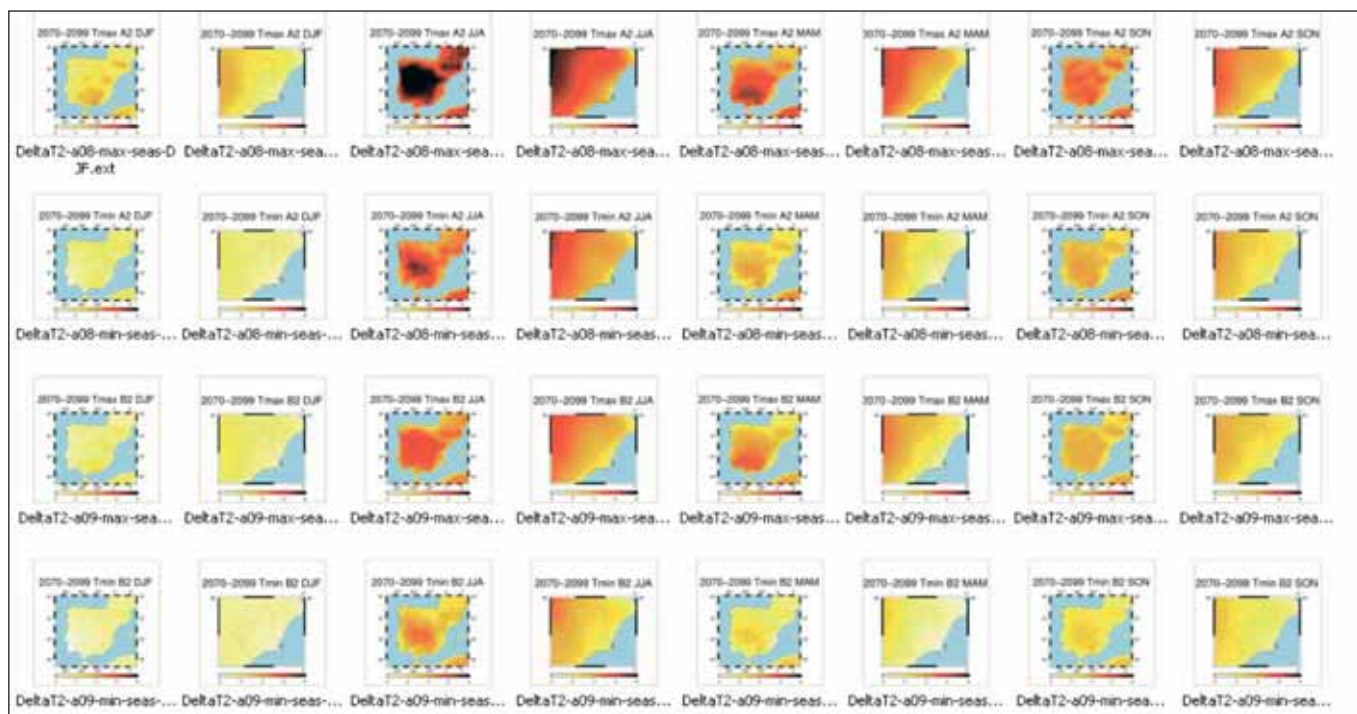


Figura 5. Cambios proyectados en los escenarios A2 y B2 en la temperatura máxima y temperatura mínima de la Región de Murcia para el periodo 2070-2099. Fuente: Juan Pedro Montávez, profesor titular de Física de la Universidad de Murcia, miembro del Observatorio Regional de Cambio Climático. Cada escenario de temperatura máxima y mínima abarca un trimestre. Los meses se representan con su inicial el inglés.

## B. Precipitaciones y agua disponible

En cuanto a cambios observados y predicción de impactos en la reducción de precipitaciones y agua disponible, los escenarios regionalizados aportados por la Unión Europea (Centro Común de Investigación de ISPRA) para el conjunto de Europa (Figura 6) y los generados por el Ministerio de Medio Ambiente y la Agencia Estatal de Meteorología (Figura 7) coinciden en que a corto plazo pueden incrementarse las precipitaciones en el litoral, pero a medio y largo plazo se producirá a nivel nacional una reducción de las precipitaciones. Esta re-

ducción será más importante en las zonas interiores de la cuenca hidrográfica del río Segura más alejadas del litoral.

El Libro Blanco del Agua que acompañaba el Plan Hidrológico Nacional, a principios de la década, barajaba escenarios probables a medio plazo de reducción de aportaciones en las cuencas hidrográficas, escenario 1 (hipótesis de aumento de 1 grado) y escenario 2 (hipótesis de aumento de 1 grado y reducción de las precipitaciones en un 5%), escenarios que proyectaban una reducción del 11 y el 22%, respectivamente (Figura 8).

Estos escenarios y trabajos técnicos han dado lugar a que en España sea obligatorio incluir en la planificación hidrológica



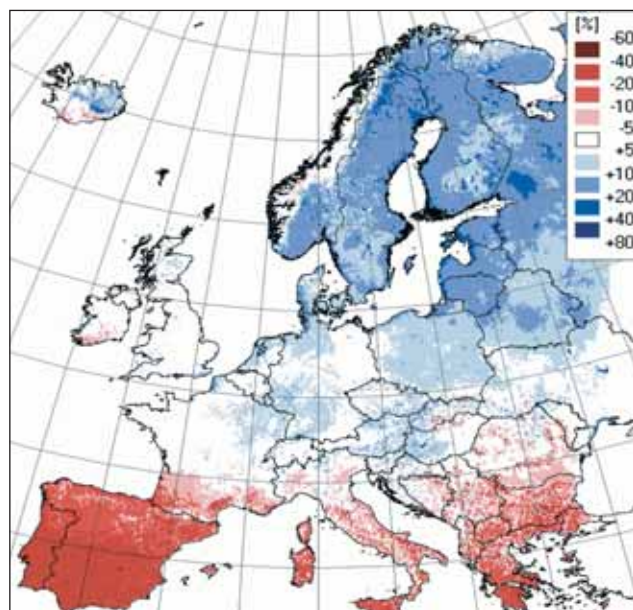
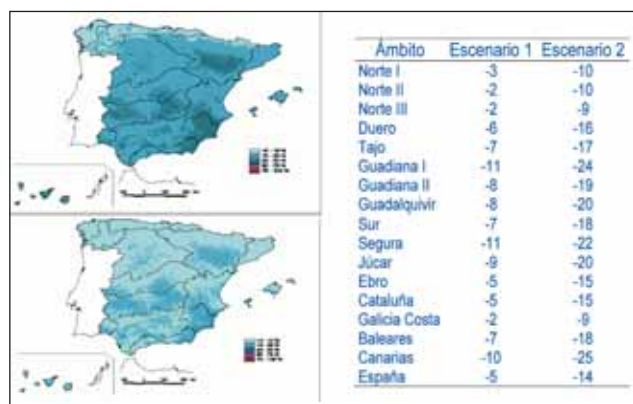


Figura 6. Cambio en las precipitaciones (volumen anual en %). Fuente: Libro Verde adaptación al cambio climático en Europa (COM (2007)354 final). Adaptación de los escenarios del IPCC realizada por el Centro Común de Investigación, horizonte 2071-2100 en relación con 1961-1990.



### GENERACIÓN DE ESCENARIOS REGIONALIZADOS DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA ESPAÑA (2009)

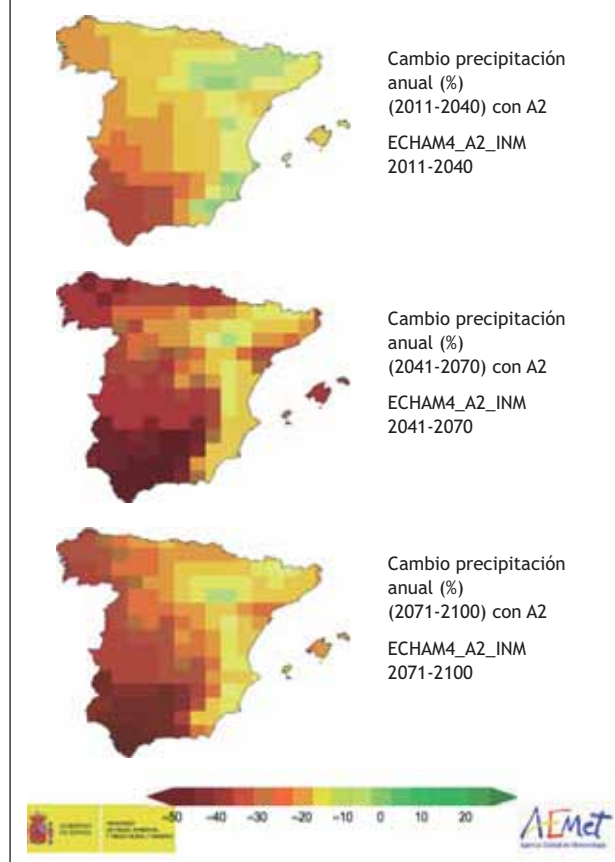


Figura 7. Generación de Escenarios Regionalizados de Cambio Climático para España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y la Agencia Estatal de Meteorología.

Figura 8. Escenarios probables a medio plazo de reducción de aportaciones en las cuencas hidrográficas. Fuente: Libro Blanco del Agua para el Plan Hidrológico Nacional (PHN).

una previsión del impacto que ocasionará en las aportaciones el cambio climático (Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica, BOE nº 162, de 7 de julio de 2007). La Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica, y que desarrolla el citado RD, establece en un 11% la reducción de recursos hídricos, como consecuencia del cambio climático para la Cuenca del río Segura, valor que se está tomando en consideración en la elaboración del nuevo Plan Hidrológico de Cuenca.

Francisco Cabezas Calvo-Rubio, director del Instituto Euro-mediterráneo del Agua y miembro del ORCC, describe en este libro (capítulo 3.1 ‘Cambio climático y recursos hídricos en España. Primeros antecedentes y situación actual’) la elaboración de los primeros escenarios climáticos para el PHN que han llevado a que el cambio climático se haya tenido en cuenta con carácter normativo en la planificación hidrológica; unos trabajos que conoce perfectamente, ya que formó parte de la oficina técnica que elaboró el Libro Blanco del Agua en España y el PHN.

La aplicación concreta de estos criterios en la redacción del nuevo plan hidrológico, que comprenderá hasta el horizonte 2027, está desarrollada en el capítulo 3.2. ‘Efectos del cambio climático en la planificación hidrológica en la Cuenca del Segura’, por Mario Urrea Mallebrera, jefe de la Oficina de Planificación Hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Segura y miembro del ORCC.

En el capítulo 3.3. se desarrolla un análisis de impactos del cambio climático en las precipitaciones y eventos extremos en la Cuenca del río Segura por Sandra García, profesora de la Universidad Politécnica de Cartagena y activo miembro del ORCC.

### C. Salud

De entre los impactos del cambio climático sobre la salud quizás los más destacados son los efectos que sobre la po-



Figura 9. Comisión Regional de Temperaturas Extremas. [www.murciasalud.es](http://www.murciasalud.es)

blación tendrán las olas de calor. A nivel mundial desde 1950 las olas de calor han aumentado y se han generalizado e incrementado el número de noches cálidas<sup>5</sup>.

M<sup>a</sup> Elisa Gómez Campoy, jefa del Servicio de Sanidad Ambiental y secretaria de la Comisión Regional de Temperaturas Extremas, como miembro del ORCC, junto con José Sanz Navarro, se encuentra trabajado este aspecto de los impactos del cambio climático sobre la salud, cuya síntesis se recoge en el capítulo 4.1. ‘Cambio climático y salud: extremos térmicos’.

La característica esencial de la ola de calor es la persistencia en el tiempo de temperaturas anormalmente cálidas con respecto a la época considerada, junto al mantenimiento de temperaturas mínimas igualmente elevadas.

5. IPCC, 2007: “Summary for Policymakers”. In: ‘Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change’ (Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Enhen, M. Marquis, K.B. Averty, M. Tignor and H.L. Miller (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY USA.

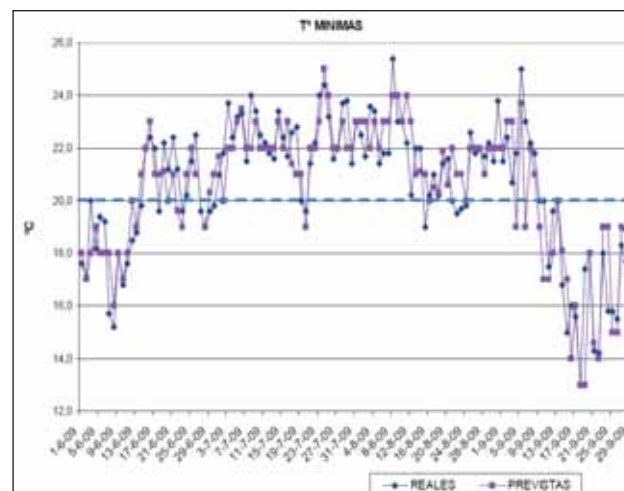
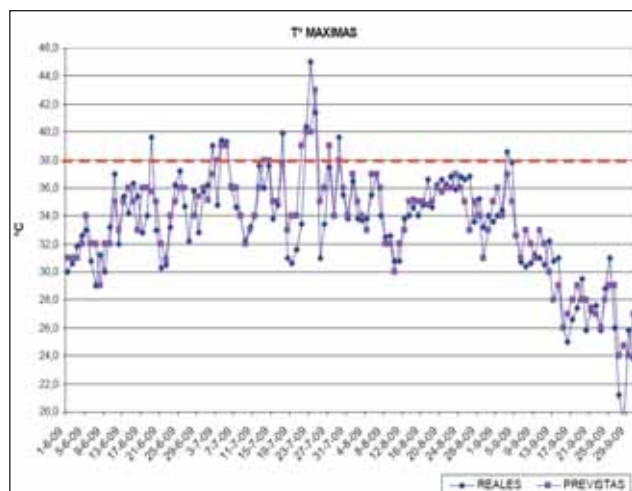


Figura 10. Evolución de las temperaturas diarias, reales y previstas, para las temperaturas máximas y mínimas. Fuente: Informe de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia sobre el plan de acciones preventivas contra los efectos del exceso de temperaturas sobre la salud. Año 2009.

La temperatura umbral para Murcia, definida por el Ministerio de Sanidad para la prevención de olas de calor, está establecida en 38° C durante el día y 22° durante la noche.

En la Región, las olas de calor recientes han tenido un impacto reducido en la salud. La mayoría de los afectados son hombres, y los ingresos hospitalarios se corresponden con trabajadores al aire libre (construcción, agricultura...).

Otro efecto destacable del cambio climático sobre la salud es la modificación que se prevé tendrá en la dinámica de las enfermedades infecciosas transmitidas por vectores. En nuestras latitudes, podrían potenciarse las enfermedades ligadas a vectores de transmisión por su proximidad con África y por las condiciones climáticas cercanas a las de zonas donde hay este tipo de enfermedades. El posible riesgo vendría por extensión geográfica de vectores ya establecidos o por la importación e instalación de vectores sub-tropicales adaptados a sobrevivir en climas menos cálidos y más secos.

En este mismo sentido se expresan Juan Antonio Ortega García, miembro del ORCC que, junto con el equipo de la Unidad de Salud Medioambiental Pediátrica de la Arrixaca, ha realizado el capítulo 4.2. 'Pediatria y cambio climático en la Región de Murcia'.

#### D. Aumento del nivel del mar

El Cuarto Informe del IPCC predice un aumento del nivel del mar de hasta 50 centímetros hacia finales de este siglo.

En el Mediterráneo el nivel del mar aumentó menos de la media en los últimos cincuenta años -ocho centímetros en el caso del mar de Alborán en Málaga-, ya que, aunque desde los años 90 ha ascendido a un ritmo de entre 2,5 milímetros y un centímetro al año, entre las décadas de los 50 y los 90, el nivel había descendido como consecuencia de una excepcional subida de la presión atmosférica generalizada sobre todo el mar Mediterráneo, que forzaba la salida de agua por



Portada de “Cambio climático en el Mediterráneo español”, Instituto Español de Oceanografía y Ministerio de Educación y Ciencia.

Gibraltar. Un interesante informe realizado en este sentido es el elaborado por el Instituto Español de Oceanografía (IEO) junto con el Ministerio de Educación y Ciencia, titulado “Cambio climático en el Mediterráneo español”.

La disminución de esta presión a partir de los 90 y el ascenso de las temperaturas en la misma década provocaron el acusado aumento del nivel del mar.

El aumento del nivel del mar en las costas de la Región de Murcia sigue un esquema parecido. La elevación desde 1944 ha sido de 12 centímetros, de acuerdo con la información que se obtiene de la red de estaciones que el Instituto Español de Oceanografía ha establecido, de las que una de las estaciones de medidas está situada frente a Cabo de Palos (Figura 12). La información obtenida refleja que la subida se muestra mucho más rápida en los últimos años.

Durante los años 2007 y 2008 participaron en el ORCC Francisco Plaza Jorge y Eugenio Fraile Nuez, miembros del

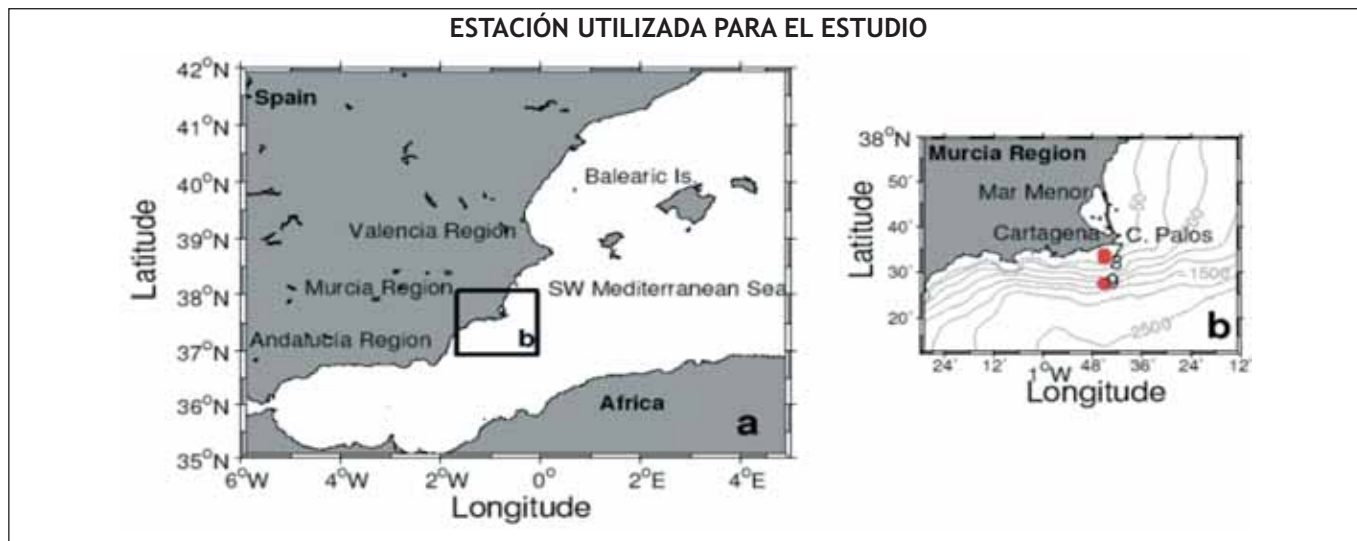


Figura 11. Elevación de 12 centímetros del nivel del mar por expansión térmica en las costas murcianas entre 1944 y 2007. Fuente: Francisco Plaza. IEO.



Grupo de Cambio Climático del IEO, que trabajaron directamente en la determinación del aumento del nivel del mar.

En relación con el rápido ascenso desde la década de los 90 (entre 2,5 y 10 milímetros por año), el Instituto Español de Oceanografía (IEO) predice que, “de seguir esta tendencia, el nivel de las aguas subiría entre 12,5 centímetros y medio metro en los próximos 50 años”<sup>6</sup>.

El IEO señala, igualmente, que, “aunque es pronto para afirmar que este ritmo de subida del nivel del mar vaya a mantenerse en las próximas décadas, hay que señalar que la aceleración de estas tendencias a partir de la década de los 90 es un fenómeno detectado a nivel global para todo el planeta”.

El IEO tiene muchos otros cometidos de interés relacionados con el cambio climático y el mar. Estos trabajos se muestran, de forma sintética, por el director del Centro Oceanográfico de Murcia del IEO, José María Bellido, actual miembro representante del IEO en el ORCC, en el capítulo 5.1 ‘Actividades de investigación en cambio climático del IEO’.

Otro aspecto a considerar es la pérdida de playas por el efecto más agresivo que van a tener los aumentos previstos sobre la dinámica litoral. En este sentido, se recogen los comentarios contenidos en la Tercera Comunicación Nacional de España al Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático:

«Si la velocidad de subida del nivel del mar es de 5 mm/año se necesitarían 1,5 m<sup>3</sup>/año por cada metro lineal de playas (15.000 m<sup>3</sup> 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, aun con subidas muy moderadas del nivel medio del mar.»

6. Fuente: nota de prensa oficial del Instituto Español de Oceanografía.

## E. Agricultura, pesca y biodiversidad

La Unión Europea está simulando los cambios en la agricultura tomando como horizonte el año 2080 respecto al periodo 1961-1990. Los resultados, aunque diversos dependiendo el modelo utilizado, predicen efectos positivos interpretados para la actividad agrícola en el levante mediterráneo español.

No obstante, los cambios en la temperatura pueden afectar a la productividad de los cultivos en los que está basada la agricultura de la Región de Murcia. Por esta razón, se ha abierto una línea de investigación en la que se simularán climas futuros en cámaras climáticas. Esta investigación está siendo realizada por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas en su centro de la Región de Murcia (CEBAS-CSIC)<sup>7</sup>. Igualmente está trabajando en esta línea el Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA)<sup>8</sup>.

Por lo que se refiere a los impactos en la pesca y los ecosistemas marinos, el jefe de Servicio de Pesca de la Comunidad Autónoma, Emilio María Dolores Pedrero, miembro del ORCC, ha descrito en las reuniones de trabajo que el esfuerzo pesquero se desplaza hacia el norte y cada vez a mayores distancias para poder obtener los mismos recursos. Este departamento señala que han detectado en las costas de la Región de Murcia especies termófilas características de la zona de aguas más cálidas como Canarias, y se empiezan a detectar cambios en la estructura de las praderas de posidonia oceánica, muy sensible a los cambios de temperatura y salinidad.

7. Proyecto desarrollado en el marco del convenio de colaboración entre la Consejería de Agricultura y Agua, la Universidad de Murcia (UMU), la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT) y el Centro de Edafología y Biología aplicada del Segura (CEBAS), para potenciar la investigación sobre los beneficios ambientales de la agricultura y su adaptación frente a los impactos del cambio climático. Investigadora principal: Micaela Carvajal Alcaraz, profesora de investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España.

8. Trabajos realizados por el investigador Francisco del Amor.





Figura 12. Impactos en la pesca y los ecosistemas marinos observados desde el Servicio de Pesca de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Fuente: Emlilio M<sup>a</sup> Dolores, jefe de Servicio de Pesca de la Comunidad Autónoma y miembro del ORCC.

Sobre la pradera de posidonia oceánica se centran investigaciones desarrolladas por la Universidad de Murcia<sup>9</sup>, que intentan la reproducción en vivero de plántulas para poder facilitar en su momento la restauración de las superficies dañadas.

De igual forma, se están ensayando los efectos del cambio climático sobre la distribución de especies forestales. Miguel Ángel Esteve, profesor titular de la Universidad de Murcia y miembro del ORCC, describe en el capítulo 5.2 'Efectos del cambio climático en la distribución de los bosques de *Tetraclinis articulata*'.

Entre las evidencias del cambio climático han destacado, por su espectacularidad, algunos hechos como la reducción de los glaciares o la apertura de vías navegables en el Ártico a consecuencia de la disminución del manto de hielo.

9. "Desarrollo de técnicas de restauración de praderas de posidonia oceánica mediante el reimplante de semillas". Más información sobre este trabajo se puede consultar en el Escaparate de Tecnologías y servicios ambientales <http://www.ecorresponsabilidad.es/ecoinnovacion.htm>



Figura 13. Proyecto de I+D+i de técnicas de restauración de ecosistemas marinos degradados (praderas de posidonia oceánica) por acciones antrópicas desarrollado por la Universidad de Murcia, el Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados y Contesta & Comprotec, S.L. Con esta tecnología se pretende reproducir artificialmente plántulas de posidonia oceánica que hasta ahora no se habían conseguido.

Hay otros muchos efectos del cambio climático que pasan más desapercibidos porque sus evidencias se manifiestan más lentamente, como son los cambios que afectan a los seres vivos.

Desde la antigüedad, en el medio rural se ha transmitido por vía oral, y excepcionalmente mediante anotaciones, la presencia más o menos puntual de las aves, insectos y ciclos vitales de las plantas. La disciplina que estudia los fenómenos biológicos que se presentan periódicamente, acomodados a ritmos estacionales, y que tienen relación con el clima y con el curso anual del tiempo atmosférico en un determinado lugar, es la fenología. Se trata de una disciplina fundamentalmente descriptiva y de observación, que se ha utilizado tradicionalmente para complementar las descripciones



Figura 14. Portada del Cuaderno de Observaciones Fenológicas de la Agencia Estatal de Meteorología y las estaciones fenológicas de la Región de Murcia.

del carácter climático de un año agrícola y para realizar estudios de climas locales.

En nuestro país, el Servicio Meteorológico Nacional puso en marcha en 1942 la observación fenológica mediante una red de colaboradores y un método normalizado de recogida de información. Los datos fenológicos son de gran importancia para entender los procesos de interacción entre la atmósfera y la biosfera, sobre todo de cara a los estudios de los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad. La información que durante décadas han ido generando los colaboradores de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) en varias estaciones distribuidas en la Región de Murcia es una información que hasta ahora no se había podido valorar al no estar informatizada.

En colaboración con la Delegación Territorial en Murcia de la AEMET, estamos procediendo a la informatización de los datos. La información almacenada cuenta con dos importantes inconvenientes: la escasa precisión en la toma de datos y las discontinuidades en las series temporales.

## 2. CONTRIBUIR A LA MITIGACIÓN

### 2.1. FOCALIZAR LOS ESFUERZOS HACIA LOS SECTORES DIFUSOS

En la Región de Murcia, algo más de la mitad de las emisiones de gases de efecto invernadero no corresponden a las grandes actividades industriales obligadas por 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. Una gran parte del conjunto de las emisiones (el 57%) está asociada a los denominados sectores difusos: transporte, sector residencial y actividades empresariales diversas que no están obligadas por la citada Ley.

Las emisiones de la Región en su conjunto han ido registrando un ligero aumento por encima de los valores objetivo del Protocolo de Kioto (que para España es +15%, es decir, en 2012 no deberán de haberse incrementado las emisiones en más de un 15% con respecto al año 1990) hasta la entrada en funcionamiento a partir de 2006 de nuevas centrales térmicas de gas natural en Escombreras, que suponen el 15%

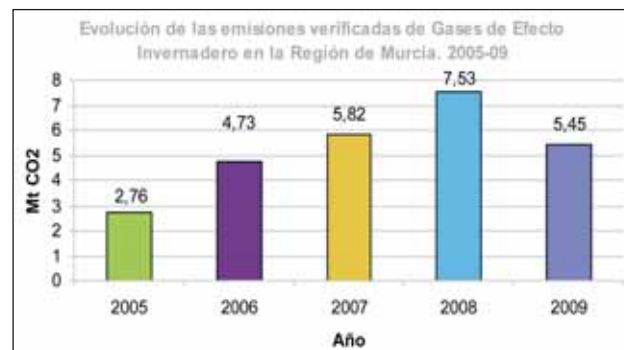


Figura 15. Evolución de las emisiones de las actividades industriales que están obligadas por la Ley 1/2005 al comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Región de Murcia 2005-2009 (millones de toneladas).

de la producción eléctrica nacional. Esta tendencia se rompe bruscamente en el año 2009 debido fundamentalmente a la crisis económica (especialmente en los sectores de producción de energía, refino de petróleo, cemento y cerámica).

En el anexo I de este libro se desarrolla la información relativa a la evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero regulados por el comercio de derechos de emisión.

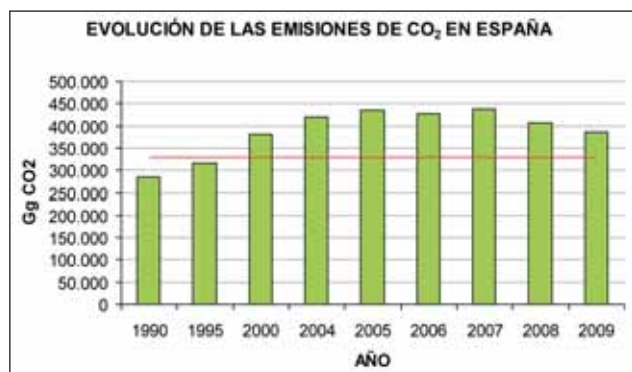


Figura 16. Evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero en España (miles de toneladas).



Figura 17. Evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero en la Región de Murcia en miles de toneladas (1990-2009).

La Unión Europea<sup>10</sup> exige reducir las emisiones en los sectores difusos en un 10% para el año 2020. Y sobre la importancia de reducir las emisiones, hay que señalar que según el informe STERN el coste social de cada tonelada de CO<sub>2</sub> emitida de más es de 85 dolares.

Entre las iniciativas desarrolladas se comentan a continuación, por su singularidad, la iniciativa RSCO<sub>2</sub>, que persigue canalizar los esfuerzos voluntarios de las empresas para compensar las emisiones de gases de efecto invernadero que no pueden ser reducidas, y la iniciativa Agricultura murciana como sumidero de CO<sub>2</sub>, que pretende conseguir el compromiso del sector agrícola en la lucha contra el cambio climático.

## 2.2. INICIATIVAS PARA UNA ECONOMÍA BAJA EN CARBONO

### 2.2.1. Iniciativa RSCO<sub>2</sub>

La compensación de aquellas emisiones que no pueden ser reducidas está siendo seguida en la actualidad por numerosas empresas y organizaciones de todo tipo que lo utilizan en su marketing. En nuestro país, este tipo de iniciativas y la correspondiente certificación de los esfuerzos ciu-



Figura 18. Logo identificativo de la etiqueta Responsabilidad social frente al cambio climático.

10. Decisión nº 406/2009/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, sobre el esfuerzo de los estados miembros para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero a fin de cumplir los compromisos adquiridos por la Comunidad hasta 2020 (DOUE nº L 140 de 5-6-09).

dadanos o empresariales habían sido desarrolladas sólo por ONGs.

En 2007 el Gobierno regional puso en marcha RSCO2 (BORM nº 299, de 29 de diciembre de 2007), única iniciativa de carácter gubernamental que impulsa la compensación que está especialmente orientada a las reforestaciones de espacios naturales.

Toda la información relacionada con la iniciativa se puede consultar en la web [www.rSCO2.es](http://www.rSCO2.es)

### 2.2.2. Iniciativa Agricultura murciana como sumidero de CO<sub>2</sub>

El CO<sub>2</sub>, como principal gas de efecto invernadero, contribuye al cambio climático con independencia del lugar en el que se producen las emisiones.

El cambio climático es una de las principales preocupaciones del consumidor europeo. En respuesta a esta demanda social, las grandes cadenas de supermercados están desarrollando campañas de comunicación y están empezando a aplicar el concepto de huella de carbono (*carbon footprint*, en inglés) a los alimentos. Para suministrar al consumidor información sobre el CO<sub>2</sub> emitido para la fabricación de un producto, parece más adecuado, cuando se trata de productos agrícolas, el uso del concepto de balance de carbono, que permite visualizar el beneficio ambiental que la agricultura ecoeficiente aporta, al comportarse como sumidero neto de CO<sub>2</sub>. En el capítulo 6.1. se comenta la iniciativa sobre etiquetado de carbono de los productos agrícolas desarrollada en la Región.

Sobre el comportamiento de la agricultura como sumidero de CO<sub>2</sub> son destacables los trabajos recientes de la Consejería de Agricultura de La Rioja, que valora en 1,1 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, en el conjunto de las 131.929 hectáreas de cultivo, y los trabajos del catedrático de Botánica de la Universidad Politécnica de Valencia que señala que los cítricos en la Comunidad Valenciana son el sumidero de 1,44 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.



Figura 19. Microsite de la web [www.rSCO2.es](http://www.rSCO2.es) donde se pueden localizar los proyectos de compensación ambiental realizados en el marco de la iniciativa RSCO2.

Como ha señalado el director general adjunto de la FAO, Alexander Müller, “el mundo tendrá que utilizar todas las opciones para contener el calentamiento global dentro de los dos grados centígrados. La agricultura y el uso de la tierra tienen el potencial de ayudar a minimizar las emisiones netas de gases de efecto invernadero a través de prácticas



Figura 20. Logotipo del sello LessCO2.





Figura 21. Página web [www.lessco2.es](http://www.lessco2.es)

precisas, en especial almacenar carbono en el suelo y la biomasa. Estas prácticas pueden incrementar al mismo tiempo la productividad y la capacidad de resistencia de la agricultura, contribuyendo así a la seguridad alimentaria y la reducción de la pobreza”.

La aportación de la agricultura a la mitigación del cambio climático dependerá de si las explotaciones agrarias desarrollan su actividad capturando más CO<sub>2</sub> que el emitido por uso de maquinaria, laboreo y abono nitrogenado para poder generar su producción. El capítulo 6.1. describe la iniciativa Agricultura murciana como sumidero de CO<sub>2</sub> y la marca LessCO2 como primera experiencia en nuestro país del etiquetado de carbono aplicado a productos agrícolas. En el capítulo 6.2. José María Egea, catedrático de la Universidad de Murcia y miembro del ORCC, destaca el papel de la agricultura ecológica como alternativa productiva ante el cambio climático.

En este sentido de optimizar los procesos agrícolas para reducir las emisiones, es de interés el proyecto LIFE+ “Lucha contra el cambio climático desde explotaciones agrarias: sistema común de evaluación en las 4 mayores economías agra-

rias de la UE”, en el que la Región de Murcia participa junto a socios de Francia, Alemania e Italia.

Este proyecto trata de consensuar una metodología común para la evaluación de emisiones de una actividad agrícola, y luego ensayar su aplicación y la redacción de planes concretos de medidas de reducción de emisiones en 120 explotaciones agrícolas del conjunto de Europa, de las cuales 24 se habrán de realizar en la Región de Murcia.

De la misma forma, es de interés el trabajo de la Plataforma Tecnológica de Agricultura Sostenible, en la que la Consejería de Agricultura y Agua coordina el grupo transversal “Cambio climático: retos y oportunidades para el sector agrario” ([www.agriculturasostenible.org](http://www.agriculturasostenible.org)).

Un aspecto importante del comportamiento de los sumideros agrícolas es el tiempo de permanencia del carbono retirado o almacenado de la atmósfera, donde el suelo es una pieza fundamental. Parte del CO<sub>2</sub> que fija la planta queda almacenado como carbono en el suelo y en sus raíces, comportándose como un sumidero a largo plazo. En algunas reuniones del ORCC se ha debatido sobre el importante papel de los suelos como sumidero y al mismo tiempo como elemento de lucha contra la erosión. Hay que reconocer en este punto los importantes trabajos desarrollados por María José Martínez, profesora de la Universidad de Murcia y miembro del ORCC, experta en suelos.

### 2.2.3. Ahorrar emisiones modificando las pautas de producción y consumo

El camino hacia el desarrollo sostenible requiere un cambio sustancial en los modos de producción y consumo. Estos cambios que nos hacen más responsables ambientalmente (ecorresponsabilidad) pueden ser fomentados difundiendo las oportunidades que brinda la ecoeficiencia, es decir, producir con mayor eficiencia económica y con menor consumo de los recursos ambientales, con lo que se consigue la protección del medio ambiente.



Figura 22. Cartel de la obra de teatro ‘Quiero ser ecoeficiente para luchar contra el cambio climático, ¿me sigues?’.

Parece lógico, en consecuencia, aprovechar las motivaciones vinculadas a la reducción de costes en las facturas de electricidad, agua y otros recursos como el papel, gasolina, gasoil... y explicar los beneficios ambientales que estas ventajas económicas suponen, es decir, incentivar la ecoeficiencia con proyectos de demostración reales en el ámbito de la escuela y trasladarlos al núcleo familiar. El alumno calculando la huella de CO<sub>2</sub> de su hogar contribuiría a la conciencia del papel que puede desempeñar su familia en la mitigación de las emisión de CO<sub>2</sub>. Para estos objetivos



Figura 23. Microsite de la web [www.ecorresponsabilidad.es](http://www.ecorresponsabilidad.es) donde se encuentra alojada la Eco<sub>2</sub>-calculadora.

se ha escrito una obra de teatro, ‘Quiero ser ecoeficiente para luchar contra el cambio climático, ¿me sigues?’, que ha sido representada en distintos municipios de la Región.

Antonio Soler, miembro del ORCC, en el capítulo 7.2. ‘Problemática de la comunicación frente al cambio climático’, avanza en cómo deben desarrollarse los esfuerzos de sensibilización, capacitación y búsqueda de un sentido de responsabilidad social respecto al problema del cambio climático.

Para valorar el esfuerzo responsable de una empresa o un ciudadano es necesario en primer lugar poder calcular sus emisiones, y en especial aquellas que se realizan de forma directa. Por esta razón, se desarrolló una calculadora que de forma práctica e ilustrativa permite a los ciudadanos y empresas conocer sus emisiones de gases de efecto invernadero, de tal manera que puedan fijar unos objetivos claros de sostenibilidad y adoptar medidas correctoras en materia de ahorro de energía y consumo de combustibles y recursos para fomentar la ecoeficiencia en todos los sectores.

La mayor parte de los ciudadanos tienen clara la relación entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el consumo de energía y de combustibles, pero tal vez no es tan conocido que se emiten 4 kilos de CO<sub>2</sub> para que un metro cúbico de agua sea potabilizada y llegue a nuestras viviendas. Para determinar este factor de emisión hay que agradecer los trabajos de Amalio Garrido, ex director del Ente Público del Agua y miembro del ORCC, cuya síntesis se recoge en el capítulo 7.1. ‘Ahorro en emisiones de CO<sub>2</sub> por ahorro en consumo de agua’.

Como se ha señalado, numerosas empresas empiezan ya a sumarse a la tendencia de informar sobre la huella de carbono de sus productos. Importantes cadenas de supermercados del Reino Unido se han planteado incluir la huella del carbono en la información suministrada a los consumidores en los alimentos. La huella de carbono, adaptada a los productos expuestos en los supermercados, reflejaría las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas en la fabricación, envasado y empaquetado, así como en el transporte hasta el supermercado.

Con iniciativas como ésta, se pretende que los propios consumidores decidan qué productos comprar sobre la base de las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas como resultado de los procesos por los que han pasado. Un producto con una mayor proporción de envases tendrá una huella de carbono más elevada; también los que provengan de países lejanos, si no utilizan medios alternativos a los combustibles de origen fósil, supondrán una huella de carbono más elevada, porque es necesaria mayor cantidad de recursos energéticos consumidos en el transporte para llegar hasta el consumidor.

En una región como la nuestra, con una industria agroalimentaria cuyos productos son exportados principalmente al mercado europeo y a la que por parte de determinadas cadenas de supermercados se les empieza a exigir que aporten información sobre su huella de carbono, hay que facilitar la herramienta para que los profesionales de las empresas puedan cumplir con las demandas de sus clientes. Para esto se ha desarrollado una herramienta de cálculo de la huella de carbono de productos.



Figura 24. Herramienta informática para el cálculo de la huella de carbono de un producto.

En plena crisis económica y financiera, el objetivo de reducir las emisiones, además de necesario, puede ser económicamente rentable, y esto es plenamente alcanzable debido al avance en el conocimiento científico y las nuevas tecnologías.

El rendimiento ecoeficiente de muchos instrumentos y procesos no para de crecer. Por ejemplo, cuando se consiguió fabricar la primera bombilla de bajo consumo que consumía la mitad que una bombilla convencional, suministrando la misma intensidad lumínica, se había mejorado la eficiencia el doble, es decir, se había alcanzado un factor de 2. Cuando los fabricantes de estas bombillas consiguieron que la intensidad lumínica fuera el doble, la eficiencia conseguida pasó a ser de un factor de 4. Hoy son habituales, y las mostramos como uno de los ejemplos de ecoeficiencia en la página web





En este foro multidisciplinar que es el Observatorio Regional del Cambio Climático, en el que se sientan en una misma mesa científicos, responsables técnicos de la Administración y directivos de organizaciones diversas, nos propusimos avanzar más allá de los trabajos propios de las convocatorias del ORCC y volcar nuestras observaciones y planteamientos en este libro colectivo.

Siempre hemos pensado que en un tema de amplia preocupación, como es el cambio climático, los expertos deben ir trasladando a la sociedad los conocimientos adquiridos.

Este libro contribuye al cumplimiento de este objetivo. Por esta razón, como coordinador del ORCC agradezco a todos mis compañeros su colaboración desinteresada.



2

Clima y  
cambio climático

## 2.1. Clima y cambio climático

**Fernando Belda Esplugues**

Delegado Territorial en la Región de Murcia  
 Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)

**Ramón Garrido Abenza**

Jefe del Dpto. de Coordinación de las Delegaciones Territoriales  
 Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)

En estas páginas se recoge una síntesis de las diferentes exposiciones que se han realizado en el I Foro de Responsabilidad Ambiental y Desarrollo Sostenible, así como otras intervenciones impartidas en el seno de la Comisión de Expertos de Cambio Climático desde el 2007 hasta la actualidad.

La celebración de dicho foro resultó de gran interés y, entre otros objetivos, contribuyó a la concienciación de la sociedad sobre el papel que ella misma puede desempeñar en la solución o mitigación de problemas como el del cambio climático.

En esta presentación sólo se incluyen los datos más necesarios para centrar la cuestión, y se estructura a modo de reflexión sobre cuatro cuestiones: ¿qué es el clima?, ¿cuáles son las causas del cambio climático?, ¿qué está pasando con el clima?, ¿qué va a pasar con el clima?

### 1. ¿QUÉ ES EL CLIMA?

Es la primera pregunta a la que habría que tratar de responder, aunque parezca elemental. Empecemos aclarando la diferencia entre tiempo y clima, que son conceptos diferentes. El tiempo no es más que el estado de la atmósfera en un momento dado, y la ciencia que lo estudia es la meteorología.

Por su parte, el clima no es sino la síntesis de las condiciones meteorológicas de un lugar, durante un período de referencia suficientemente largo. La ciencia que lo estudia es la climatología, que tiene relación con la meteorología, pero también con otras disciplinas como la geografía o la astrono-

mía. Pero el clima de un lugar no es fijo, sino que, aunque lentamente, siempre está cambiando. El clima no es más que el resultado de la interacción de los elementos que componen el denominado “sistema climático”, integrado por la atmósfera, la hidrosfera, la litosfera, la criosfera y la biosfera, de manera que un cambio en uno de ellos induce cambios en los demás.

### 2. ¿CUÁLES SON LAS CAUSAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO?

El cambio en el clima de un lugar puede obedecer a causas externas al planeta o a causas internas.

Entre las causas externas podríamos citar los cambios en la geometría de la órbita terrestre (que se producen más o menos cíclicamente cada 100.000 años y originan variaciones de la temperatura del orden de 6 a 8 °C), así como la inclinación del eje de rotación (con un período en torno a los 40.000 años) y la precesión de ese mismo eje (con un ciclo de unos 20.000 años). También cabría citar los ciclos solares (típicamente de 11 ó 22 años), así como la caída de meteoritos.

En lo que respecta a las causas internas al planeta, hay que incluir las erupciones volcánicas (que inyectan gran cantidad de polvo y cenizas a la atmósfera), los aerosoles y los cambios en la superficie terrestre (ya sean de origen natural o debidos a la acción del hombre: aquí incluiríamos los cambios debidos a la desertificación, la deforestación, los cambios en el albedo, etc.), así como la deriva continental. Pero la causa interna de mayor trascendencia es el efecto inver-

nadero, por el cual la atmósfera terrestre permite el paso de una gran cantidad de radiación solar hasta la superficie, pero que, en cambio, es bastante más opaca a la radiación de onda larga (o infrarroja) que emite la Tierra, dando como resultado que parte de esta última radiación sea absorbida y reemitida por la atmósfera, aportando calor a las capas bajas.

El conjunto de gases que se encuentran en la atmósfera que son responsables de este efecto se suelen denominar como “gases de efecto invernadero” (GEIs). Entre ellos cabe citar al dióxido de carbono, al metano, al óxido nitroso y a los compuestos clorofluorocarbonados (CFCs). También el vapor de agua juega un papel trascendental en la contribución al efecto invernadero.

El conjunto de los GEIs origina que las condiciones ambientales en la Tierra sean propicias para la vida tal como la conocemos los humanos, pues este planeta, sin efecto invernadero, tendría una temperatura media de  $-18^{\circ}\text{C}$ . Es, precisamente, la presencia de esos gases la que origina que la temperatura media se incremente hasta los  $15^{\circ}\text{C}$ .

Los GEIs pueden ser de origen natural o humano. A los efectos de definir el cambio climático, en la Conferencia de Río, en el año 1992, se decidió adoptar la siguiente convención: “Es un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a actividades humanas, que alteran la composición de la atmósfera mundial y que viene a añadirse a la variabilidad natural del clima”.

### 3. ¿QUÉ ESTÁ PASANDO CON EL CLIMA?

Resumidamente, se ha observado que, en los últimos 100 años, la temperatura media de la Tierra se ha incrementado más de  $0,7^{\circ}\text{C}$ , lo que supone la mayor tasa de variación en el hemisferio norte de los últimos 1.000 años. También se han registrado cambios en los patrones de precipitación y una elevación del nivel del mar, que oscila entre 15 y 20 centímetros, por término medio. Estos cambios son achacables,

en gran medida y sin ninguna duda, al aumento que se ha experimentado en la concentración de GEIs en la atmósfera.

Esto se ha visto acompañado de grandes masas de hielo que se han fundido, retroceso de los glaciares (con un descenso de la criosfera en el hemisferio norte del 7%), cambios en los ritmos de la flora y la fauna, etc.

A nivel mundial, 2009 se clasifica entre los diez años más cálidos desde que comenzaron los registros climáticos instrumentales en 1850, según las fuentes de datos consultadas por la Organización Meteorológica Mundial (OMM). La temperatura mundial combinada del aire en la superficie del mar y en la superficie terrestre en 2009 es actualmente  $0,44^{\circ}\text{C}$  por encima de la media anual de  $14,00^{\circ}\text{C}$  correspondiente a 1961-1990. En la clasificación actual, 2009 figura como el quinto año más cálido. El decenio de 2000 (2000-2009) fue más cálido que el de 1990 (1990-1999), el cual, a su vez, fue más cálido que el de 1980 (1980-1989).

En España, el incremento de la temperatura en los últimos 25 años ha sido del orden de  $1,5^{\circ}\text{C}$ . En concreto en el año 2009 la temperatura media supera en  $1,16^{\circ}\text{C}$  el valor medio normal (período de referencia 1971-2000), siendo el tercer año más cálido desde 1961, sólo superado por los años 2006 y 1995. Datos similares podrían encontrarse al hablar de la Región de Murcia, donde en el período que va desde 1971 hasta 2005 la temperatura media ha subido desde  $15,5^{\circ}\text{C}$  hasta alrededor de  $17^{\circ}\text{C}$ , en una tendencia claramente ascendente (Figura 1).

En lo que respecta a la precipitación, a la vista de la Figura 2a, cabe concluir que, en ese mismo período comprendido entre 1961 y 2009, no se aprecia tendencia significativa alguna, aunque, como es propio del clima de la Región de Murcia, se comprueba una gran variabilidad de un año a otro. No obstante, otros datos complementarios (Figura 2b) parecen indicar una modificación del patrón de precipitaciones, de manera que el típico máximo pluviométrico del mes de octubre pudiera estar debilitándose a favor de los meses primaverales, junto con registros veraniegos más secos.

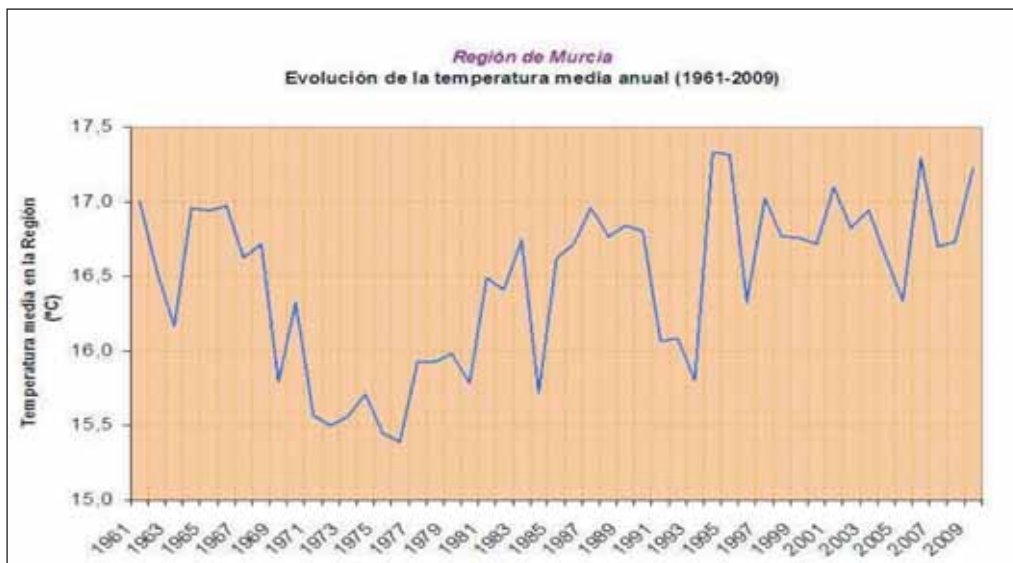


Figura 1. Temperatura media anual en la Región de Murcia entre 1971 y 2009.

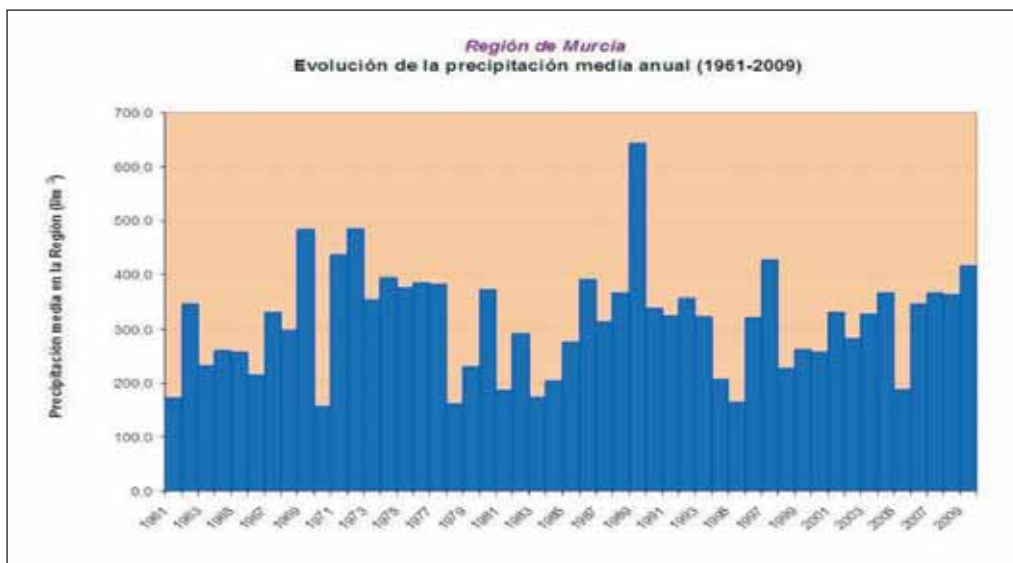


Figura 2a. Precipitación anual sobre la Región de Murcia entre 1971 y 2009.

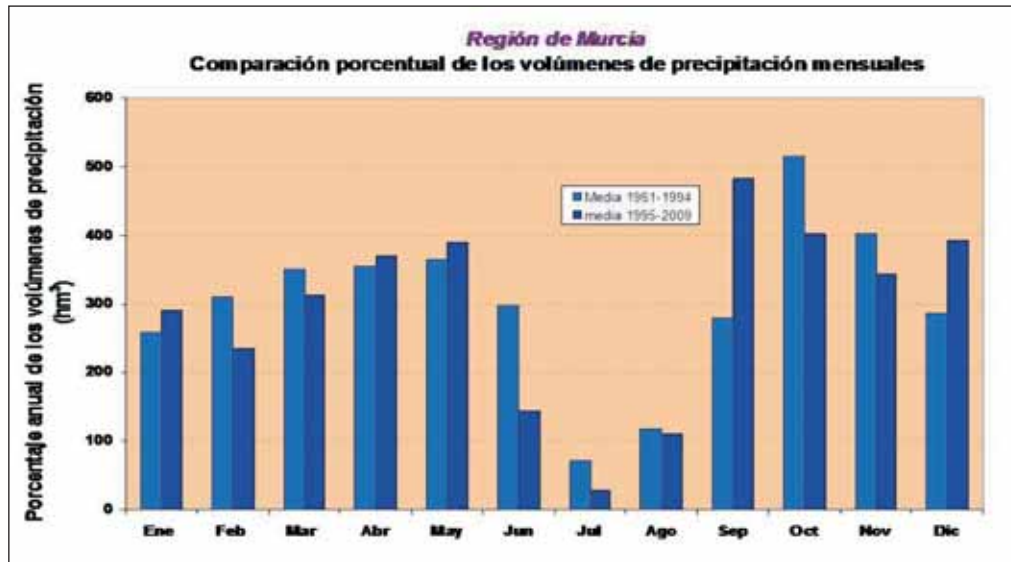


Figura 2b. Comparación porcentual de los volúmenes de precipitación mensuales.

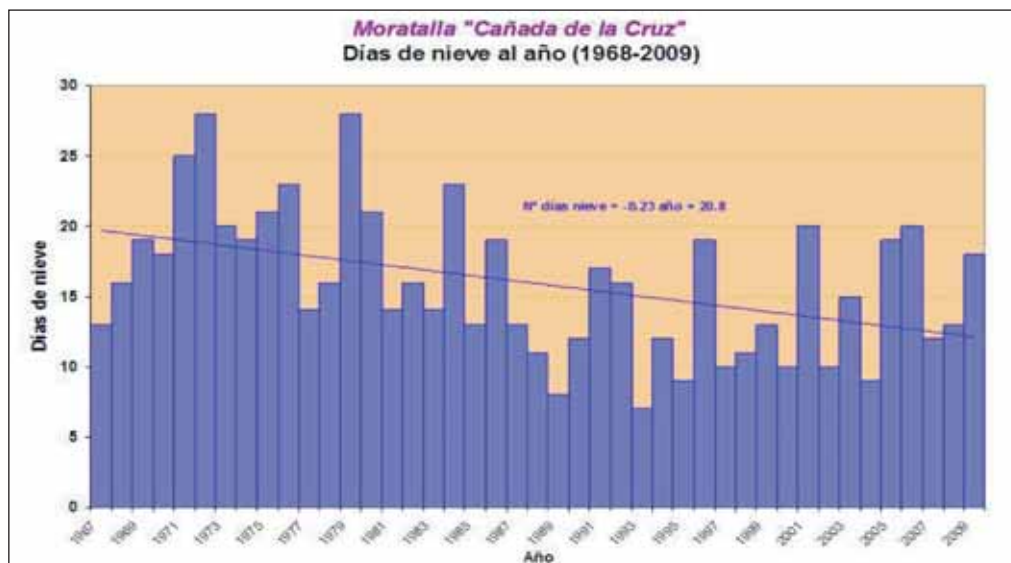


Figura 3. Número de días con precipitación de nieve en Cañada de la Cruz (Moratalla), entre 1968 y 2009.

La combinación de ambos elementos climáticos (temperatura y precipitación) es muy ilustrativa de los cambios que se están produciendo. De ese modo, en la Figura 3 se recoge la variación del número de días de nieve en la estación meteorológica de Cañada de la Cruz, entre los años 1968 y 2009, observándose una reducción significativa.

La lista de efemérides climáticas recientes es muy extensa. Entre las registradas en el 2009 cabría citar, de manera no exhaustiva y combinando las escalas mundial, nacional, regional y local, las siguientes:

- En el 2009 se registraron temperaturas superiores a lo normal casi en todas las partes del mundo, siendo el año más cálido en grandes zonas de Asia meridional y África central. En muchas partes del mundo se registraron fenómenos climáticos extremos, entre los que cabe citar inundaciones devastadoras, sequías graves, tormentas de nieve y olas de calor y frío.
- En España, el año 2009 ha sido el tercer año más cálido desde 1961, sólo superado por los años 2006 y 1995.
- También en la Región de Murcia en el año 2009 la temperatura media ha superado en más de un grado al correspondiente valor normal (promedio del período 1971-2000), y ha sido de los más calurosos junto con los años 1994, 1995 y 2006.

#### 4. ¿QUÉ VA A PASAR CON EL CLIMA?

De acuerdo con las conclusiones del Cuarto Informe del Panel Intergubernamental de Expertos para el Cambio Climático (IPCC), del año 2007, la temperatura media en el planeta podría incrementarse entre 1,8 y 4 °C en los próximos 100 años. Se produciría también un incremento en las anomalías de temperatura y de precipitación, con un notable incremento de las lluvias torrenciales y de las sequías. En general, se prevé un aumento de las precipitaciones en latitudes altas, y una disminución en latitudes bajas.

También se prevé un incremento de la elevación del nivel del mar, de entre 28 y 58 centímetros, y un aumento en la severidad de los ciclones tropicales.

Todas estas consecuencias llevarán aparejadas a su vez otras, que afectarán a los ecosistemas, originando cambios de comportamiento en los animales y en la cadena alimenticia, un corrimiento altitudinal de las especies vegetales, con cambios en la floración o maduración de frutos. Los efectos sobre la producción agrícola o sobre los incendios forestales pueden ser considerables.

También habrá repercusiones en sectores como el energético (con un aumento del gasto en refrigeración, no compensado por el descenso en calefacción) o el de recursos hídricos (con una mayor evapotranspiración).

También se teme que los cambios afecten a la salud humana, con olas de calor más frecuente y más graves. Es de esperar migraciones y que otros sectores, como el del turismo, también se vean afectados.

Cuando se trata de estimar los posibles cambios en zonas concretas surgen bastantes incertidumbres, tanto mayores cuanto menor sea el territorio considerado. Para la Península Ibérica, en el horizonte de 100 años, se espera un incremento de las temperaturas máximas de entre 4 y 5 °C en el interior, sobre todo en verano, según el promedio de diversos modelos climáticos. En lo que respecta a las precipitaciones, las incertidumbre son mayores, esperándose un descenso de entre el 10 y el 40% en el sur, y alrededor del 10% en el norte.

En todo caso, el efecto combinado de estas variaciones representa un claro descenso de los recursos hídricos disponibles, que se cifra entre un 20 y un 40% hacia finales de siglo.

Los GEIs permanecerán en la atmósfera muchos años, aunque consiguiéramos reducir de inmediato sus emisiones. La temperatura y el nivel del mar seguirán aumentando. Y aunque hay algunas incertidumbres, las medidas para mitigar los efectos del cambio climático no deberían posponerse.

## 5. LÍNEAS DE TRABAJO DE LA AEMET EN TORNO AL CAMBIO CLIMÁTICO.

Las líneas de trabajo de la Agencia Estatal de Meteorología se inscriben en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PMACC), del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

En él se establece un marco de referencia general para las actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al CC. Para su puesta en marcha, es imprescindible el conocimiento del clima actual (análisis de datos de la red de observación - 1863) y de las proyecciones climáticas, que sirva a los diferentes sectores sensibles a las condiciones climáticas para tomar sus decisiones.

En un primer programa de trabajo (2006), se encargó al Instituto Nacional de Meteorología (INM, predecesor de la AEMET) llevar a cabo la “Generación de Escenarios Climáticos Regionalizados para toda España”, que permitiera la generación de forma coordinada y consensuada, avalada por la comunidad científica española. Ello dio origen a un programa coordinado, asignado al INM, en cuya redacción participaron diversos expertos de distintas instituciones.

En este programa, se pretendió incluir una gran variedad de métodos y modelos climáticos (globales y regionales), para estudiar mejor las incertidumbres y proporcionar proyecciones climáticas más robustas. Los resultados obtenidos han dado paso a un proceso continuo de revisión y publicación.

En la actualidad, se trabaja en diferentes líneas de investigación y desarrollo, destacando en este caso:

### 5.1. GENERACIÓN Y ANÁLISIS DE SERIES LARGAS DE PRECIPITACIÓN

En el campo de los aspectos observacionales del clima, en 2009 se comenzaron dos nuevos proyectos. El primero de ellos es la generación de series históricas mensuales de precipitación para estudios de variabilidad y caracterización del

clima. Estas series serán convenientemente controladas en su calidad, sus lagunas rellenadas, homogeneizadas, y permitirán mejorar el análisis de la evolución de la precipitación sobre España, ya que cubren razonablemente el territorio con aproximadamente 60-70 estaciones. El segundo proyecto se refiere a la comparación de las propiedades de *clustering* de sucesos extremos climáticos de precipitación y temperatura diarias. Las propiedades de *clustering* se han analizado usando el denominado índice extremal. Las comparaciones se han hecho para precipitación diaria extrema en otoño (octubre-noviembre) y primavera (marzo-abril), sobre 39 observatorios de la Península y Baleares. Para la temperatura diaria extrema se ha hecho sobre el verano (julio-agosto), en lo que se refiere a temperaturas muy cálidas, y el invierno (diciembre-enero), para temperaturas muy frías.

### 5.2. GENERACIÓN DE PROYECCIONES REGIONALIZADAS DE CAMBIO CLIMÁTICO Y SU ALMACENAMIENTO Y DIFUSIÓN

Respecto a las proyecciones regionalizadas de cambio climático, las principales actividades en 2009 se han enfocado en la finalización de la evaluación de los modelos del AR4-IPCC que se utilizarán en la siguiente entrega de proyecciones regionalizadas y en el desarrollo de las técnicas de regionalización.

En cuanto a las técnicas de regionalización hay que destacar la puesta en funcionamiento del modelo regional del clima RCA en el ECMWF y la preparación del método de análogos para las Islas Canarias. Además se ha comenzado el trabajo y las pruebas preliminares con el modelo EC-Earth de cara a participar en las integraciones en el marco del proyecto CMIP5 que constituirán la base del quinto informe de evaluación del IPCC.

Se ha avanzado en la preparación del atlas de cambio climático que facilitará el acceso gráfico a la información de proyecciones regionalizadas de cambio climático. Para el proyecto de escenarios, aparte de los recursos del área se ha contado



con la colaboración de personal de la Delegación Territorial de AEMET en Murcia. Además se están coordinando los esfuerzos en este campo que se realizan por diversos grupos universitarios españoles con la intención final de agrupar toda la información disponible al final de la segunda fase del proyecto en un único portal gestionado por AEMET.

### 5.3. METEOROLOGÍA Y FENOLOGÍA

En los campos y montes con el paso de los meses se observan cambios en la morfología y función de las plantas y animales, en la composición y estructura de las biocenosis de los ecosistemas y en la evolución de los cultivos. La fenología es la ciencia que estudia los fenómenos biológicos que se presentan periódicamente acoplados a ritmos estacionales y que tienen relación con el clima y con el curso anual del tiempo atmosférico en un determinado lugar. En agosto de 1942 la Sección de Climatología de la Oficina Central del Servicio Meteorológico Nacional distribuyó unas instrucciones tituladas “Las observaciones fenológicas, indicaciones para su implantación en España”, escritas por el meteorólogo José Batista Díaz, y desde 1943 se realizan unos mapas de isofenas para el Calendario Meteorológico (antiguo calendario “meteorofenológico”).

En la actualidad la AEMET en Murcia dispone de información fenológica correspondiente a cinco estaciones, a saber, Benizar (desde 1945), Cehegín (desde 2005), San Magín (desde 1951), Puerto Lumbreras (desde 1941) y Yecla (desde 1998), así como información histórica de otras 18 estaciones meteorológicas-fenológicas distribuidas en la Región.

## 2.2 Incertidumbres en las proyecciones de cambio climático

Juan Pedro Montávez, Sonia Jerez, Juan José Gómez-Navarro, Juan Andrés García-Valero,  
Raquel Lorente-Plazas y Pedro Jiménez-Guerrero  
Grupo de Modelización Atmosférica Regional  
Departamento de Física. Universidad de Murcia

### 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más importantes a los que ha de enfrentarse la sociedad actual es el conocido como cambio climático antrópico. La causa fundamental a la que se atribuye el cambio climático es el aumento de los gases de efecto invernadero, principalmente el CO<sub>2</sub>, que ocasiona una intensificación del efecto invernadero.

Es esperable que la modificación del balance radiativo, además de perturbar la temperatura media del planeta, modifique la circulación atmosférica, provocando cambios climáticos muy distintos en diferentes regiones del planeta.

Las consecuencias de dichos cambios climáticos regionales pueden ser muy diversas: aumento de eventos extremos como olas de calor, inundaciones, sequías, modificaciones de regímenes hídricos, etc.

Ante esta situación se hace imprescindible una reacción de la sociedad para afrontar los problemas que se puedan derivar de esos cada vez más probables efectos del cambio climático.

Hay dos tipos fundamentales de actuaciones frente a este problema: estrategias de mitigación del cambio climático y estrategias de adaptación a los posibles cambios. Las primeras se basan fundamentalmente en la reducción de emisiones o en la creación de sumideros de CO<sub>2</sub>. Es complicado que las acciones que se puedan ejercer en esta línea atajen el problema, con lo que las estrategias de adaptación se convierten en fundamentales.

Para poder adaptarse a los efectos del cambio climático se hace necesario tener alguna estimación de cuáles son los cambios más probables que se puedan dar a escalas regionales. Y aquí comienza el gran problema científico: intentar crear proyecciones de cierta credibilidad sobre el clima del futuro.

Para entender la problemática de las incertidumbres asociadas a las proyecciones de cambio climático se hace necesario conocer el proceso de creación de una proyección climática.

### 2. ¿CÓMO SE HACE UNA PROYECCIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO?

El primer requisito para poder realizar una proyección es establecer un escenario de emisiones y por tanto de concentración de gases de efecto invernadero (GEIs). Esto significa hacer una serie de suposiciones a nivel global sobre el comportamiento de las economías y por lo tanto de la actividad industrial, el desarrollo demográfico, el nivel de cumplimiento de ciertos protocolos establecidos, el desarrollo tecnológico, etc. A partir de estas suposiciones, y la utilización de complicados estimadores, se establecen unas líneas de evolución que marcan el forzamiento radiativo al que se puede ver sometido el clima en el futuro.

Una vez se tiene una estimación de la concentración de los GEIs se realizan experimentos numéricos mediante los modelos climáticos globales, introduciendo en ellos (forzando) las curvas evolutivas.

Estos modelos generan un clima, en principio, acorde al forzamiento proporcionado. No obstante para muchos de los estudios de adaptación la resolución espacial, del orden de cientos de kilómetros, de estos modelos globales es insuficiente para poder aplicar los resultados a algunos estudios de adaptación.

Para aumentar la resolución espacial y por lo tanto evaluar los cambios a escala regional, del orden de unas pocas decenas de kilómetros, se utilizan técnicas de regionalización que pueden ser tanto estadísticas como dinámicas. Estas últimas son las más utilizadas y consisten básicamente en anidar a las salidas del modelo global un modelo regional en el área de interés con una resolución mucho mayor y con una física más completa que caracterice mejor las circulaciones regionales.

### 3. LA CASCADA DE INCERTIDUMBRES

Cada uno de los pasos mencionados en el apartado anterior introduce en el sistema de proyección un determinado rango de incertidumbre.

El primer paso es el establecimiento de los escenarios de futuro. Conocer las emisiones y concentraciones del futuro es una tarea ardua y sujeta a muchas fuentes de variación, tanto en el uso de distintos modelos macroeconómicos como en los progresos tecnológicos, y en la propia evolución errática de la economía mundial, etc. Entonces lo que se hace es plantear distintas posibles evoluciones intentando siempre captar el posible rango de variación. En la Figura 1 se presenta la familia de escenarios de concentraciones de Special Report on Emissions Scenarios (SRES).

Cada escenario de emisiones, cada forzamiento que se introduce en un modelo climático, producirá una evolución climática distinta tanto de la precipitación como de la temperatura, así como en el resto de variables climáticas.

La siguiente fuente de incertidumbre estará relacionada con el modelo climático global que se emplee. Ante la pre-



Figura 1. Familia de escenarios de SRES. Se representan las posibles evoluciones de concentraciones de CO<sub>2</sub> equivalentes en ppmv.



Figura 2. Evolución de la temperatura en la Región de Murcia respecto al periodo 1990-2010. Cada color identifica un escenario (negro A2, rojo A1B, verde B1). Cada trazo representa un experimento realizado con diferentes modelos (Continuo-ECHAM5, trazos-HadCM3, puntos-CCSM3).

gunta “¿distintos modelos climáticos globales dan proyecciones similares utilizando el mismo escenario de emisiones?”, la respuesta es no.

En la Figura 2 se pueden ver las líneas evolutivas del incremento de temperatura proyectado en la Región de Murcia por tres modelos globales diferentes forzados con distintos escenarios de emisiones. Los escenarios que se presentan son A2, A1B y B1. Los A2 y B1 pueden considerarse como situaciones extremas de emisión de GEIs (Figura 1); por lo tanto, el conjunto de las líneas evolutivas presentadas pueden ser una buena estimación del calentamiento que se proyecta.

Observamos que para la Región de Murcia, en promedio anual y espacial, se proyecta un incremento que para final de siglo puede estar entre 0,5 y 3,5 grados. No obstante, este calentamiento no afectaría por igual a toda la Comuni-

dad, estando las zonas costeras menos afectadas. (Al final del texto se presentará un ejemplo de calentamiento.)

Incluso cabe preguntarse si un mismo modelo bajo un mismo forzamiento da siempre la misma proyección. De nuevo la respuesta es no. El sistema climático es un sistema no lineal y caracterizado por una variabilidad interna que hace que un modelo forzado con un determinado escenario pueda dar diferentes proyecciones para un periodo concreto, dependiendo de forma cuasi aleatoria de las condiciones iniciales que se empleen.

Como se mencionó anteriormente la resolución de estos modelos es muy burda y a veces no son capaces de reproducir efectos a escala regional. En la Figura 3 se representa la resolución de uno de los modelos globales presentados anteriormente, y la representación de lo mismo con una resolución de 5 km. La realización de experimentos globales con resolu-

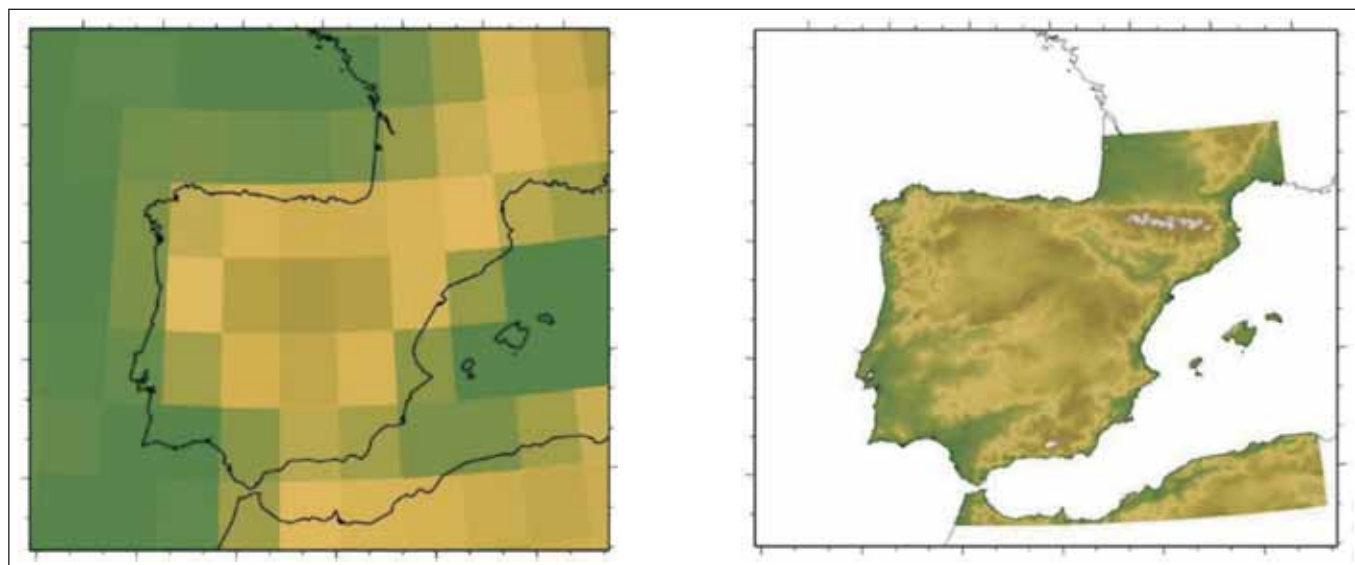


Figura 3. Ejemplo de resolución espacial usual de un modelo global (izquierda) frente a una resolución espacial de 5 km (derecha). Es importante apreciar la imposibilidad de representar las circulaciones regionales en la Península Ibérica por medio de estos modelos.

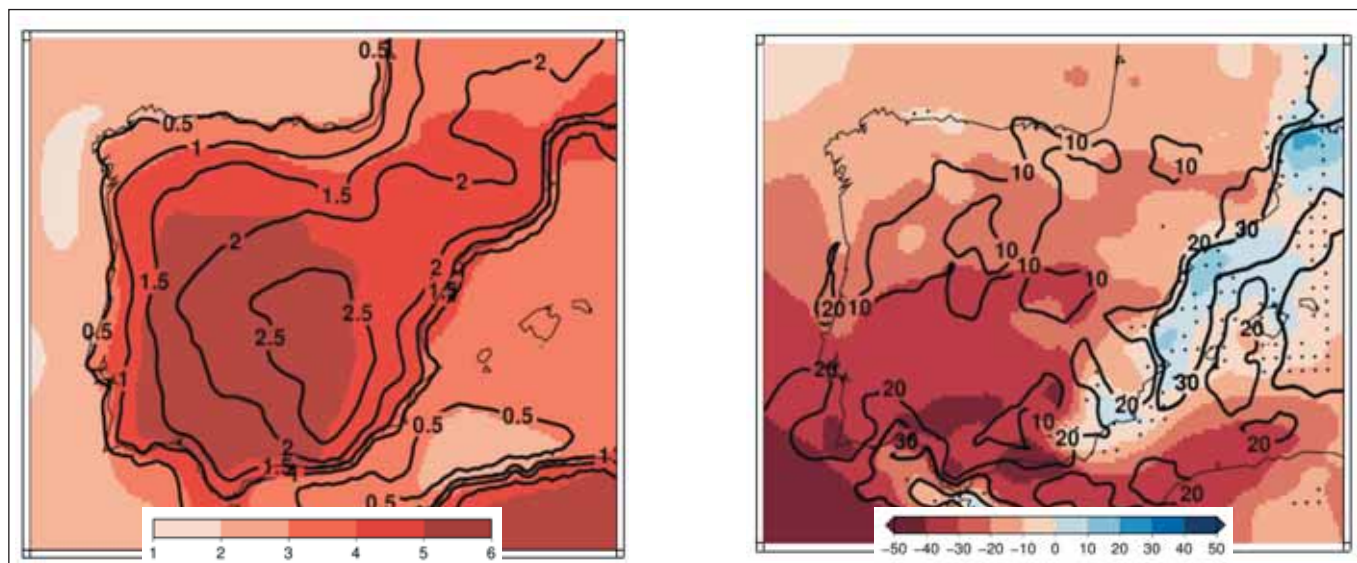


Figura 4. Proyecciones medias y dispersión del conjunto de simulaciones para finales de siglo. A la izquierda se presentan los cambios en temperatura (color) y la dispersión, diferencias entre los experimentos que dan mayor y menor cambio (contornos) para el verano. A la derecha se presentan los cambios porcentuales en la precipitación y la dispersión para el otoño. Los puntos indican lugares donde hay cambio de signo en el cambio proyectado de la precipitación.

ciones tan altas es prácticamente inabarcable desde el punto de vista computacional. Por lo tanto, si se requiere de una mayor resolución hay que recurrir a las técnicas de regionalización y, más concretamente en nuestro caso, a las técnicas de regionalización dinámica basadas en la integración de modelos climáticos regionales. Éstos no sólo aumentan la resolución espacial; mejoran la caracterización del suelo, vegetación, usos de suelo, orografía, la física del modelo e incluso en algunos casos la dinámica. Por lo tanto es esperable que sean capaces de captar los cambios en la circulaciones regionales, la proyección de eventos extremos, y proporcionar por lo tanto bases de datos de alta resolución que se puedan utilizar en diversos campos del estudio de impactos.

No obstante, la utilización de este tipo de modelos introduce otro tipo de incertidumbres. Estas pueden estar aso-

ciadas a las bases de datos que se utilizan para la caracterización del suelo, a la física que se emplee, y del propio modelo que se emplea e interacción entre sus componentes. Hay otros factores a los que se le puede asociar una cierta incertidumbre como el tamaño u posición del dominio, asimilación de condiciones de frontera, etc., pero estos son algo menos importantes.

En la Figura 4 se representa un ejemplo de la incertidumbre asociada a la física de un modelo. El conjunto de proyecciones consta de 8 miembros, en los que se ha variado el tratamiento de los esquemas de humedad, cúmulos y capa límite. Todos ellos se han alimentado con el mismo forzamiento de GEIs y el mismo experimento global.

En este caso observamos que el cambio medio para temperatura del conjunto de proyecciones para el verano al-



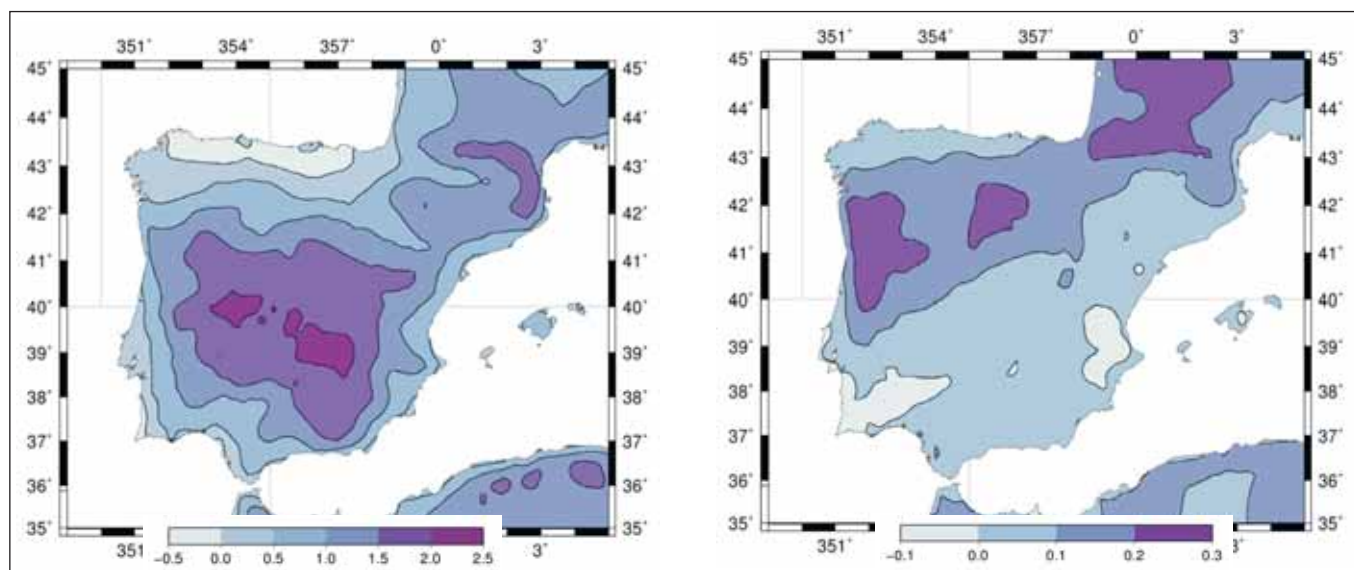


Figura 5. Sensibilidad al modelo de suelo de las proyecciones de futuro. En el panel izquierdo se presenta el incremento sobre las proyecciones de temperatura debido a un tratamiento distinto del suelo. En el panel derecho se presenta el incremento en los cambios en la variabilidad.

canza valores superiores a los 5 grados (Figura 4, izquierda) en algunos puntos de la PI, y la dispersión -diferencias entre los cambios más alto y más bajo proyectados- llega a ser del orden de 2,5 grados. Mientras, en el caso de la precipitación otoñal (Figura 4, derecha) se proyectan cambios hasta de una reducción del 50% con dispersiones de entre un 10 y un 40%. Para la Región de Murcia se proyecta un ligero aumento pero con una gran dispersión.

La utilización de conjuntos multimodelo complica aún más las cosas. En este caso las diferencias entre las proyecciones pueden tener distintas fuentes: desde la física y distintos dominios hasta distintas formulaciones dinámicas. Hay varios ejemplos de conjuntos de simulaciones regionales multimodelo; entre las más conocidas están los proyectos europeos PRUDENCE y ENSEMBLES, además de otras iniciativas internacionales y nacionales como CORDEX y ESCENA.

Las incertidumbres de este tipo de simulaciones son del mismo orden que las comentadas anteriormente.

Otro ejemplo claro de incertidumbres viene dado por los efectos de retroalimentación entre distintas componentes del sistema climático. En la Figura 5 se muestra un ejemplo de las diferencias en cambios estimados de la temperatura media del verano y su variabilidad para la Península Ibérica. La inclusión de distintos esquemas de tratamiento de la humedad y de la temperatura del suelo origina diferencias en el intercambios de flujos de humedad y calor que repercute en la proyección de temperaturas. Este hecho plantea también el problema abierto de que las incertidumbres en la precipitación, que siempre son mayores que en temperatura, introducen a su vez incertidumbre en la propia temperatura.

Otro ejemplo es la interacción del clima con la vegetación. Si cambia el clima cambiará la vegetación y si esta

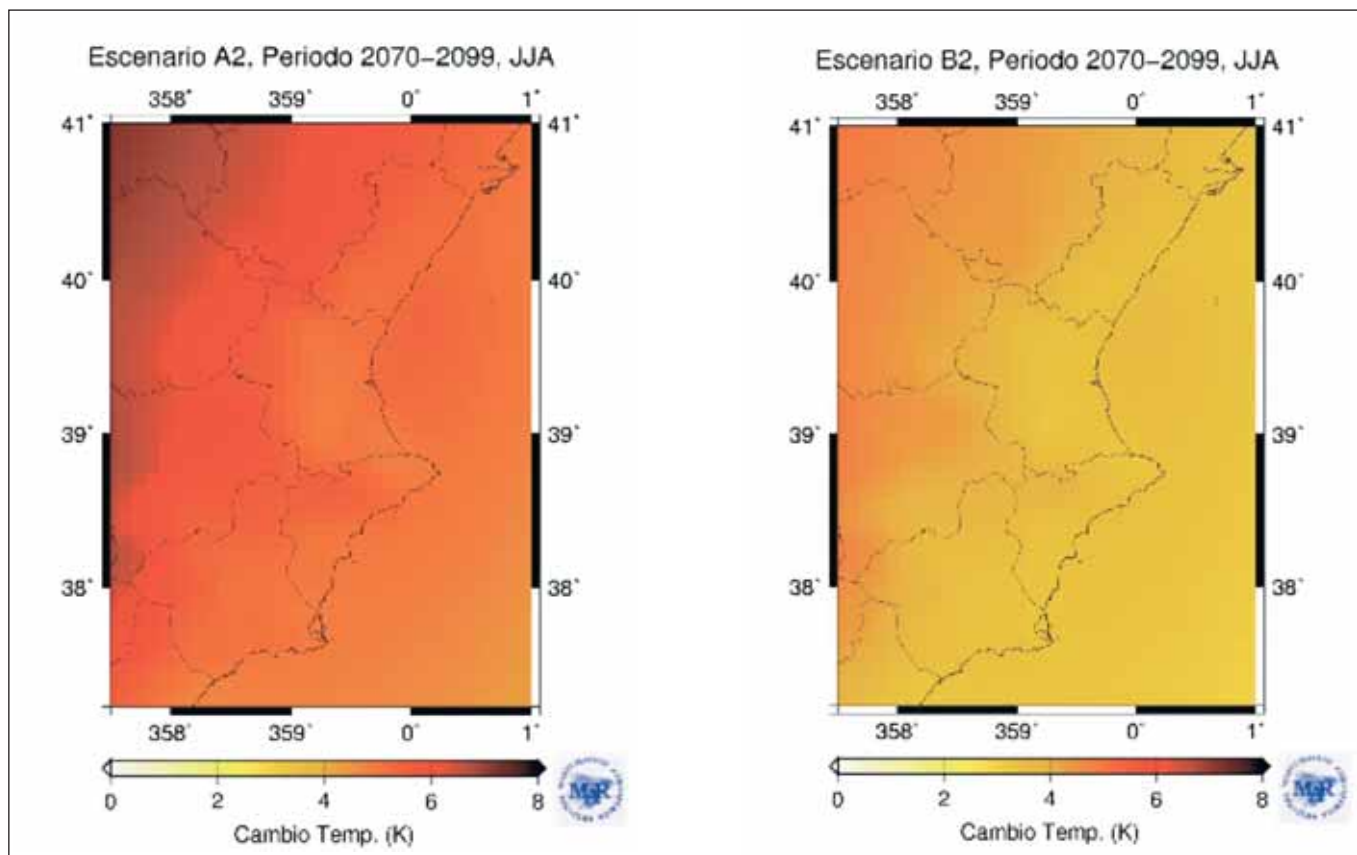


Figura 6. Ejemplo de proyecciones de muy alta resolución (10 km) para cambios en la temperatura proyectados para finales de siglo en el sureste de la PI bajo los escenarios A2 y B2.

cambia modificará el clima. Hoy día la mayor parte de los experimentos consideran una cubierta vegetal ajustada a la climatología actual.

En general, cuanto mayor resolución se quiera obtener mayor incertidumbre tendremos. En la Figura 6 se presenta un ejemplo de los cambios proyectados en temperatura veraniega, época en que los cambios proyectados en precipitación son mayores, para el Sureste de la Península Ibérica

con una resolución de 10 km para los escenarios A2 y B2. En este caso se observa que las zonas menos afectadas serán las costeras.

#### 4. ¿Y ENTONCES?

Ante el problema de las incertidumbres planteado, se puede reaccionar de distintas formas. Los escépticos suelen

tomar dicha incertidumbre como argumento en contra del cambio climático. Sin embargo, hay una información muy útil en las proyecciones de cambio climático que se suministran. No podemos conocer con certidumbre lo que puede suceder, pero sí se puede plantear el problema desde un punto de vista probabilístico. Por lo tanto, tratar un solo experimento, un único modelo, un único escenario, una sola realización como algo realmente representativo de lo que pueda ocurrir no es la forma más adecuada de tratar el problema. Utilizar muchos modelos globales, con un espectro de escenarios, con varias realizaciones, nos puede dar una distribución estadística que nos permita de una manera probabilista establecer los cambios que la emisión continuada de GEIs puede originar en el clima, tanto a escalas globales como regionales.

Actualmente el problema de las proyecciones de cambio climático se ataca mediante la realización de conjuntos de simulaciones a todos los niveles. Aun así esto plantea otra problemática: ¿son igual de probables todas las realizaciones o experimentos? ¿Hay alguna relación entre la capacidad para representar el presente y los cambios que se obtengan? O lo que es lo mismo, ¿tiene sentido pesar las contribuciones de cada uno de los experimentos?

El tema de las proyecciones sigue abierto desde el punto de vista científico y se están haciendo esfuerzos en varias líneas tales como intentar reducir las incertidumbres y proporcionar conjuntos lo suficientemente amplios de simulaciones para poder aplicar modelos probabilistas al conjunto de simulaciones.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, New York.
- DEQUE, M., R. JONES, M. WILD, F. GIORGI, J. C. HRISTENSEN, D. HASSELL, P. VIDALE, B. ROCKEL, D. JACOB, E. K. JELLSTROM, DE M. CASTRO, F. K. UCHARSKI, VAN DENB. HURK, 2005: Global high resolution versus Limited Area Model climate change projections over Europe: quantifying confidence level from PRUDENCE results. *CLIMATE DYNAMICS* 25(6), 653-670.
- GÓMEZ-NAVARRO, J.J. JP. MONTÁVEZ, P. JIMÉNEZ-GUERRERO, S. JEREZ, J.A. GARCÍA-VALERO, JF. GONZÁLEZ-ROUCO, 2010. Warming patterns in regional climate change projections over the Iberian Peninsula. *Meteorologische Zeitschrift*. En prensa.
- JEREZ, S., JP. MONTÁVEZ, P. JIMÉNEZ-GUERRERO, J.J. GÓMEZ-NAVARRO, JF. GONZÁLEZ-ROUCO, 2009: Influence of soil moisture-near surface temperature feedback on present and future climate simulations over the Iberian Peninsula. In: *21st Century Challenges in Regional-scale Climate Modelling, number 41*, 261-262, Lund University.
- MONTÁVEZ, J.P., S. JEREZ, J.J. GOMEZ-NAVARRO, J. F. GONZALEZ-ROUCO, 2008: Evaluation of soil models coupled to a RCM in simulating the Iberian Peninsula Climate. In: *Eos Trans. AGU. Fall Meet. Suppl.*, volume 89, GC53A-0706.
- ZORITA, E., J. GONZÁLEZ-ROUCO, VON H. STORCH, J. MONTÁVEZ, F. VALERO, 2005: Natural and anthropogenic modes of surface temperature variations in the last thousand years. *Geophysical Research Letters* 32(8), 755-762.





# 3

## Recursos hídricos y cambio climático

## 3.1. Cambio climático y recursos hídricos en España. Primeros antecedentes y situación actual

Francisco Cabezas Calvo-Rubio

Director general del Instituto Euromediterráneo del Agua

### 1. INTRODUCCIÓN

Pese a la incertidumbre científica existente sobre los efectos del cambio en los regímenes hidroclimáticos futuros, es admitido por todos, y preceptivo según la legislación de aguas, que el análisis de los sistemas hídricos actuales y futuros debe contemplar estos posibles escenarios y adoptar, en su caso, las medidas preventivas o correctivas oportunas. Estas medidas pueden cifrarse en la reconsideración de los recursos naturales existentes, el redimensionamiento de infraestructuras, la reevaluación de los recursos superficiales y subterráneos disponibles para los diferentes usos y para la preservación del medio ambiente, el análisis de efectos de posibles cambios estacionales de flujo, las modificaciones de las garantías de suministro, etc. Además, los impactos del cambio climático pueden alcanzar muchos otros aspectos relacionados con los recursos hídricos -análisis de demandas, fenómenos extremos, afecciones a humedales, etc.-.

En este artículo, ceñido exclusivamente a la evaluación de recursos hídricos, se revisan los antecedentes y la aproximación realizada en los estudios de la planificación hidrológica vigente, se contrastan con las conclusiones ofrecidas en su día por el Tercer Informe de Evaluación del IPCC, y se muestran los resultados de la estimación realizada mediante el empleo de escenarios climáticos propuestos para España, acoplados a modelos hidrológicos calibrados para numerosas cuencas peninsulares del país.

### 2. ANTECEDENTES. LA EVALUACIÓN DEL LIBRO BLANCO DEL AGUA EN ESPAÑA

En el Libro Blanco del Agua en España (LBAE) [MIMAM, 2000a] se presentó un análisis detallado de la situación existente en aquellas fechas respecto a las investigaciones del cambio climático y sus posibles impactos sobre los recursos hídricos en España.

Sintetizando lo allí expuesto, cabe señalar que el escenario utilizado como referencia asumía una hipótesis de duplicación del CO<sub>2</sub> atmosférico (situación prevista para el año 2030) y estimaba los efectos de esta duplicación sobre los ambientes hidroclimáticos del país.

Sin perjuicio de las cautelas e incertidumbres asociadas al problema, la evolución más probable del clima peninsular español, como resultado de esos análisis, se sintetizó en los siguientes escenarios de temperatura y precipitación.

Se estimó, en general, que una duplicación de CO<sub>2</sub> podría producir un aumento de temperatura media anual que oscilaría entre 1 °C (análisis de respuesta en transición) y 4 °C (mejor estimación del análisis de respuesta en equilibrio), aunque siendo ligeramente mayores esos aumentos en verano.

Se estimó que podrían producirse descensos generales de los valores de la precipitación media anual comprendidos entre el 5% y el 15%, siendo más probables en la mitad sur de la Península. Se apuntaba una tendencia hacia una concentración temporal de la precipitación, así como a una

mayor variabilidad anual e interanual. Esta tendencia implicaría un aumento de los períodos secos y una mayor torrencialidad de las precipitaciones.

Como allí se señaló, estos resultados están expuestos, además, a las incertidumbres que existen sobre la función de las nubes y los aerosoles en el sistema climático, que pueden reducir el calentamiento debido a la intensificación del efecto invernadero, especialmente en las latitudes medias del hemisferio norte. En todo caso, la aplicación de modelos globales muestra variaciones de la precipitación moderadas, al situar nuestra zona en un área de cambio de signo de la variación esperada de las precipitaciones. En todos los experimentos la línea de cambio nulo atraviesa la Península Ibérica. Ello podría suponer incluso condiciones hidrológicas más húmedas que las anteriormente expuestas, pudiendo producirse mayores precipitaciones que las actuales en las áreas más septentrionales de la Península.

Las incertidumbres existentes en los resultados que proporcionan los modelos de circulación general obligan a trabajar con escenarios y no con predicciones. Las conclusiones obtenidas como resultado de los estudios de impactos sectoriales deberían, por tanto, estar más orientadas a poner de manifiesto las posibles debilidades o problemas de los sistemas que a modificar sus criterios de diseño o funcionamiento.

No obstante, y pese a estas incertidumbres básicas, en el LBAE se estimaron los efectos que estos escenarios climáticos podrían tener sobre los recursos hídricos, analizándose dos supuestos posibles de aumento de temperatura en 1°C y aumento de temperatura combinado con disminución generalizada de la precipitación en un 5%.

Estos dos escenarios climáticos implicaban una disminución media de las aportaciones hídricas en España, en régimen natural, entre un 5 y un 14%, tal y como se muestra en la Figura 1.

La consideración de los horizontes de la planificación hidrológica, inferiores a los apuntados, llevó al LBAE, en defi-

nitiva, a sugerir reducciones uniformes y generalizadas de aportaciones del 5% como criterio general de diseño para la planificación hidrológica de todo el país. Nótese que éste es, en definitiva, un escenario sintético futuro, razonablemente deducido de la interpretación de la información existente.

### 3. DESARROLLO DEL PLAN HIDROLÓGICO NACIONAL

Partiendo del escenario general establecido en LBAE, el Plan Hidrológico Nacional (MIMAM, 2000b) consideró en sus análisis hidrológicos las distintas horquillas de reducción de aportaciones obtenidas para las diferentes cuencas, superándose, como análisis de sensibilidad y para mayor seguridad, el valor global recomendado del 5%, e introduciéndose simultáneamente un efecto de mayor irregularidad en los valores de las series mensuales empleadas.

Los detalles de esta reducción pueden verse en los citados documentos, consistiendo básicamente en una reducción de los valores medios del caudal, y un incremento de su irregularidad temporal.

Tales análisis se realizaron para todas las cuencas consideradas en el PHN de forma que, por vez primera en la planificación española, se introdujo formal y expresamente la consideración de posibles disminuciones de aportaciones por cambio climático, adoptándose de forma inicial reducciones del 5 y 10%, y coeficientes de irregularidad, multiplicadores de los mínimos, del 0,9. Como análisis de sensibilidad adicionales se llegaron a realizar simulaciones con reducciones de hasta un 20%. Asimismo, y a instancias de la Comisión Europea, siguiendo las recomendaciones del informe de expertos de Berkeley sobre el PHN, se reiteraron los análisis de disponibilidades hídricas, pero empleando ahora series sintéticas, afectadas por cambio climático, como entradas a los modelos de simulación del sistema. Se empleó un modelo estocástico de agregación-desagregación de aportaciones mensuales con reducciones de aportaciones por cambio climático similares a las descritas.

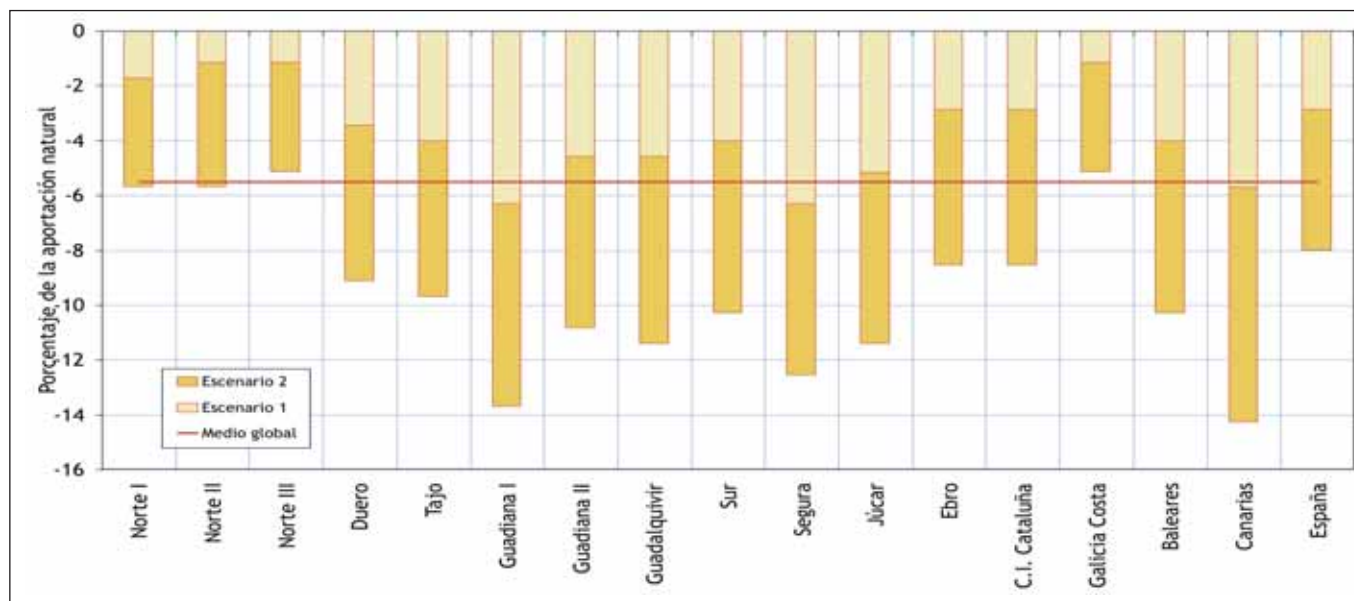


Figura 1. Porcentajes de disminución de la aportación media global en las distintas cuencas.

#### 4. EVALUACIÓN DE ESCORRENTÍAS SEGÚN EL TAR

Con posterioridad al desarrollo y aprobación del Plan Hidrológico Nacional, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático publicó su Tercer Informe de Evaluación, conocido como TAR (Third Assessment Report) [IPCC, 2001], en el que, entre muchos otros contenidos, se incluyen distintas consideraciones sobre los posibles impactos del cambio climático en los recursos hídricos.

Un resultado básico del informe se muestra en la Figura 2, que representa los cambios proyectados en las escorrentías anuales españolas (mm/año) para el año 2050, relativos al periodo de referencia, 1961-1990, según las proyecciones de dos versiones del modelo acoplado océano-atmósfera del Hadley Centre, con un aumento anual del 1% de las concentraciones

de CO<sub>2</sub> efectivo en la atmósfera. Las versiones empleadas fueron a) HadCM2 media del conjunto de simulaciones, y b) HadCM3.

Como puede verse, y cabía esperar dada la cuantía de las escorrentías peninsulares, España se encuentra totalmente dentro del margen de reducción de 0-25 mm/año, excepto una estrecha franja en el norte (desde Pirineos a Galicia), en que la reducción puede alcanzar valores en las horquillas de 25-50 y 50-150 mm/año, y el medio Duero y bajo Guadalquivir y Guadiana, donde, en la hipótesis b), podría reducirse 25-50 mm/año. Por el contrario, en la hipótesis a), se prevén incluso aumentos de escorrentía en las cuencas bajas del Duero y Tajo y el área de Valencia, en cuantías entre 0 y 25 mm, así como en la zona del Pirineo catalán, con aumentos de 25-50 mm e incluso, puntualmente, de 50-150 mm. En el

caso del Segura, se observa que reducciones de 0-25 mm de escorrentía suponen disminuciones del 0-60% de los recursos naturales totales de la cuenca, ciertamente alarmantes. Lo amplio del intervalo impide, en todo caso, extraer consecuencias significativas.

En definitiva, la incertidumbre de estos modelos no permite atribuir a sus resultados más que un carácter indiciario muy preliminar, sin que quepa extraer de ellos conclusiones seguras.

## 5. EVALUACIÓN A PARTIR DE ESCENARIOS CLIMÁTICOS Y SOCIOECONÓMICOS ACOPLADOS A MODELOS HIDROLÓGICOS

El paso siguiente en estos trabajos pioneros de consideración del cambio climático y los recursos hídricos consistió en emplear escenarios climáticos y socioeconómicos, tales como los desarrollados para Europa y recogidos en el TAR, y aplicar estos escenarios previstos para España, acoplándolos a modelos hidrológicos de lluvia-escorrentía calibrados en distintas cuencas peninsulares de nuestro país.

Los resultados de estos modelos -series de aportaciones mensuales- pueden, a su vez, adoptarse como *inputs* para modelos de simulación de los sistemas de recursos hídricos, evaluándose así los posibles impactos del cambio climático sobre estos sistemas, conforme al esquema mostrado en la Figura 2.

Los escenarios socioeconómicos determinan la emisión de gases que, junto con los modelos de circulación general, permiten elaborar escenarios climáticos futuros y, en concreto, y relevantes para las disponibilidades hídricas, previsiones de cambio en los regímenes de precipitaciones y temperaturas. Estas previsiones pueden introducirse en modelos hidrológicos previamente calibrados con datos climáticos actuales, obteniéndose así previsiones de las aportaciones futuras afectadas. Finalmente, si esas aportaciones futuras se introducen en los modelos de simulación de sistemas de recursos hídricos, entonces es posible obtener indicadores del comportamiento fu-

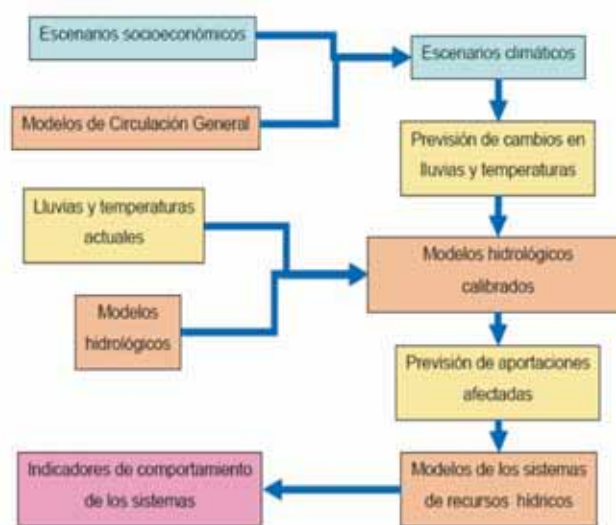


Figura 2. Proceso de análisis.

turo de esos sistemas, que es un resultado determinante desde el punto de vista de la planificación hidrológica.

Los escenarios socioeconómicos supuestos son 4, resultantes de considerar los ejes de globalidad/localidad y consumismo individual/conservacionismo comunitario, tal y como muestra la Figura 3. La incidencia de estos escenarios socioeconómicos se debe al mayor o menor grado de actividad socioeconómica y cautela ambiental global susceptible de producir gases de efecto invernadero y, en definitiva, afecciones sobre el clima futuro. Cada uno de estos escenarios socioeconómicos implica diversos efectos sobre variables ambientales, de forma que, desde el punto de vista de la variabilidad climática, sus efectos son progresivamente crecientes en la secuencia B1-B2-A1-A2.

Junto con los escenarios socioeconómicos, los resultados climáticos para el futuro que se consideraron en el análisis fueron los basados en los experimentos de simulación con





Figura 3. Escenarios socioeconómicos futuros.

Modelos de Circulación General (MCG) empleados en ACACIA (1999). Tales experimentos empleados para construir los escenarios fueron el CGCM1 (Canadian GCM #1), 1999; CSIRO-Mk2b (Commonwealth Scientific Industrial Research Organisation, Model #2b), 1999; ECHAM4 (European Centre / Hamburg Model #4), 1998; HadCM2 (Hadley Centre Coupled Model #2), 1997.

Los resultados de las simulaciones para la década 2050, integrados a escala nacional para España, revelaron en todos los casos una disminución de precipitaciones y aumento de temperaturas en verano. En invierno, todas prevén aumento de temperaturas, pero la mayoría prevé también aumento de precipitaciones. Nótese que tales efectos son contrapuestos desde el punto de vista de las escorrentías resultantes.

En cuanto a la modelización hidrológica, se utilizaron 6 diferentes modelos hidrológicos de lluvia-escorrentía, de pa-

rámetros agregados, de tipo conceptual, a escala mensual, desarrollados y ampliamente experimentados en lugares muy diferentes, y adecuados, en definitiva, para reproducir ambientes hidrológicos muy diversos, como los que se dan en España. El empleo de distintos modelos permite reducir posibles sesgos debidos al propio modelo elegido. Todos los modelos requieren como entradas las series mensuales de precipitaciones y evapotranspiraciones potenciales, y admiten las temperaturas y precipitación sólida para reproducir situaciones de innivación.

Las salidas son las series mensuales de caudales totales circulantes en la salida de la cuenca, descompuestos en sus componentes superficial y subterránea, así como diversas series adicionales descriptoras del ciclo hidrológico (evapotranspiración real, recarga subterránea, fusión de nieves, etcétera).

Los modelos empleados fueron los de Tornthwaite-Mather, Palmer y abcd, descritos en Alley (1984), Témez (ASINEL, 1977), GR4 (Makhlouf y Michel, 1994), y V2M (Vandewiele *et al.*, 1992). La estrategia de análisis ha sido la siguiente:

1. Se selecciona un conjunto de estaciones foronómicas (190) representativas de los ríos peninsulares, de las que se disponga de series mensuales de aportaciones restituidas al régimen natural. Para este conjunto de subcuencas se evalúan sus precipitaciones y ETPs mensuales, construyendo el fichero de series hidrológicas en régimen natural representativo del periodo referencia para el territorio peninsular español.
2. Se aplican todos los modelos hidrológicos a todas las estaciones, calibrando sus parámetros y obteniendo indicadores de calidad de los ajustes.
3. Se descartan los ajustes considerados insatisfactorios (aquellos que no superan el criterio de calidad que se fije), constituyendo el resto el conjunto básico de referencia. El criterio empleado, muy exigente, ha sido el de un coeficiente de eficiencia de Nash-Sutcliffe mayor de 0,9.

4. Para el conjunto básico de referencia, se modifican las condiciones climáticas según los escenarios previstos, y se reejecutan todos los modelos con estas nuevas condiciones manteniendo los parámetros calibrados. Se obtienen así las nuevas aportaciones alteradas como consecuencia del cambio climático.
5. Se comparan las aportaciones de referencia con las alteradas, evaluando así los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos.

Con esta estrategia, los resultados obtenidos mostraron que la recta de ajuste global de puntos afectados/no afectados tiene una pendiente de 0,91, por lo que puede proponerse, como criterio global de síntesis, unas reducciones de las aportaciones hídricas futuras del orden del 9%. Estas aportaciones afectadas son las que habrían de introducirse en los modelos de sistemas de recursos hídricos para su estudio y análisis de comportamiento.

Asimismo se observó que los resultados de los diferentes modelos hidrológicos eran similares, y que el valor medio global del cociente, con todos los escenarios de ACACIA recogidos en TAR-IPCC, es de 0,91, lo que supone reducciones del orden del 9%, coincidentes con las anteriores.

Nótese que ésta es una propuesta conservadora dado que asume el escenario socioeconómico más desfavorable de todos, el A2. Una propuesta más razonable sería, probablemente, asumir el escenario A1, que es el considerado, por ejemplo, en los análisis del WWF. Aplicando la misma metodología, este escenario conduce a reducciones del orden del 6%.

## 6. LA SITUACIÓN ACTUAL

Tras los trabajos pioneros descritos, se ha continuado avanzando en investigar la relación entre el cambio climático y los recursos hídricos, desarrollándose contribuciones adicionales al problema, disponiéndose de nuevos escenarios climáticos, cada vez con mayor resolución, sistematizándose

y extendiéndose la información histórica, y mejorándose las posibilidades de cómputo y análisis.

Es importante subrayar que las determinaciones técnicas señaladas no son en la actualidad meras recomendaciones, sino que se han incorporado al cuerpo normativo de la planificación hidrológica, de forma que la consideración del cambio climático en los estudios de planificación resulta obligada.

Así, el Reglamento de Planificación Hidrológica (Real Decreto 907/2007, de 6 de julio) establece en su artículo 11.4. que el plan hidrológico evaluará el posible efecto del cambio climático sobre los recursos hídricos naturales de la demarcación. Para ello estimará los recursos que corresponderían a los escenarios climáticos previstos por el Ministerio de Medio Ambiente, que se tendrán en cuenta en el horizonte temporal indicado en el artículo 21.4 (año 2027, con sucesivos incrementos de 6 años siguiendo las actualizaciones de los planes).

A su vez, la Instrucción de planificación hidrológica (OM ARM 2656/2008, de 10 de septiembre) recoge en su punto 2.4.6. la obligación de consideración de los efectos del cambio climático en los balances hídricos del 2027 (apartado 3.5.2.), estableciendo por defecto, en tanto en cuanto se determinan con detalle conforme a los escenarios climáticos previstos por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, los valores de reducción de recursos hídricos naturales dados en la siguiente tabla (apartado 2.4.6.).

DEMARCACIÓN	% DISMINUCIÓN
Miño-Sil	3
Cantábrico	2
Duero	6
Tajo	7
Guadiana	11
Guadalquivir	8
Segura	11
Júcar	9
Ebro	5

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- MIMAM, *Libro Blanco del Agua en España*, 2000.
- MIMAM, Plan Hidrológico Nacional. *Análisis de los sistemas hidráulicos*, 2000.
- IPCC, Third Assessment Report. Climatic Change 2001, WMO-UNEP.
- ACACIA Project, (A Concerted Action Towards a Comprehensive Climate Impacts and Adaptations Assessment for the European Union), “Assessment of the Potential Effects of Climate Change in Europe”, Jackson Environment Institute, University of East Anglia, 1999.
- Balairón, L. (coord.), Escenarios climáticos 2. Escenarios de cambio climático para la Península Ibérica para cuatro hipótesis de emisiones SRES. Monográfico El cambio Climático, *Revista El Campo*, nº 137, p. 455, 2000.
- Alley W.M., On the treatment of Evapotranspiration, Soil Moisture Accounting, and Aquifer Recharge in Monthly Water Balance Models. *Water Resources Research*, 20(8), 1984, p. 1137-1149.
- Témez J.R., Modelo mensual precipitación-aportación, *ASINEL*, 1977.
- Makhlouf Z., Michel, C. A two-parameter monthly water balance model for french watersheds, *Journal of Hydrology*, 162, 1994, p. 299-318.
- Vandewiele G.L., Chong-Yu Xu, Ni-Lar-Win. Methodology and comparative study of monthly water balance models in Belgium, China and Burma, *Journal of Hydrology*, 134, 1992, p. 315-347.

## 3.2. Efectos del cambio climático en la planificación hidrológica en la Cuenca del Segura

**Mario Urrea Mallebrera**

*Jefe de la Oficina de Planificación Hidrológica  
de la Confederación Hidrográfica del Segura*

**Adolfo Mérida Abril**

*Jefe de Servicio de la Oficina de Planificación Hidrológica  
de la Confederación Hidrográfica del Segura*

### 1. INTRODUCCIÓN

La discusión sobre la afección del cambio climático a los recursos naturales es un tema de capital importancia en la actualidad, máxime teniendo en cuenta el aumento de demanda de recursos naturales por una población mundial en rápido crecimiento. A nivel regional, si tenemos en cuenta la situación actual de déficit estructural de recursos hídricos en la Cuenca del Segura, no es difícil apreciar que el cambio climático y sus potenciales impactos en la disponibilidad de recursos, fundamentalmente, es un proceso de especial importancia a tener en cuenta en el actual proceso de planificación.

El cambio climático puede ser originado por causas naturales; ahora bien, según el Panel Intergubernamental de Expertos para el cambio climático (IPPC), las pruebas y estudios realizados sugieren en conjunto la existencia de una influencia humana detectable sobre el clima global.

Con el presente informe se pretende aportar datos básicos sobre la afección del fenómeno del cambio climático en las aportaciones de la cuenca, los indicadores estado y en el actual proceso de planificación Hidrológica de la Demarcación Hidrográfica del Segura.

### 2. EVOLUCIÓN DE LAS APORTACIONES EN LA CUENCA DEL SEGURA

La identificación de impactos sobre los recursos hídricos vinculados a posibles cambios climáticos se ha producido en

la Cuenca del Segura desde antiguo. Existen referencias de comienzos de siglo a la merma de caudales del Segura y sus acusados estiajes, como consecuencia de la deforestación de su cuenca y posibles cambios de clima (Díaz Cassou, 1900), cambios de los que se venía hablando desde mediados del siglo XIX. Ya entonces Díaz Cassou concluyó la explicación natural de los cambios observados, sosteniendo lo que hoy denominaríamos la hipótesis de estacionalidad de los registros hidrológicos.

Dicho fenómeno se agrava en años recientes. En la figura 1 queda reflejado cómo a partir del año 1980 se observa una repentina caída en el volumen de las aportaciones reguladas en los embalses de cabecera de la Cuenca del Segura. Se pasa de una aportación media de 471,42 hm<sup>3</sup> en el período 1930-2009 a una aportación media en el período 1980-2009 de 296,03 hm<sup>3</sup>.

Consideramos que las diferencias detectadas en el régimen de aportaciones y su tendencia pueden deberse, entre otras causas, a los siguientes factores interrelacionados:

- Variaciones climáticas, tanto en series de precipitaciones (así en forma de lluvia como de nieve) y temperaturas como en humedad relativa, radiación solar, velocidad del viento, y sus efectos en la evaporación, evapotranspiración y, finalmente, en el balance hídrico de la cuenca.
- Eventos de sequía y su relación con la recarga a los acuíferos.

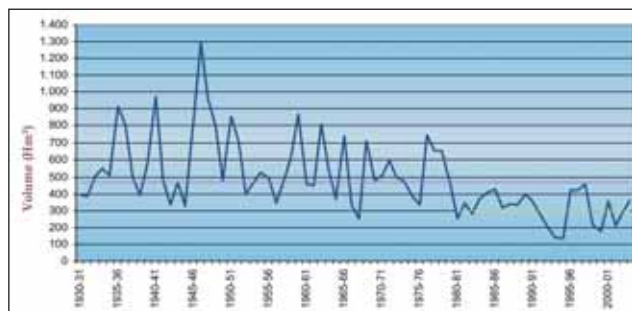


Figura 1. Aportación acumulada en la Cuenca del Segura entre octubre de 1930 y septiembre de 2009.

- Cambios en los usos del suelo: deforestación, o reforestación como consecuencia de actuaciones de restauración hidrológico-forestal, etc.

### 3. INDICADORES DE ESTADO DE LA CUENCA

La gestión de la cuenca, en particular a fin de detectar tendencias con relativa antelación en lo que a sequías se refiere, ha implicado el requerimiento legal del establecimiento de indicadores.

Este indicador, aprobado por el Plan de Actuación en Situaciones de Alerta y Eventual Sequía en la Cuenca del Segura, se calcula a partir de la situación de las existencias en los embalses de la cuenca y la aportación interanual a los mismos.

En la Figura 2 se puede observar cómo las reducidas existencias en los embalses de la cuenca durante el último período de sequía, junto con las reducidas aportaciones recibidas en los embalses, han tenido como consecuencia que el indicador adoptara valores muy bajos.

La adopción de este indicador se ha revelado como una herramienta sumamente útil para la gestión de la sequía. Ahora bien, a efectos de dotar a la Cuenca del Segura de nuevos indicadores que contribuyan, junto al ya indicado, a me-

jorar la gestión de los escasos recursos hídricos disponibles, a anticiparse en la detección de situaciones de sequía minimizando los efectos del cambio climático y a cuantificar las variables que regulan este fenómeno, la Confederación Hidrográfica del Segura organizó en el mes de junio de 2010 un *workshop* internacional sobre “agricultural drought indices”. Tal *workshop* se enmarcó dentro de las reuniones del grupo de seguimiento “hydrological drought indices in support of early warning systems”, en el marco del “International Workshop on Indices and Early Warning Systems for Drought” promovido por la Organización Meteorológica Mundial.

Asimismo, la Cuenca Hidrográfica del Segura ha sido designada, a propuesta de la Dirección General del Agua del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, como “cuenca piloto” para el desarrollo de indicadores de sequía, dentro del marco del Grupo de Expertos en Escasez de Agua y Sequías.

Los resultados de los trabajos a desarrollar en el marco del convenio serán determinantes para la consecución de otros objetivos que se marcan dentro del Grupo de Expertos en Escasez de Agua y Sequías como el apoyo al desarrollo de mapas de riesgos de sequía, el intercambio de conocimiento



Figura 2. Evolución del índice de estado global.



para su gestión en los planes hidrológicos de cuenca, que en la actualidad se encuentran en su fase final de redacción, o el apoyo al desarrollo de la integración de los aspectos relativos a la escasez de agua y sequías dentro del Sistema de Información del Agua para Europa, entre otros.

#### 4. ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS HIDROMETEOROLÓGICOS Y SUS RELACIONES CON EL CAMBIO CLIMÁTICO

A lo largo de estos últimos años se han realizado estudios de la evolución de los parámetros hidrometeorológicos y su posible relación con el cambio climático. Las conclusiones principales a las que se ha llegado en ellos son las siguientes:

- En las cuencas de cabecera en régimen natural se observa que a partir de la década de los 80 las aportaciones no constituyen una simple respuesta a las precipitaciones. Incluso, frente a mayores precipitaciones medias, las aportaciones anuales disminuyen progresivamente.
- Los eventos de sequía juegan un papel importante en el comportamiento de la cuenca. La sequía se propaga en el ciclo hidrológico, no sólo afecta a las aportaciones superficiales, sino también al contenido de humedad del suelo y a la recarga de los acuíferos. La propagación in-

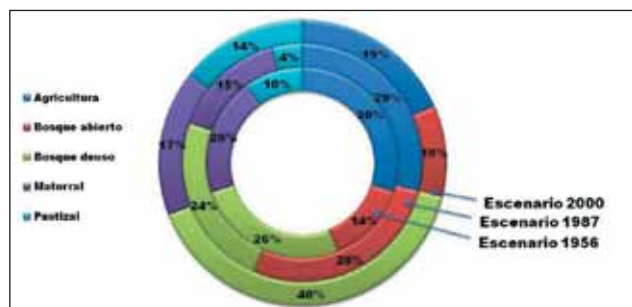


Figura 3. Cambios en el uso del suelo. Escenarios 1956, 1987 y 2000.

cluso puede verse magnificada en los distintos componentes del ciclo hidrológico, sumado a los importantes cambios de uso del suelo.

Como ejemplo de los patrones de modificación de los usos del suelo se puede observar, en la Figura 3, los sustanciales cambios en el uso del suelo que se han producido en el caso de la cuenca vertiente del río Taibilla y que como decíamos antes puede magnificar los efectos debidos al cambio climático.

#### 5. ADAPTACIONES AL CAMBIO CLIMÁTICO

La planificación hidrológica, como es lógico, debe tener en cuenta el cambio climático en sus previsiones. A este respecto a continuación se exponen aquellos documentos relacionados con la planificación hidrológica en los que se dan directrices para su consideración.

En el Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura (1998) el escenario de cambio climático se tiene en cuenta muy superficialmente, llegándose a fijar en caso de que este se dejara notar un 10% de disminución de recursos disponibles.

En el Libro Blanco del Agua (2000) se alude a este fenómeno en repetidas ocasiones; ahora bien, cabe resaltar el punto 3.1.8.2. denominado “las incertidumbres del cambio climático”, en el que se analiza el impacto sobre los recursos hídricos, estimándose un porcentaje de reducción de los recursos para la cuenca del Segura de entre el 6 y el 12% dependiendo del escenario considerado. Asimismo, en este documento, en el apartado 3.3.11. se indica que es necesario tratar el impacto del cambio climático sobre las demandas hídricas.

El Real Decreto 907/2007 por el que se aprueba el Reglamento de Planificación Hidrológica, en su artículo 11 “Inventario de los recursos hídricos naturales”, apartado 4, indica: “El plan hidrológico evaluará el posible efecto del cambio climático sobre los recursos hídricos naturales de la demarcación. Para ello estimará los recursos que corresponde-

rían a los escenarios climáticos previstos por el Ministerio de Medio Ambiente, que se tendrán en cuenta en el horizonte temporal(...).”

La Orden del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino 2656/2008 por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica comprende en su apartado 2.4.6. la evaluación del cambio climático, y establece que en caso de que la evaluación no se encuentre disponible se aplicarán los porcentajes indicados en esta orden para cada demarcación hidrográfica. En el caso de la Demarcación Hidrográfica del Segura, se indica que se adoptaría una reducción de las aportaciones en régimen natural del 11%.

Asimismo, se incorpora el factor del cambio climático al seguimiento del régimen de caudales ecológicos y el programa de medidas deberá adecuarse también a los previsibles escenarios de cambio climático.

En el documento informe de la demarcación a los artículos 5, 6 y 7 de la Directiva Marco del Agua se tiene en cuenta el cambio climático en su apartado 1.5. que trata sobre los recursos hídricos y se indica que es destacable el hecho de que la media de aportaciones restituidas al régimen natural en Guardamar, según la metodología empleada en el PHCS para la restitución y los datos disponibles, para el periodo 1940-2000 sea de 830 hm<sup>3</sup>/año, mientras que para el periodo 1980-2000 se reduce a 645 hm<sup>3</sup>/año, un 22% inferior.

En la actualidad se está en proceso de redacción del nuevo plan hidrológico, que comprenderá hasta el año horizonte 2027; dentro de este proceso se tiene en cuenta ya el previsible escenario de cambio climático. Así, se indica que el plan hidrológico en su versión final estimará los recursos correspondientes a los escenarios climáticos previstos de acuerdo con lo dispuesto en la Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH), que calcula a título orientativo una reducción del 11% de los recursos en régimen natural en el año 2027, resultando un volumen de recursos de 709,60 hm<sup>3</sup>, de los que el 74% serían de origen subterráneo (cifra provisional sujeta a revisiones).

### 3.3. Un análisis de impactos del cambio climático en las precipitaciones y eventos extremos en la Cuenca del río Segura

S. G. García Galiano, J. D. Giraldo Osorio y C. Tetay Botía

Grupo de I+D Gestión de Recursos Hídricos.

Unid. Predepart. de Ingeniería Civil. Universidad Politécnica de Cartagena

#### 1. INTRODUCCIÓN

La Cuenca del río Segura es un territorio que cada día está siendo más vulnerable a la variabilidad de la precipitación, ello conlleva incertidumbres en las actividades agrícolas debido a la escasez del agua y aumento de los eventos de sequía.

El desarrollo de estrategias para hacer frente a los impactos del cambio climático es fundamental para construir “capacidad adaptativa”. Acorde al Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), capacidad adaptativa debe ser comprendida como la habilidad para recuperación o adaptación desde los efectos de un riesgo natural, o en este caso debido al cambio climático. La capacidad adaptativa se considera una condición necesaria para diseñar y poner en marcha efectivas estrategias de adaptación, y podría ser alcanzada incrementando el conocimiento de los riesgos climáticos potenciales en cuencas individuales (EC, 2009).

En este trabajo se analizan patrones espaciales de las precipitaciones y tendencias en eventos de sequía a escala de cuenca, y del territorio nacional, desde un Modelo Climático Regional (RCM) y mallas de precipitación observada (Haylock *et al.* 2008). Concretamente, se utiliza el RCM REMO (Jacob, 2001; Paeth *et al.*, 2005), con una resolución espacial 0,5 °. REMO corresponde a un modelo climático hidrostático regional desarrollado en el Max-Planck Institute for Meteorology.

#### 2. PRECIPITACIONES MEDIAS ANUALES

Las precipitaciones anuales estimadas desde RCM REMO se han contrastado con las correspondientes a las mallas de precipitación observada (Figura 1). El sesgo sistemático representado en Figura 2, demuestra cierto grado de subestimación en la costa Mediterránea.

#### 3. TENDENCIAS FUTURAS DE LA PRECIPITACIÓN

Para el análisis de tendencias futuras de la precipitación, se han seleccionado cinco sitios en la Cuenca del río Segura (Figura 3). Se ha obtenido la serie de precipitación mensual al interior de la cuenca a partir de las series en cada sitio en el periodo 1951-2050 desde REMO forzado con el GCM ECHAM5-r3.

Aplicando la técnica GAMLSS (Generalized Additive Models for Location Scale and Shape), según Stasinopoulos and Rigby (2007), se efectuó un análisis de tendencias futuras de las distribuciones de probabilidad de la precipitación en la Cuenca del río Segura. Desde la Figura 4 correspondiente a los resultados obtenidos para la serie de precipitación anual, se observa una tendencia decreciente lineal de la precipitación media al interior de la cuenca.

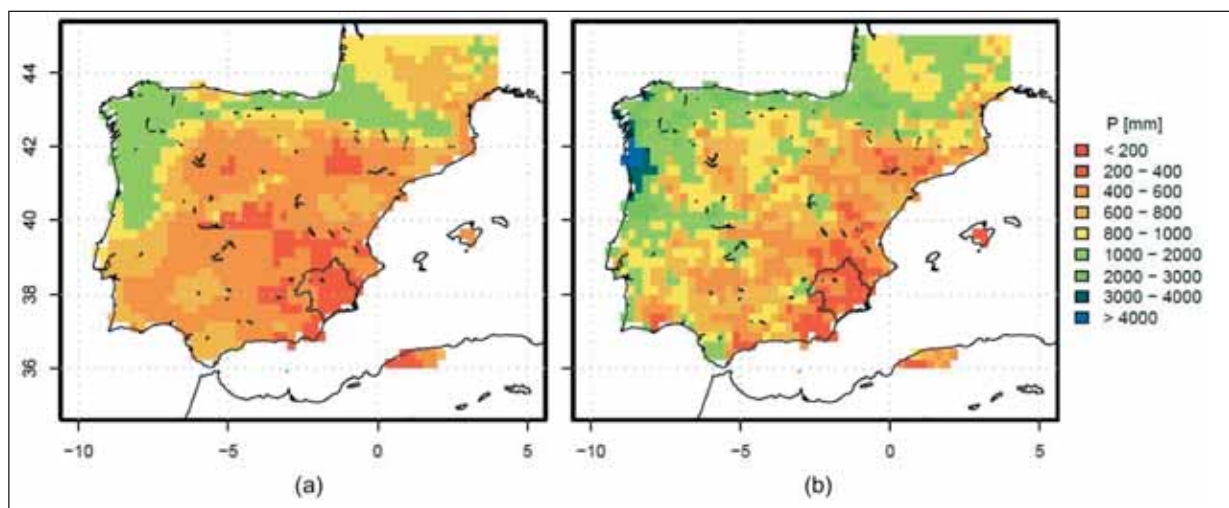


Figura 1. Precipitación media anual en el periodo 1961-1990: (a) Mapa construido a partir de estaciones pluviométricas (Haylock 'et al', 2008). (b) RCM REMO-ECHAM5-r3. Se detalla la ubicación de la Cuenca del río Segura.

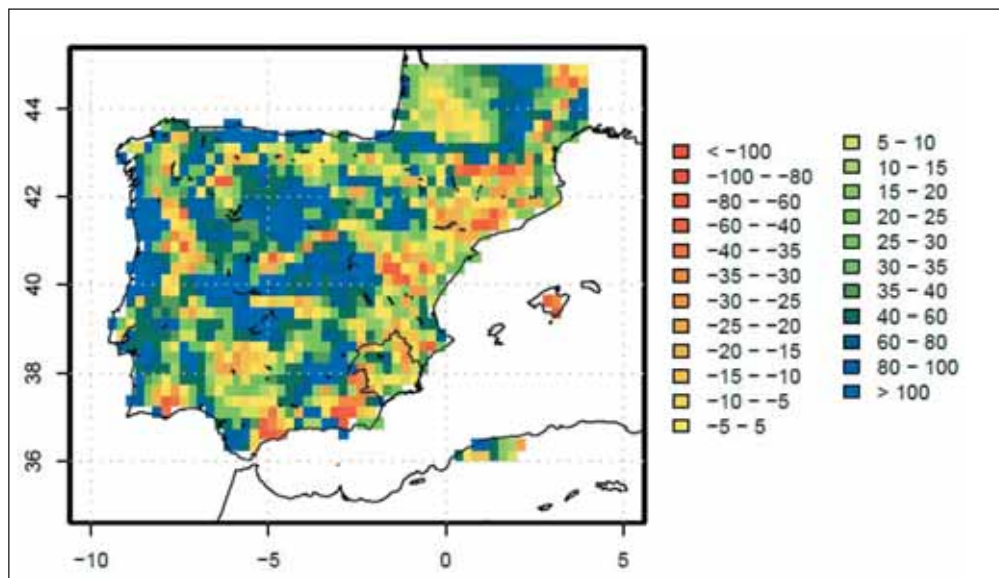


Figura 2. Mapa de errores relativos entre el modelo REMO y el mapa interpolado real.

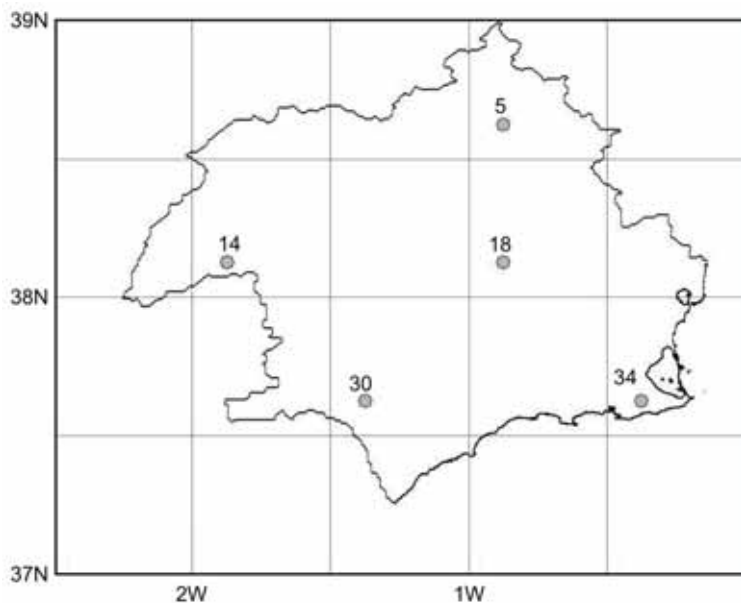


Figura 3. Ubicación de los sitios seleccionados para el análisis de las tendencias futuras de la precipitación.

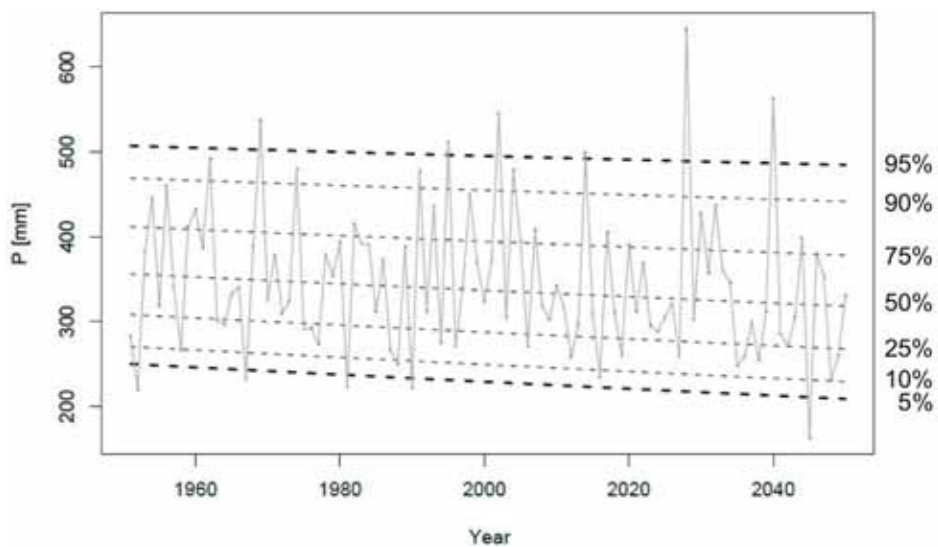


Figura 4. Serie de precipitación anual al interior de la cuenca entre 1951-2050 desde RCM REMO-ECHAM5-r3. Las líneas discontinuas representan cuantiles de la distribución de probabilidad (entre 5% y 95%).



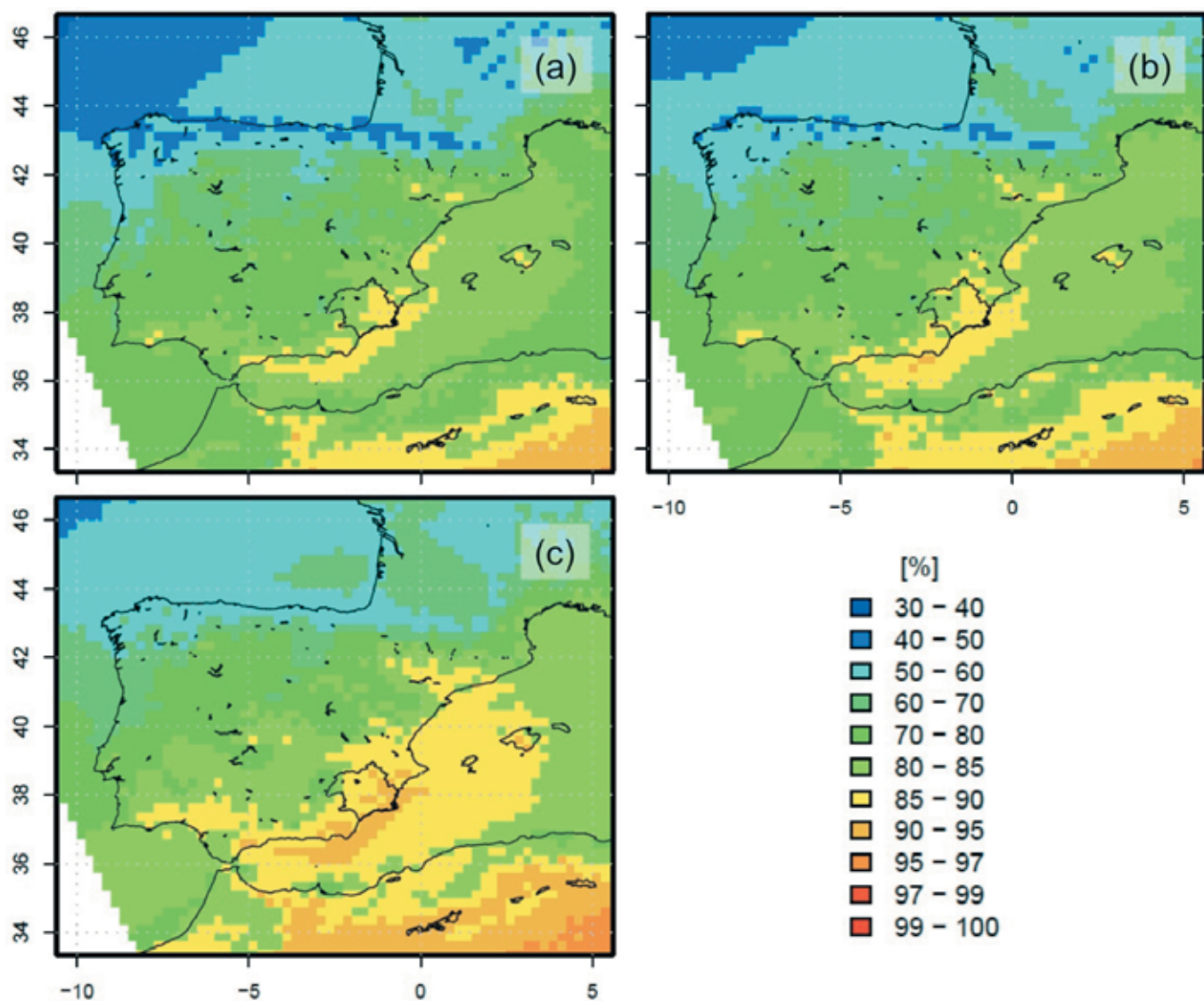


Figura 5. Porcentaje de días con precipitación menor que 1 mm/día, desde RCM REMO-ECHAM5-r3: (a) Periodo 1951-2000, (b) 2001-2050 y (c) 2051-2100.

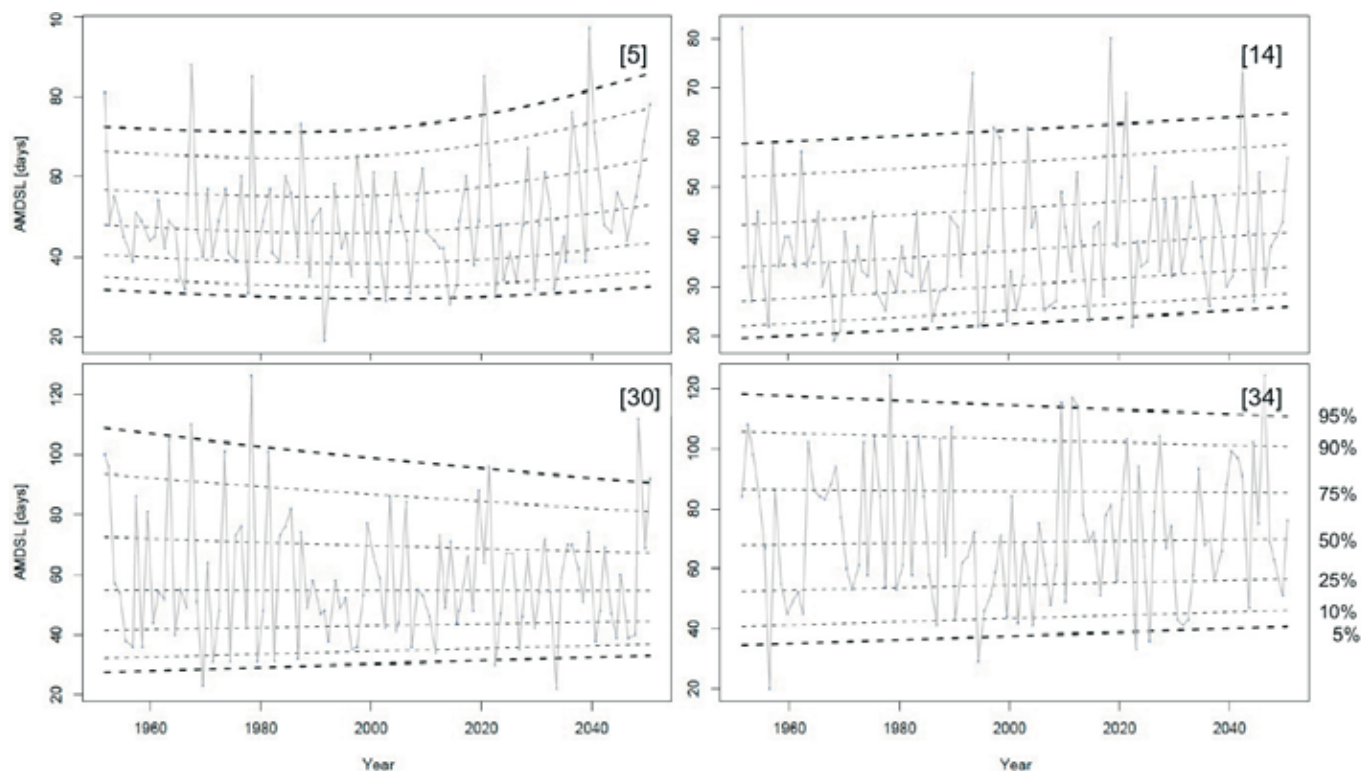


Figura 6. Series de AMDSL en sitios seleccionados al interior de la Cuenca del Segura, obtenidas desde RCM REMO-ECHAM5-r3 (1950-2050). Las líneas discontinuas representan algunos cuantiles de la distribución de probabilidad (entre 5% y 95%).

#### 4. ANÁLISIS DE RACHAS SECAS

Sobre la base del RCM (REMO-ECHAM5-r3 en este caso), es posible estimar el cambio de los patrones de la precipitación relacionados con las rachas de sequía. Un análisis sencillo sobre tendencias de rachas secas en la Península Ibérica consiste en contabilizar el porcentaje de días con precipitación por debajo de un umbral (por ej. 1 mm/día). Los resultados de este análisis (Figura 5) demuestran un aumento

del número de días secos para toda la Península Ibérica. En la zona costera de la Cuenca del río Segura se detecta un 85-90% de días secos para el período 1951-2000, que asciende al 95-97% en el período 2051-2100. En la zona de cabecera, los cambios son aún mayores, pasando del 70-80% de días secos al 80-85%.

El resultado anterior motiva el análisis de rachas secas al interior de la cuenca. En los sitios seleccionados (Figura 3), se obtuvieron las series temporales la longitud de racha seca

máxima anual (Annual Maximum Dry Spell Length -AMDSL-), utilizando los mapas ráster diarios de precipitación desde RCM REMO-ECHAM5-r3. Se ha aplicado GAMLSS para obtener la tendencia de la distribución de probabilidad de esta variable en cada punto. Se observa en sitios seleccionados en cabecera de la cuenca (puntos 5 y 14) aumentos en la longitud de las rachas secas máximas anuales (Figura 6). Mientras que, en zonas cercanas a la costa, no se observan tendencias crecientes de esta variable (Figura 6).

García Galiano y Giraldo Osorio (2010) han constatado para la Cuenca del río Senegal que las tendencias de AMSDL difieren según la zona de la cuenca estudiada de acuerdo a su régimen pluviométrico, en este caso trabajando con un ensemble de REMO y cdf (función de densidad acumulada) empíricas. Luego, en la misma cuenca, considerando proyecciones climáticas de distintos RCMs del Proyecto Europeo ENSEMBLES, se han demostrado las incertidumbres asociadas a los RCMs en la detección de tendencias de AMSDL (Karambiri *et al.*, 2010).

## 5. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo continuará en orden a incluir los RCMs provistos por el Proyecto Europeo ENSEMBLES, en los análisis de tendencias espacio-temporales de eventos hidrometeorológicos extremos (tanto sequías como avenidas). Para ello, se aplicarán modelos probabilísticos no estacionarios que permitan describir la evolución temporal de sus pdfs. Escenarios plausibles provistos por RCMs seleccionados será considerados *inputs* a modelos de transformación precipitación-aportación, con el fin de evaluar impactos en recursos hídricos a escala de cuenca. Los resultados de estos análisis son útiles en la gestión y planificación del riesgo en sistemas de recursos hídricos.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- CEC, 2009. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Technical Report - 2009 - 040, European Communities, 52 pp.
- García Galiano, S.G., Giraldo Osorio, J.D. 2010. Analysis of impacts on hydrometeorological extremes in the Senegal River Basin from REMO RCM, *Meteorologische Zeitschrift*, 19(4): 375-384.
- Karambiri, H., García Galiano, S.G., Giraldo, J.D., Yacouba, H., Ibrahim, B., Barbier, B. Polcher, J., 2010. Assessing the impact of climate variability and climate change on runoff in West Africa: the case of Senegal and Nakambe river basins, *Atmospheric Science Letters* (in press).
- Haylock, M. R. N. Hofstra, A. M. G. Klein Tank, E. J. Klok, P. D. Jones, and M. New, 2008. A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950-2006. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 113, D20119, doi:10.1029/2008JD010201, 2008.
- Stasinopoulos, D.M., A., R., and Rigby, R.A. (2007), Generalized Additive Models for Location Scale and Shape (GAMLSS) in R, *Journal of Statistical Software*, 23, 1-46.

\* Nota. Se agradece la financiación recibida desde el Proyecto de I+D CGL2008-02530/BTE del Ministerio de Ciencia e Innovación, España.



4

Salud y  
cambio climático

## 4.1. Cambio climático y salud: extremos térmicos

José Sanz Navarro

Servicio de Sanidad Ambiental

Dirección General de Salud Pública. Consejería de Sanidad y Consumo. Región de Murcia

### 1. ¿CÓMO AFECTA EL CAMBIO CLIMÁTICO A LA SALUD?

El cambio climático puede afectar al funcionamiento de muchos ecosistemas y de las especies que los habitan. Podría tener también efectos sobre la salud humana, algunos de los cuales serían beneficiosos, como por ejemplo los inviernos más suaves reducirían el pico invernal de mortalidad en los países templados, mientras que, en regiones cálidas, las temperaturas más elevadas podrían reducir la viabilidad de las poblaciones de insectos transmisores de enfermedades. Pero, en general, los científicos estiman que la mayoría de efectos del cambio climático sobre la salud serían negativos.

Así lo corroboran las conclusiones del Cuarto Informe de Evaluación (AR4) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), publicado a finales de 2007, poniendo de manifiesto que el calentamiento global observado debido al cambio climático es inequívoco, que los impactos del cambio climático están influyendo ya negativamente sobre muchos sistemas físicos y biológicos y que estos efectos irán en aumento. El calentamiento global continuado originado por el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera tendrá un impacto amplio y significativo en la economía, el medio ambiente y la salud. Los efectos que se proyectan debidos al cambio climático son muy variados, afectan a un amplio espectro de sistemas ecológicos y sectores socioeconómicos y se distribuyen desigualmente a través de los distintos territorios y las distintas regiones. La

región mediterránea se ha identificado como una de las áreas más vulnerables al cambio climático.

Según las previsiones del IPCC para el periodo 1950-2100, se producirán cambios climáticos, siendo los más significativos los siguientes:

- Temperaturas máximas y mínimas más elevadas.
- Más días de intenso calor y menos días fríos en la mayoría de regiones continentales.

El hecho de que se vuelvan a producir veranos excesivamente calurosos en Europa es probable.

Los impactos del cambio climático sobre la salud pueden concretarse de diferentes formas:

1. Las temperaturas ambientales extremas y la contaminación atmosférica son peligrosas para la salud, ya que suponen un riesgo directo por muerte cardiovascular y enfermedades respiratorias, especialmente entre personas de edad avanzada. Las temperaturas elevadas también aumentan los niveles de ozono y otros contaminantes atmosféricos que exacerban las enfermedades cardiovasculares y respiratorias, así como el polen y otros alérgenos que pueden disparar las enfermedades asmáticas.
2. Las inundaciones, las sequías y el agua contaminada pueden aumentar el riesgo de enfermedades. La carencia de agua potable pone en peligro la higiene, aumentando las

posibilidades de enfermedades diarreicas. Las inundaciones pueden contaminar los abastecimientos de agua potable y, por otra parte, crean oportunidades de reproducción para los insectos transmisores de enfermedades, como los mosquitos.

3. El cambio climático amenaza con aumentar la desnutrición, especialmente en países que dependen de una agricultura de subsistencia o sus ciudadanos no tienen ingresos suficientes para adquirir alimentos.
4. Las temperaturas crecientes harán disminuir las producciones de cosechas agrícolas en muchos países en vías de desarrollo. En poblaciones que dependen de la agricultura de subsistencia, o no tienen ingresos suficientes para comprar comida, se espera que esta situación se traduzca directamente en el predominio más amplio de la desnutrición. Por otra parte, la desnutrición agrava muchas enfermedades infecciosas, en particular entre niños.
5. El cambio climático puede destruir viviendas, comunidades y vidas debido al aumento de inundaciones que pueden afectar a las infraestructuras, como carreteras, redes de aguas potables y de saneamiento o de instalaciones médicas y otros servicios esenciales, impactando especialmente en las personas que viven en barrios bajos o marginales.
6. El cambio climático presentará nuevos desafíos para el control de las enfermedades infecciosas, ya que muchas de las de mayor mortalidad son transmitidas por el agua y los alimentos y por insectos vectores y son muy sensibles

a las condiciones climáticas y extremos meteorológicos. El cambio climático amenaza con reducir, parar o invertir el progreso actual contra muchas de estas infecciones.

## 2. EXTREMOS TÉRMICOS Y SALUD

La exposición humana a temperaturas ambientales elevadas puede provocar una alteración de nuestro sistema termorregulador que impida la adaptación del organismo a dichas temperaturas, lo que puede ocasionar la alteración de determinadas funciones vitales.

Las temperaturas muy elevadas producen pérdidas de agua y electrolitos, sustancias necesarias para el normal funcionamiento de los diferentes órganos. La exposición a temperaturas elevadas puede ocasionar calambres, deshidratación, insolación, golpe de calor (con problemas multiorgánicos que pueden incluir síntomas tales como inestabilidad en la marcha, convulsiones e incluso coma). La única rúbrica identificada como causa de mortalidad directa por exceso de temperatura ambiental en la Clasificación Internacional de Enfermedades y Causas de Muerte, 10ª revisión, es “X 30: Exposición al calor natural excesivo”.

En la Tabla 1 podemos observar los diferentes grados de deshidratación y los efectos producidos cuando el organismo se somete a temperaturas elevadas y no se produce la reposición de líquidos y electrolitos.

Las personas más susceptibles a las temperaturas eleva-

GRADO DESHIDRATACION	PÉRDIDA LÍQUIDO POR PERSONA (70 kg)	SÍNTOMAS
2%	1,4 l	Sed
4%	2,8 l	Además, boca seca
6%	4,2 l	Además, elevación ritmo cardíaco y aumento temperatura corporal
8%	5,6 l	Además, hinchazón lengua, dificultad al hablar, funcionamiento mental y físico reducido
12%	8,4 l	Recuperación sólo después administración parenteral líquidos
14%	9,8 l	Aumento rápido de temperatura y muerte

Tabla 1. Fuente: Heat-waves: risk and responses. WHO. 2004



das son los niños muy pequeños y los ancianos, ya que su sistema de termorregulación es más débil que el de las personas adultas sanas. Por otra parte, este sistema puede verse descompensado en personas con enfermedades crónicas sometidas a ciertos tratamientos médicos.

### 3. OLAS DE CALOR Y MORTALIDAD

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define a las olas de calor como un recalentamiento de aire, de un período caracterizado por temperaturas anormalmente elevadas o de una invasión de aire muy caliente.

La característica esencial de la ola de calor es la observación de temperaturas anormalmente cálidas con respecto a la época considerada, a su persistencia en el tiempo y a unas temperaturas mínimas elevadas.

El exceso de mortalidad sobre la esperada se ha asociado a períodos de tres o más días consecutivos de temperaturas altas y no habituales. En la Tabla 2 se observan las olas de calor en diferentes países y ciudades europeas y el exceso de defunciones que se produjeron.

PAÍS	AÑO	EXCESO DEFUNCIONES	AUMENTO
Roma	1983	65	35%
Atenas	1987	> 2000	---
Londres	1995	696	8,9%
Francia	2003 (1-20/8)	14.802	60%
Italia	2003 (1/6-15/8)	3.134	15%
Portugal	2003 (1/6-31/8)	2.099	26%
España	2003	3.166	8%

Tabla 2. Fuente: Heat-waves: risk and responses. WHO. 2004

### 4. PLAN NACIONAL DE ACCIONES PREVENTIVAS DE LOS EFECTOS DEL EXCESO DE TEMPERATURAS SOBRE LA SALUD

En 2004 y tras la ola de calor del año 2003 que produjo en España un exceso de 3.166 defunciones debidas a las altas temperaturas, el Ministerio de Sanidad y Política Social (MSyPS) elaboró un Plan Nacional para prevenir los daños a la salud provocados por el exceso de calor. A partir de 2004, el Plan Nacional se desarrolla y ejecuta todos los años.

El plan se basa en las siguientes actividades:

- Predicción de las temperaturas para los próximos días a partir de la información facilitada por la Agencia Estatal de Meteorología.
- Información anticipada a la población sobre los efectos del calor excesivo.
- Implantación de un Sistema de Información Ambiental, llevado en nuestra región por el Servicio de Sanidad Ambiental.
- Implantación de un Sistema de Información sobre Morbilidad y Mortalidad, llevado en nuestra región por el Servicio de Epidemiología.
- Información a los profesionales sanitarios y de los servicios sociales.
- Coordinación con los servicios sociales para identificación de los grupos de riesgo, tanto niños como personas muy mayores.
- Alerta de los dispositivos asistenciales, tanto de atención primaria como hospitalaria.
- Coordinación con las administraciones y entidades públicas y privadas competentes.

El Ministerio de Sanidad y Política Social coordina las instituciones de la Administración del Estado implicadas y propone acciones en esta materia al resto de administraciones (autonómica y local).

El plan crea un Sistema de Información Ambiental y Vigilancia de Morbilidad y Mortalidad, cuyos objetivos son:

- Conocer anticipadamente el riesgo de temperaturas excesivas que puedan afectar a una población determinada residente en un ámbito geográfico concreto.
- Identificar y monitorizar el incremento de la demanda de asistencia sanitaria y la necesidad de reforzar los recursos disponibles.
- Conocer el impacto real sobre la salud de la población.

El Plan Nacional, que abarca del 1 de junio al 30 de septiembre del año en curso, se implanta en la Región de Murcia siguiendo las directrices y objetivos de aquél, mediante el Plan Regional de Acciones Preventivas del Exceso de Temperaturas sobre la Salud.

## 5. ÍNDICES DIARIOS DE EXTREMOS TÉRMICOS

El Sistema de Información Ambiental se basa en la elaboración de un Índice Diario de Extremos Térmicos (IDET), con la predicción de temperaturas enviada por el MSyPS, para el día de la fecha y los cuatro siguientes. Este IDET se remite vía correo electrónico a Ayuntamientos, Hospitales, Centros de Atención Primaria, Servicios de Teleasistencia, Cruz Roja y medios de comunicación de masas. También se cuelga de la página web <http://www.murciasalud.es/pagina.php?id=50260&idsec=1834> para conocimiento de los ciudadanos.

El Ministerio de Sanidad y Política Social y la Agencia Estatal de Meteorología han acordado las temperaturas umbrales diarias, máximas y mínimas, basadas en los datos de temperaturas reales registradas en los meses de verano de años anteriores en los observatorios situados en las capitales de provincia o en sus proximidades.

Para Murcia, la temperatura umbral máxima se establece en 38,0 °C y la mínima en 22,0 °C.

Con el listado diario de temperaturas máximas y mínimas previstas por la Agencia Estatal de Meteorología, correspondiente al día de la fecha, y a los cuatro días siguientes, se elabora el Índice Diario de Extremos Térmicos, que podemos resumir en la siguiente tabla:

NIVEL	INDICE	PREVISIÓN DE N° DE DÍAS QUE SE SUPERAN SIMULTÁNEAMENTE LAS TEMPERATURAS UMBRALES MÁXIMA Y MÍNIMA	COLOR
0	0	0	VERDE
1	1	1	AMARILLO
	2	2	
2	3	3	NARANJA
	4	4	
3	5	5	ROJO

Fuente: Plan Nacional de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud. Ministerio de Sanidad y Política Social.

Así se establecen 3 niveles de riesgo, desde el 0 o de ausencia de riesgo (color verde) hasta el 3 o de alto riesgo (color rojo).

## 6. RESULTADOS DEL PLAN REGIONAL

Durante 2009 se han obtenido 5 IDET de nivel 1, índice 1, 2 IDET de nivel 1, índice 2 y 2 IDET de nivel 2, índice 3.

Por otra parte, los servicios de teleasistencia sanitaria y Cruz Roja han atendido a 6.898 personas mayores con riesgo de sufrir problemas de salud por calor, bien mediante visitas domiciliarias o mediante llamadas telefónicas, dándoles consejos para prevenir los efectos de las altas temperaturas sobre la salud. Los servicios cubren un total de 31 municipios.

En la tabla siguiente se recogen los afectados por golpes de calor u otras patologías debidas a las altas temperaturas. En el año 2009, el 7,2% de los afectados necesitaron ingreso hospitalario para ser estabilizados.

AÑO	TOTALES*	INGRESOS HOSPITAL	FALLECIMIENTOS
2005	38	5	2
2006	59	10	1
2007	48	4	1
2008	58	3	0
2009	69	5	1

\* Notificaciones de hospitales y Atención Primaria

Fuente: Elaboración propia. Informes de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia sobre el plan de acciones preventivas contra los efectos del exceso de temperaturas sobre la salud.

La implantación del Plan Regional de Acciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud desde el año 2004, y hasta la actualidad ha conseguido los siguientes logros:

- Se pone en marcha el servicio de Teleasistencia Domiciliaria y Ayuda a Domicilio para personas mayores en 2007 que cubre 31 municipios.
- En centros sociosanitarios se mejoran e implementan los sistemas de refrigeración ambiental y se evita que los mayores estén al aire libre en las horas de máximo calor.
- Se detectan nuevos grupos de riesgo frente al exceso de temperaturas: obreros de la construcción, personas que realizan ejercicio físico al aire libre, trabajadores agrícolas, etc.
- A través de la Comisión Regional del Trabajo, el director general de Salud Pública notifica que los trabajadores pertenecen al grupo de riesgo frente a los extremos térmicos y son los que generan más ingresos hospitalarios y fallecimientos.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Cambio Climático 2007. Informe de Síntesis. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Disponible en [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_sp.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf)

Protecting Health from Climate Change. World Health Day 2008. World Health Organization. 2008. Disponible en [http://www.who.int/world-health-day/toolkit/report\\_web.pdf](http://www.who.int/world-health-day/toolkit/report_web.pdf)

Heat-waves: risk and responses. World Health Organization 2004. Disponible en: <http://www.euro.who.int/document/E82629.pdf>

Plan Nacional de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud. Año 2009. Disponible en: <http://www.msps.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/planAltasTemp/2009/docs/planExcesoTemperaturas2009.pdf>

Informe de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia sobre el plan de acciones preventivas contra los efectos del exceso de temperaturas sobre la salud. Año 2009. Disponible en: <http://www.murciasalud.es/pagina.php?id=50260&idsec=1834>

## 4.2. Pediatría y cambio climático en la Región de Murcia

J.A. Ortega García, M.F. Sánchez-Sauco, M. Alcaraz Quiñonero\* y M. Sánchez-Solís

Unidad de Salud Medioambiental Pediátrica. Paediatric Environmental Health Specialty Unit Murcia (PEHSU-Murcia).

Servicio de Pediatría. \*Gerencia Área I. Hospital Universitario Virgen de la Arrixaca. Murcia, Spain.

### INTRODUCCIÓN<sup>1-4</sup>

El progreso industrial, durante la segunda mitad del siglo XX, con los cambios socioeconómicos inherentes, ha permitido mejorar las condiciones higiénicas y de salud en los países occidentales, disminuyendo notablemente la morbimortalidad relacionada con la pobreza. La salud poblacional, como condición sostenible, requiere una protección continua para asegurar: aire ambiental no contaminado interno y externo; agua potable; alimentos adecuados; temperaturas tolerables; clima estable; protección de radiaciones ionizantes y ultravioletas, y niveles elevados de biodiversidad medioambiental<sup>1</sup>. Pero el desarrollo económico excesivo también presenta efectos contraproducentes secundarios a la masiva industrialización que genera un deterioro global de las condiciones medioambientales, con repercusiones negativas en la salud humana<sup>2</sup>. Los resultados de numerosos estudios científicos sugieren que las actividades humanas, principalmente el uso masivo de combustibles fósiles, han modificado la composición natural del aire<sup>1-3</sup>. La contaminación atmosférica de gases con efecto invernadero produce un calentamiento de la superficie terrestre más allá de la variabilidad natural del sistema climático, condicionando el denominado cambio climático<sup>4</sup>. Estos cambios inducidos por la industrialización presentan efectos locales y globales, y amenazan los sistemas ecológicos

de los que dependen todas las especies vegetales y animales, incluidos los humanos. Degradan y erosionan la salud y el bienestar de las generaciones presentes y futuras, objetivos primordiales y finales del desarrollo humano. Nuestra intención en el presente trabajo es divulgar los efectos sobre la salud humana y en particular en la salud de la infancia. Y, al mismo tiempo, proponer acciones de protección ante este desafío global para la pediatría en la Región de Murcia.

### VULNERABILIDAD INFANTIL

Los profesionales de la salud necesitamos comprender mejor la relación entre el medio ambiente y la salud para poder fundamentar más eficazmente la toma de decisiones. Los principales factores que determinan la vulnerabilidad de una sociedad y son determinantes básicos en la salud de la infancia están expuestos en la Tabla 1<sup>5</sup>.

Existen unos grupos poblacionales de mayor vulnerabilidad ante la acción del cambio climático. Estos grupos son los siguientes: época fetal, infantil, juvenil, mujeres, y especialmente las embarazadas y lactantes, tercera edad, minorías étnico-culturales y enfermos crónicos. La población pediátrica, que abarca las dos primeras décadas de la vida, engloba a tres de los grupos más vulnerables a las amenazas medioambientales, por los motivos expuestos a continuación<sup>6-7</sup>.

**Tabla 1. Factores que determinan la vulnerabilidad de las poblaciones**

La pobreza y la carencia asociada de recursos e infraestructura técnica
El estado alimenticio (por ejemplo, las poblaciones con carencia de alimentos en el África sub-sahariana)
Aislamiento
La situación geográfica, por ejemplo, las poblaciones de la costa o pequeñas islas, que están expuestas al crecimiento del nivel del mar y la intrusión de agua salada en el suelo
Inflexibilidad cultural
Rigidez política

### **Inmadurez biológica**

Todos los sistemas orgánicos atraviesan diversas fases de maduración tanto anatómica (rápido crecimiento celular con hiperplasia e hipertrofia celular) como fisiológica (déficit de todos los sistemas fisiológicos, en especial, los de inmunovigilancia y detoxificación), que se inician en la época fetal, persisten durante el periodo infantojuvenil, para terminar al final de la adolescencia e inicio de la época adulta.

### **Mayor consumo energético y metabólico**

Por el rápido crecimiento y desarrollo, los niños necesitan un mayor aporte de oxígeno y de sustancias nutricionales. Por ello, comen más alimentos, beben más líquidos y respiran más aire por kilogramo de peso corporal que los adultos. Los niños, de manera especial durante los primeros diez años de vida, inhalan, ingieren y absorben transdérmicamente más sustancias tóxicas medioambientales por kilogramo de peso que un adulto. Si a ello unimos la menor capacidad para neutralizar, detoxificar y eliminar los contaminantes externos, sus efectos adversos van a ser más intensos y persistentes.

### **Comportamiento social**

Los niños, por su conducta natural e innata, presentan una mayor espontaneidad, curiosidad y confianza hacia su entorno, provocando una mayor indefensión ante las agre-

siones medioambientales y los signos de alarma que avisan/alertan a los adultos. La tendencia a descubrir, tocar, respirar, degustar y muchas veces ingerir sustancias u objetos que exploran, como tierra, pinturas, plásticos, etc., los convierte en individuos especialmente expuestos a los tóxicos medioambientales. Al reptar, gatear y arrastrarse por los suelos domésticos y en los espacios exteriores, están más expuestos a los contaminantes potenciales del polvo, suelo, plomo de las pinturas, trozos de juguetes y plásticos, químicos domésticos y de jardinería o agricultura, etc. Incluso en el mismo ambiente doméstico, durante los primeros dos años de vida, al estar más tiempo a ras del suelo, y por su menor estatura los niños respiran compuestos orgánicos volátiles que son más densos y pesados que el aire y que los adultos no inhalan.

### **Mayores expectativas de vida**

Como los niños tienen por delante muchos más años potenciales de vida, pueden desarrollar efectos a medio y largo plazo ante exposiciones crónicas en bajas dosis de los contaminantes ambientales.

### **Nula capacidad de decisión**

Los niños no tienen capacidad de decisión en relación con los temas medioambientales relacionados con el cambio climático que les afectan con mayor gravedad que a los adultos y que hipotecan irreversiblemente sus hábitats futuros.

## EFFECTOS ADVERSOS SOBRE LA SALUD DE LOS NIÑOS<sup>5, 8</sup>

### Efectos sobre la salud

Los efectos sobre la salud de la infancia en Europa derivados del cambio climático global aparecen resumidos en la Tabla 2 y a continuación pasamos a detallar los más importantes.

### Precipitaciones ácidas

Este concepto designa a las precipitaciones atmosféricas húmedas (lluvia, granizo, niebla, rocío, aguanieve y nieve) y secas (cenizas, polvos y partículas gruesas y finas) que contienen ácidos en su composición. La precipitación ácida es generada principalmente por los derivados ácidos del CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>-NO<sub>3</sub> y SO<sub>2</sub>.

El dióxido de carbono en contacto con la humedad ambiental, las radiaciones ultravioletas e infrarrojas reacciona con radicales hidroxílicos para formar ácido carbónico (CO<sub>3</sub>H<sub>2</sub>), el cual contribuye a que el pH habitual de la lluvia sea alrededor de 6, y lógicamente, contamina los ecosistemas aéreos, acuáticos y terrestres.

Las personas respiramos aire, bebemos agua y consumimos alimentos contaminados por las precipitaciones ácidas. Directamente ocasionan conjuntivitis, rinitis, faringitis, laringitis, traqueítis y bronquitis agudas y crónicas. También incrementan y exacerban las crisis asmáticas. Indirectamente, disuelven los metales tóxicos (mercurio, plomo, aluminio, cobre, etc.) que están inertes en la tierra, y a través de la cadena trófica de alimentos pasan a los humanos produciendo diversas alteraciones gastrointestinales, renales, hepáticas y neurológicas. En personas más débiles ocasionan muertes prematuras.

Las precipitaciones ácidas también afectan adversamente a los ecosistemas vegetales y acuáticos. Por su efecto corrosivo sobre piedras, mármoles, estructuras metálicas al aire libre, etc., aceleran su erosión natural y deterioran las estructuras de los sistemas públicos de asistencia.

### Estrés térmico

Ocasiona un calentamiento de las zonas templadas con un incremento de los días calurosos. Las oleadas de calor causan un incremento de mortalidad, secundario a la excesiva demanda del sistema cardiovascular requerida para la refrigeración fisiológica. El calor también agrava algunas enfermedades preexistentes en poblaciones vulnerables como jóvenes, ancianos y enfermos crónicos. La mortalidad en los días de calor intenso se asocia predominantemente con alteraciones cardiovasculares, broncopulmonares y cerebrovasculares. Los cálculos establecen una disminución de la mortalidad por la aparición de inviernos más templados; pero no llegaría a alcanzar el incremento de la tasa provocada por las olas de calor y aumento de las temperaturas.

También ocasiona una importante morbilidad, ya que origina agotamiento físico, calambres musculares, síncope y lipotimias y alteraciones cutáneas. Tanto la mortalidad como la morbilidad asociada al calor extremo se incrementan cuando existe viento flojo o calmado, humedad alta y radiación solar intensa

### Empeoramiento de la calidad global del aire

El empeoramiento de la calidad global del aire exacerba las enfermedades respiratorias agudas y crónicas, especialmente las de etiología alérgica. Incluso a niveles de exposición relativamente bajos, los individuos sanos pueden experimentar dolor torácico, tos y dificultad respiratoria. La polución atmosférica combinada con el calor acelera e incrementa la producción y concentración de oxidantes fotoquímicos en áreas urbanas y rurales, que irritan y dañan las mucosas nasales, orofaríngeas, laríngeas, traqueales y broncopulmonares.

El calentamiento global puede afectar la estacionalidad de algunas alergias respiratorias al alterar el desarrollo, crecimiento y floración de las plantas que liberan alérgenos aéreos. También repercute negativamente en las alergias digestivas y dermatológicas, así como en la fiebre del heno.



**Tabla 2. Efectos de salud infantil potenciales en el cambio climático**

EFFECTOS EN EL MEDIO	RESULTADOS SOBRE LA SALUD
<b>Efectos directos</b>	
Precipitaciones ácidas	Enfermedades respiratorias Alteraciones en la cadena trófica de alimentos Daños a las infraestructuras de salud pública
Exposición a temperaturas extremas	Cambios en la prevalencia de enfermedad y de la mortalidad relacionada con el frío y calor
Alteraciones en la frecuencia o intensidad de acontecimientos extremos meteorológicos	Muertes, heridas, desórdenes psicológicos Daños a las infraestructuras de salud pública
<b>Efectos indirectos</b>	
Las alteraciones en sistemas ecológicos: efectos sobre la variabilidad y actividad de vectores y parásitos	Variabilidad geográfica e incidencia de enfermedades transmitidas por vectores
Cambios en la ecología microbiológica del agua y alimentos	Alteraciones en la incidencia de la diarrea y otras enfermedades infecciosas
Cambios en la productividad de las cosechas, por el cambio del clima, parásitos, plagas	Desnutrición y hambre. Y daño consiguiente sobre el desarrollo y crecimiento infantil
Aumento del nivel del mar provocando el desplazamiento demográfico y el daño de infraestructuras	Riesgo aumentado de enfermedades infecciosas Trastornos psicológicos
Impacto biológico de cambios en la contaminación atmosférica (incluidos polen y esporas)	Asma y alergia Enfermedades agudas y crónicas respiratorias Muertes
La fractura social, económica, y demográfica que afecta a la economía, desarrollo de infraestructuras y el suministro de recursos	Grandes consecuencias en salud pública, salud mental, enfermedades infecciosas y estado alimenticio de las poblaciones Luchas civiles

Por encima de 30-32 °C hay una intensa relación directa y positiva entre la temperatura y las concentraciones de ozono. En los niños europeos de 0 a 4 años entre el 1,8% al 6,4% de todas las muertes son atribuibles a la contaminación atmosférica y el 4,6% a la contaminación del aire interior.

### Desastres climatológicos

Estos incidentes ocasionan un fuerte impacto negativo sobre la salud con importantes pérdidas de vidas y graves repercusiones socioeconómicas. Las inundaciones son el tipo más frecuente de desastre climatológico en nuestras latitudes.

El calentamiento global aumenta los incidentes causados por las temperaturas extremas. Las precipitaciones muy intensas asociadas al calentamiento del agua del mar y el contraste con bajas temperaturas en niveles atmosféricos altos causan inundaciones, pérdidas humanas por ahogamientos y morbilidad por traumatismos, enfermedades infecciosas, estrés y los efectos adversos asociados a problemas sociales, ambientales y emigración forzosa. Las inundaciones destruyen los suministros de alimentos y contribuyen a la aparición de enfermedades infecciosas secundarias a la ruptura de infraestructuras sanitarias (conduc-

ciones de agua potable y canalizaciones de desagües y aguas residuales). Además, liberan sustancias químicas peligrosas al desbordar o romper los depósitos industriales donde se almacenan y tratan los materiales tóxicos, contaminando las aguas y los alimentos vegetales y animales.

### Enfermedades transmisibles por insectos

La transmisión de muchas enfermedades infecciosas está influida por el factor climático. Las condiciones del efecto invernadero pueden ayudar a que se esparzan a países templados, como el nuestro, las enfermedades típicas de los países más cálidos. Nuestra cercanía a África y el ser paso migratorio de las aves, junto con los cambios climáticos, convierten nuestro país en área vulnerable.

Las enfermedades vectoriales susceptibles de ser influidas por el cambio climático y emerger en España aparecen en la Tabla 3.

Los agentes infecciosos y sus insectos vectores son sensibles a los factores ambientales como la temperatura, aguas superficiales, humedad del suelo y del aire, dirección de los vientos y cambios en la distribución de los bosques. Las enfermedades más importantes en nuestro entorno me-

diterráneo transmitidas por vectores de las que se espera un aumento por el cambio del clima son la leishmaniasis y la enfermedad de Lyme, y otras, como la malaria, sufrirán un riesgo de reintroducción en Europa occidental a no ser que los programas para controlar los vectores sean reforzados. El Centro Europeo de Medio Ambiente y el grupo de trabajo de salud sobre las implicaciones del CCGIH para la salud humana han identificado dos enfermedades transmitidas por insectos como prioridad de vigilancia durante el cambio de clima en Europa: malaria y encefalitis transmitida por garrapatas. En España, también, la más factible amenaza sería la instauración del mosquito *Aedes albopictus*, que sería capaz de transmitir enfermedades virales como la del Nilo occidental o el dengue.

### Enfermedades transmitidas por el agua

#### *Agua dulce*

El Centro Europeo de Medio Ambiente y el grupo de trabajo de salud sobre las implicaciones del CCGIH para la salud humana ha identificado dos enfermedades transmitidas por

**Tabla 3. Efectos de salud infantil potenciales en el cambio climático**

ENFERMEDAD	AGENTE	VECTOR	CLÍNICA
Denge	Flavivirus	Mosquito	Fiebre viral hemorrágica
Nilo occidental (West Nile)	Flavivirus	Mosquito	Encefalitis
Fiebre de Congo Crimea	Nairovirus	Garrapata	Fiebre viral hemorrágica
Encefalitis por garrapata	Flavivirus	Garrapata	Encefalitis
Fiebre del Valle del Rift	Phlebovirus	Mosquito	Fiebre viral hemorrágica
Fiebre botonosa	Rickettsia conorii	Garrapata	Fiebre maculada
Tifus murino	Rickettsia typhi	Pulga	Fiebre tífica
Enfermedad de Lyme	Borrelia burgdorferi	Garrapata	Artritis, meningitis, carditis
Fiebre recurrente endémica	Borrelia hispanica	Garrapata	Fiebre recurrente
Malaria	Plasmodium sp.	Mosquito	Fiebres palúdicas
Leishmaniosis	Leishmania sp.	Flebotomo	Kala-azar

insectos con prioridad para la vigilancia durante el cambio de clima en Europa: *Campylobacter* y *Cryptosporidium parvum*.

Muchas enfermedades gastrointestinales están causadas por microorganismos que contaminan las aguas dulces como bacterias (*Salmonella*, *Shigella*, *Campylobacter*, etc.), virus (rotavirus y enterovirus) y protozoos (*Giardia Lamblia*, *Toxoplasma* y *Criptosporidium*). Los cambios climáticos afectan a la distribución y calidad de las aguas superficiales y subterráneas, incrementando estas enfermedades tanto en las épocas de inundaciones como en las de sequía al dificultar o impedir las medidas mínimas de higiene individual o colectiva. En el caso de precipitaciones fuertes, como hemos comentado anteriormente, se favorece la contaminación de las aguas dulces superficiales y subterráneas por el filtrado rápido de residuos peligrosos y la contaminación secundaria de los pozos sépticos de las actividades ganaderas y humanas.

#### *Agua salada o marina*

El calentamiento excesivo del agua del mar favorece el crecimiento de organismos tóxicos como algas que afectan inicialmente a los peces y secundariamente a las personas, produciendo intoxicaciones con trastornos digestivos y neurológicos. El zooplancton que se alimenta de algas puede servir de reservorio para el *Vibrio cholerae* y otros patógenos entéricos como bacilos gramnegativos. Las formas quiescentes del *Vibrio cholerae* permanecen largos períodos en las aguas y pasan a ser infecciosas cuando los nutrientes, el pH y la temperatura del agua lo permiten.

#### **Efectos psicosociales**

De forma rutinaria se tiende a valorar la importancia del medio ambiente en la salud atendiendo a la incidencia de enfermedades bien definidas, o como causa de muerte. En nuestro siglo, el medio ambiente no sólo es transportador de sustancias tóxicas sino que, y esto es lo novedoso, actúa

de forma indirecta sobre la salud al interactuar con otros condicionantes sociales, vivienda, etc. De hecho hay síntomas más sutiles, muy frecuentes, difíciles de evaluar, como las jaquecas, náuseas, erupciones, hiperexcitabilidad, irritabilidad, trastornos del sueño, tendencias depresivas, estrés..., que al no ser medibles o ser poco creíbles desde el punto de vista biológico no se tienen en cuenta. Aunque son determinantes para el estado de bienestar de los individuos.

#### **Cambio climático y cáncer. Exposición infantil a radiaciones ultravioleta**

El grado de incidencia en el aumento del cáncer de piel aún no está determinado. Asumiendo que no ocurra ningún cambio en el comportamiento de la población en general, un agotamiento constante del ozono de la estratosfera de un 10 a un 15 por ciento a lo largo de varias décadas, tal como está calculado, podría dar como resultado entre un 15 y un 20 por ciento de incremento del cáncer de piel en la población blanca, o bien 250.000 casos adicionales cada año.

#### **PEDIATRÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO** <sup>5, 9,10</sup>

La Organización Mundial de la Salud en 1993, ante la progresiva contaminación de los ecosistemas ambientales y la creciente preocupación social ante los efectos potencialmente adversos en la salud humana, definió la salud medioambiental (SMA) como: 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, potencialmente, afecten negativamente la salud de las generaciones presentes y futuras.

Los niños constituyen un sector de mayor riesgo ante las agresiones medioambientales. Las violaciones de sus derechos a la salud y a un medio ambiente cuidado conducen

a alteraciones físicas, mentales y sociales. Los pediatras tenemos la responsabilidad de implicarnos en iniciativas para reducir la degradación medioambiental y mejorar la calidad global de vida. Estas responsabilidades derivan del conocimiento de los efectos actuales y potenciales de la degradación ambiental sobre la salud infantil. Aunque los profesionales sanitarios disponemos de escasa capacidad legal para controlar las fuentes de riesgo ambiental, tenemos toda la autoridad moral y científica para, en la salud personal y colectiva, defender y exigir la reducción y eliminación de las mismas. Los pediatras tenemos el deber y la obligación de impulsar las medidas de salud ambiental como una de nuestras máximas prioridades actuales, para garantizar a las generaciones actuales y asegurar a las venideras un medio ambiente sostenible y sano.

Hay claramente unas barreras para ser un “abogado-pediatra”. La principal es la escasa o nula formación en salud

medioambiental de la mayoría de los pediatras, que coloca a muchos niños en riesgo. Además, las tareas de defensa y compromiso de la justicia medioambiental consumen tiempo y energías, lo que puede tener un efecto adverso sobre la actividad asistencial y la relación con el resto de compañeros.

Para ser un pediatra defensor no es necesario tener dedicación completa ni generar datos originales basados en la experimentación propia. Hay muchos pediatras que trabajan en sus comunidades de vecinos, ONGs y/o instituciones realizando informes y revisiones científicas, adaptándolos para que sean útiles y comprensibles para la sociedad civil. Hay muchas oportunidades para la participación personal en actividades de defensa medio ambiental. En la Tabla 4 aparecen algunas propuestas para involucrarse y en la Tabla 5, algunas recomendaciones para distribuir a los padres en la consulta.

**Tabla 4. Cómo puede involucrarse en la protección medioambiental el pediatra de Atención Primaria**

Solicitando formación académica en salud medioambiental pediátrica y cambio climático
Colaborando con una ONG local que defienda la salud y el medio ambiente impartiendo charlas educativas (sobre la salud de la infancia, vulnerabilidad a los tóxicos, efectos en la salud del cambio climático...), asistiendo a las reuniones, peritajes...
Colaborando con las autoridades locales y regionales para identificar los riesgos ambientales más importantes de su área de trabajo y en la búsqueda activa de soluciones
Consejos prácticos para la consulta: colocar a diario o semanalmente en el tablón de anuncios del Centro de Salud los niveles de calidad del aire de su ciudad-comunidad, entregar una pequeña hoja sobre cómo crear ambientes saludables
Apoyando con informes de salud para eliminar el tabaco
Participando en el programa de la salud en la escuela e incluyendo aspectos que mejoren la calidad ambiental en los colegios
Apoyando económicamente a una ONG

**Tabla 5. Cómo ayudar a crear entornos saludables. Mensajes para los padres**

1. No fumes y evita los ambientes con humo de tabaco
2. Da el pecho a tus hijos hasta que tú quieras
3. Adopta un estilo de vida físicamente activo y estimula el ejercicio físico en tus hijos de forma regular. Realiza al menos 45 minutos diarios de actividad física
4. Reduce el aporte calórico. Mantén un peso saludable
5. Evita el consumo de alcohol. Previén el consumo de otras drogas
6. Fomenta una dieta más “vegetariana” en tu hogar, incluye más frutas, verduras, legumbres y cereales y disminuye el consumo de proteínas de origen animal
7. Compra productos ecológicos con garantía de producción limpia. Si no encuentras alguno, pídelo en tu tienda. La mejor forma de incrementar el mercado es solicitar estos productos
8. Separa las basuras, reduce, recicla y reutiliza todos los residuos que puedas
9. Utiliza el transporte público y la bicicleta
10. Evita y protege de la exposición solar a tu hijo. Evita la exposición en horas extremas (entre las 11 y 16 horas). En otros horarios, usa cremas de protección solar y ropa adecuada.
11. Elimina y disminuye la posibilidad de arrastrar trazas de sustancias químicas de tu trabajo a casa
12. Utiliza sistemas de ventilación y calefacción seguros
13. Disminuye y busca alternativas al uso de productos químicos en el hogar (pesticidas, limpieza...)
14. Pide que el transporte escolar esté libre de partículas diésel
15. Apuesta por una mayor utilización de energías alternativas: hidráulica, solar y eólica

#### **Principio de precaución en la práctica pediátrica** <sup>11,12</sup>

Es necesario un cierto nivel de calidad ambiental y, cuando una actividad tecnológica o industrial amenaza hipotéticamente y razonablemente la salud humana o el medio ambiente natural, rápidamente se deben instaurar las medidas precautorias y cautelares oportunas de protección, antes de que las asociaciones causa-efecto se hayan establecido completamente con bases científicas. El disponer de medidas legislativas y ejecutivas para cumplir precozmente este concepto puede prevenir o atenuar alguno de los daños que pueden sufrir a veces de forma irreversible el medio ambiente y las personas. El principio de precaución no supone un *status quo*, sino todo lo contrario: nos debe hacer avanzar en la búsqueda constante de alternativas tecnológicamente viables y económicamente razonables.

Cuando uno mira la evolución descendente de los estándares de determinados tóxicos como el mercurio, plomo, etc. a lo largo de los últimos 40 años, valoramos la importancia del principio de “cautela” o “precaución”. Este principio nos asegura el poder disfrutar y gozar de un patrimonio ambiental cuidado. Los pediatras ocupamos un lugar estratégico y privilegiado para detectar a familias en riesgo. Los pediatras cumplen un papel muy especial, ya que son los que diagnostican y tratan las enfermedades en la infancia, educan sanitariamente a los padres y familiares, fomentan la conciencia respecto a la salud y el bienestar y actúan como profesionales de confianza para defender y apoyar con éxito cambios en las políticas de salud. Cuando un pediatra detecta un riesgo real o potencial, más que medir o cuantificar el pediatra intenta eliminarlo o reducirlo de la

vida de los niños. En pediatría aplicamos el mejor juicio científico para proteger a los más vulnerables, errando en la parcela de la precaución, y esto nos convierte en ejecutores prácticos del principio de precaución.

### ¿QUÉ SON LAS UNIDADES DE SALUD MEDIOAMBIENTAL PEDIÁTRICA? <sup>9,13</sup>

Una Unidad de Salud Medioambiental Pediátrica (PEHSU en sus siglas en inglés, Paediatric Environmental Health Specialty Unit) es una unidad clínica situada en un departamento u hospital pediátrico donde pediatras y enfermeros con experiencia en SMA trabajan con otros profesionales sanitarios (enfermeros, ginecólogos, otros especialistas pediátricos, médicos de familia, toxicólogos, biólogos, técnicos de salud medioambiental...) y no sanitarios (químicos, ingenieros, físicos, maestros...). Estas unidades son capaces de reconocer, evaluar, tratar y prevenir las enfermedades y los riesgos ambientales en la infancia, así como de proporcionar asistencia, educación, formación teórico-práctica e investigación clínica.

La OMS y la UE estimulan al desarrollo de estrategias para la SMA pediátrica en unidades y centros de excelencia. El Plan de Acción Europeo Salud de los Niños y Medio Ambiente (CEHAPE en inglés, Children's Environment and Health Action Plan for Europe) reconoce la necesidad de: a) incrementar la formación en SMA de profesionales de la salud orientados hacia la infancia y b) crear unidades clínicas de Salud Medioambiental Pediátrica en todo el continente.

La herramienta de trabajo fundamental en PEHSU es la historia clínica medioambiental pediátrica (HCMAP). En las enfermedades provocadas o inducidas por los factores medioambientales menos comunes o en las que sea necesario una información más compleja sería adecuado contactar con un centro PEHSU. Actualmente en España existe la PEHSU con estructura consolidada en el Hospital Universitario Virgen de la Arrixaca de Murcia, y se dan pasos de consolidación en otras comunidades.

### SALUD AMBIENTAL ESCOLAR Y PEDIATRÍA EXTRAHOSPITALARIA <sup>14</sup>

Los pediatras deben colaborar activamente con otros profesionales (enfermeros, maestros, asociaciones de padres, administraciones políticas, etc.) para conseguir ambientes escolares saludables, sanos y seguros, tanto en su continente como en su contenido. Las escuelas deben ser lugares seguros para que nuestros niños aprendan, jueguen y convivan libres de los riesgos ambientales físicos (temperaturas extremas, ruidos fuertes, líneas eléctricas de alto voltaje, etc.), químicos (humo del tabaco, pesticidas, motores diésel en el transporte escolar, asbesto, plomo, compuestos orgánicos persistentes, etc.), biológicos (gérmenes, virus, parásitos, etc.) y sociales (pobreza, racismo, intolerancia, insolidaridad, etc.). Al mismo tiempo el contenido (educación, instrucción y aprendizaje) debe contemplar como tareas prioritarias el conocimiento de los contaminantes medioambientales y sus efectos adversos en los ecosistemas naturales y en la salud humana. Estos temas deben ser introducidos precozmente y mantenidos durante todas las fases de maduración cognitiva y conductual desde la primera infancia hasta la pubertad. En PEHSU trabajamos en el desarrollo de una guía de acción medioambiental escolar (Tabla 6). Actualmente existen algunas experiencias en el colegio San Jorge (Molina de Segura-Murcia) y otros colegios de la Región.

### CÓMO OBTENER LA HISTORIA CLÍNICA MEDIOAMBIENTAL <sup>9</sup>

Todas las visitas de pediatría deberían incluir antecedentes ambientales breves como la ocupación de los padres y la historia de tabaquismo. En Atención Primaria y extra-hospitalaria el pediatra debe tener cierto grado de información de la comunidad en la que vive el niño y los peligros ambientales más importantes en ella.



**Tabla 6. Aspectos básicos de una guía de acción medioambiental escolar para pediatría extrahospitalaria**

Provisión de necesidades básicas	Construcción en lugar seguro (alejado de ramblas y avenidas, autopistas, industrias peligrosas...)
	Materiales seguros en la construcción
	Temperatura adecuada
	Agua
	Alimentos saludables
	Luz
	Ventilación
	Colegios sin tabaco
	Clases apropiadas, no apiñadas
	Patios de recreo seguros
	Instalaciones sanitarias
	Asistencia médica de emergencia
	Protección frente a los contaminantes y riesgos biológicos
Agua escasa e insegura	
Escasa seguridad alimentaria	
Enfermedades transmitidas por vectores	
Animales venenosos	
Ratas e insectos peligrosos	
Otros animales (perros, etc.)	
Protección frente a los contaminantes sociales	Violencia escolar y social
	Contaminación publicitaria (tabaco, alcohol...)
Protección frente a los contaminantes físicos	Ruido
	Calor y frío extremos
	Radiación (radón, ultravioleta y líneas de alta tensión)
Protección frente a los contaminantes químicos	Tabaco y alcohol
	Contaminantes del aire exterior (tráfico y transporte, industrias...)
	Contaminantes del aire interior (compuestos orgánicos volátiles, metales pesados, productos de laboratorio, esporas...)
	Contaminantes en el agua
	Pesticidas
	Amianto
	Asbestos
	Pinturas
	Productos de limpieza
	Residuos y productos peligrosos
	Partículas diésel en los autobuses escolares

La historia clínica medioambiental forma parte de la historia clínica estándar. Está formada por un conjunto de preguntas básicas y concisas que nos permiten detectar a las familias en riesgo.

Aquellos pacientes con enfermedades como el asma, cáncer, malformaciones, trastornos endocrinos y neurológicos no filiados u otras patologías multifactoriales, o aquellos cuyos padres están preocupados por algún peligro ambiental, requieren investigar los antecedentes ambientales de una forma más completa. Es fundamental el reconocimiento académico/institucional, así como la necesaria capacitación y dotación de esta nueva área específica de la pediatría.

### LA “HOJA VERDE” EN ATENCIÓN PRIMARIA <sup>9</sup>

En las visitas del “niño sano” deben incorporarse unas preguntas de rutina que ayudarán a identificar a los niños en mayor riesgo por las exposiciones de los contaminantes ambientales. Los grupos de preguntas o ítems en la “hoja verde” se agrupan en referencia a las exposiciones procedentes de: la comunidad (incluido barrio y escuela), casa, *hobbies* o aficiones, exposición laboral y conductas personales. Los programas autonómicos de atención a niños y adolescentes en nuestro país constituyen una oportunidad única para detectar los riesgos ambientales y al mismo tiempo incrementar la conciencia y sensibilización medioambiental tanto en los profesionales sanitarios como en las familias, incrementado de esta forma la calidad de vida y ambiental en la comunidad.

### AIRE EXTERIOR Y PEDIATRÍA <sup>15-17</sup>

Son muchos los contaminantes atmosféricos en el aire libre y muy variados sus efectos. Los más conocidos y estudiados de la contaminación ambiental están en relación con la patología respiratoria. Los contaminantes en relación

con esta patología más importantes son la materia particulada, ozono, NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub>.

La materia particulada en el aire exterior está relacionada con los vehículos, especialmente diésel (en la infancia destaca el uso de transporte escolar diésel) y con los procesos industriales. La principal fuente de exposición a NO<sub>x</sub> en el aire exterior es el tráfico de vehículos en las zonas urbanas. El ozono es un contaminante secundario a la fotooxidación de NO<sub>x</sub> y COVs emitidos por el tráfico y las emisiones de las centrales térmicas. Generalmente, las concentraciones más altas se encuentran en las zonas periurbanas o rurales alejadas de los focos emisores.

La exposición a SO<sub>2</sub> produce un incremento, dosis dependiente, de las resistencias de la vía aérea. Las concentraciones de SO<sub>2</sub> han ido disminuyendo en España a medida que se han ido sustituyendo los combustibles, procesos y tecnologías industriales, por alternativas más limpias. La toxicidad del SO<sub>2</sub> se exagera al respirar por la boca, mecanismo predominante en el niño pequeño.

La mayoría de los contaminantes ambientales peligrosos (asbesto, mercurio, radionúclidos...) no se contemplan en los programas de vigilancia y control medioambiental pero incrementan el riesgo de desarrollar enfermedades alérgicas (asma), trastornos endocrinos, cáncer, etc.

La creciente conciencia social por a) la globalización tecnológica-industrial, b) el impacto de un urbanismo salvaje y c) el aumento de la prevalencia de asma y otras patologías respiratorias en niños hace que la calidad del aire se haya transformado en un tema de preocupación pública. Los pediatras tenemos poca capacidad para regular las emisiones industriales pero podemos dar recomendaciones específicas para evitar o reducir las consecuencias de la contaminación medioambiental.

Establecer un sistema de vigilancia de la situación atmosférica de todo el Estado español con acceso rápido y *online* desde las consultas de pediatría también ayudaría a minimizar el impacto sobre la salud de los niños. A través

de la web de PEHSU ([www.pehsu.org](http://www.pehsu.org)) cualquier pediatra puede tener acceso rápido para conocer información sobre calidad del aire de su zona de trabajo.

Cuando la calidad del aire en el área de salud supera los índices de calidad del aire o los umbrales de información es preciso notificarlo al público (poniendo carteles en el centro de salud, correo electrónico, etc.) (Tabla 4). En concreto, los pediatras debemos recomendar que los niños eviten la actividad vigorosa en exteriores durante los episodios de exposición máxima al ozono, especialmente en los meses de mayo a septiembre. En los niños con asma se debería limitar o evitar el ejercicio en el exterior cuando las cifras de los contaminantes estén altas o sobrepasen los valores límite.

En pacientes sensibilizados a algún alérgeno exterior las recomendaciones están orientadas a reducir la exposición y pueden incluir quedarse en casa, cerrando puertas y ventanas, usar sistemas de aire acondicionado y filtros de aire con alta eficiencia de partículas y limpieza diaria.

Medidas generales desde la consulta de pediatría deberían incluir estimular el uso del transporte público/ bicicleta en las ciudades, de forma interrelacionada con los programas de lucha contra la obesidad infantil. Otros ejemplos son abogar por un transporte escolar libre de partículas diésel, animar a las industrias locales a sustituir tecnología y procesos por otros menos contaminantes, participar del uso de energías renovables en el Centro de Salud... Los pediatras deben participar activamente en las acciones de educación para la salud de la infancia y su relación con la contaminación atmosférica, y también en la promoción de hábitos respetuosos con el medio ambiente.

## CONCLUSIONES

Hay nuevos retos y desafíos para la pediatría. En un contexto global, las acciones de la pediatría frente al cambio climático no pueden esperar. Nuestra responsabilidad

sobre la salud de las actuales y futuras generaciones de niños nos obliga a actuar. Los pediatras y las sociedades regionales de pediatría españolas tienen misiones importantes:

- Las asociaciones e instituciones pediátricas deben asegurar que el contenido de la salud medioambiental sea obligatorio en la enseñanza y preparación de los futuros pediatras, así como su introducción en la formación pregrado, posgrado y formación continuada.
- incrementar el número de residentes de pediatría orientados hacia la salud medioambiental;
- buscar de forma activa la financiación y soporte en el Plan Nacional de Medio Ambiente y Salud del Ministerio de Sanidad y Consumo para incrementar el número de Unidades de Salud Medioambiental Pediátrica en las distintas comunidades autónomas, y
- crear comités o grupos de trabajo de salud medioambiental en las asociaciones regionales de pediatría.

## BIBLIOGRAFÍA

- King M. "Health is a sustainable state". *Lancet* 1990; 336: 664-7.
- Martens W.J.M., Slooff R., Jackson E.K. Climate Change, human health, and sustainable development. *Bull World Health Organization* 1997; 75: 583-588.
- Martens P. *Health and Climate Change*. London: Earthscan Publ. Ltd., 1998.
- World Meteorological Organization (WMO) and the United Nations Environment Programme (UNEP). Intergovernmental Panel of Climate Change. <http://www.ipcc.ch> (acceso 21 de julio 2009)
- Ortega García J.A., Ferrís i Tortajada J., López Andreu J.A. *et al.* "El pediatra ante el Desarrollo Sostenible y el Cambio Climático Global". *Rev. Esp. Pediatr.* 2001; 57: 287-298.

6. United Nations Reports. Children in the New Millenium: Environmental Impact on health. Geneve: CH, UN Publications; 2002.
7. Ferrís i Tortajada J., Ortega García J.A., López Andreu J.A. *et al.* “Salud medioambiental pediátrica: un nuevo reto profesional”. *Rev. Esp. Pediatr.* 2002; 58:304-314.
8. Ebi K.L., Paulson J.A. “Climate change and children”. *Pediatr. Clin. North Am.* 2007; 54: 213-226.
9. Ortega García J.A., Ferris i Tortajada J., Claudio Morales L., Berbel Tornero O. “Pediatric environmental health specialty units in Europe: from theory to practice”. *An. Pediatr. (Barc.)* 2005; 63: 143-151.
10. Goldman L., Falk H., Landrigan P.J., Balk S.J., Reigart J., Etzel R.A. “Environmental pediatrics and its impact on government health policy”. *Pediatrics* 2004; 113, 1.146-1.157.
11. Paulson J.A. “Pediatric Advocacy”. *Clin. North Am* 2001; 48: 1.307-1.318.
12. Tickner J.A., Hoppin P. “Children’s environmental health: a case study in implementing the precautionaryprinciple”. *Int. J. Occup. Environ Health* 2000; 6: 281-288.
13. Ortega García J.A., Ferrís i Tortajada J., López Andreu J.A. “Paediatrics Environmental Health Speciality Units in Europe: integrating a missing element into medical care”. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 2007; 210: 527-529.
14. American Academy of Pediatrics, Committee on Environmental Health. Schools. Etzel R.A., editor. Pediatric Environmental Health. Elk Grove Village, IL; 2003. p. 459-476.
15. US Environmental Protection Agency. The Six Common Air Pollutants. Last updated april 8, 2008. <http://www.epa.gov/air/urbanair/6poll.html>. Acceso 21 de agosto de 2009.
16. Expert panel report 3: guidelines for the diagnosis and management of asthma. Bethesda MD: National Institutes of Health, National Asthma Education and Prevention Program; 2007. NIH Publication No. 08-4051.
17. Ferrís i Tortajada J., Ortega García J.A., López Andreu J. *et al.* “Autobuses escolares y motores diésel: contaminación atmosférica, exposición pediátrica y efectos adversos en la salud humana”. *Rev. Esp. Pediatr.* 2003; 59: 132-145.

# 5

Recursos marinos,  
especies vegetales  
y cambio climático

## 5.1. Actividades de investigación en cambio climático del Instituto Español de Oceanografía

José María Bellido

Director del Centro Oceanográfico de Murcia  
Instituto Español de Oceanografía

El cambio climático supone una amenaza contrastada por los expertos que puede alterar de forma importante las condiciones físicas y químicas del Mediterráneo, y consecuentemente las condiciones ambientales en las que se desarrollan los seres vivos que lo habitan. Los ecosistemas marinos, los recursos vivos explotables o la misma morfología de nuestra costa pueden sufrir las consecuencias de un cambio global del clima del planeta.

El Instituto Español de Oceanografía (IEO) desarrolla, prácticamente desde su creación, muchas y diversas actividades dentro del campo de la observación sistemática del mar utilizando esas redes de observación para estudiar y profundizar cada vez más en el conocimiento del medio marino. A continuación se exponen brevemente las líneas de investigación relacionadas con cambio climático que implican diferentes sistemas de observación, análisis de datos y modelado relacionados con el clima marino del Mediterráneo, así como sus cambios y efectos de dicho cambio climático. Dichas investigaciones se desarrollan principalmente en el Centro Oceanográfico de Murcia del Instituto Español de Oceanografía.

Dentro de los trabajos de investigación en cambio climático podemos distinguir entre el estudio del cambio climático desde el punto de vista físico y el estudio de las consecuencias y efectos de dicho cambio climático. En el IEO se desarrollan ambas líneas de trabajo, a través de diferentes grupos de investigación, que se exponen a continuación.

### GRUPO MEDITERRÁNEO DE CAMBIO CLIMÁTICO DEL IEO

Se trata de un equipo que desarrolla trabajos directos en investigación de cambio climático. Su campo de trabajo es la Oceanografía física, a través de la cual exploran las alteraciones inducidas por el cambio climático (proyectos RADMED y DESMMON). Sus resultados principales se pueden consultar a través de la página web <http://www.ma.ieo.es/gcc/>. Las investigaciones en el área de la Región de Murcia pueden ser visualizadas en la dirección <http://www.ma.ieo.es/gcc/cpalos.htm>

Uno de los resultados más señalados de este grupo de investigación es la publicación de Vargas-Yáñez *et al.* (2008) *Cambio Climático en el Mediterráneo español*. Esta monografía editada por el Instituto Español de Oceanografía (ISBN: 84 95877 39 2, 171 pp., Madrid) es un documento clave en el estado climatológico del Mediterráneo y enumera los efectos a que se expone el Mediterráneo debido al cambio climático. Otros resultados y publicaciones de ámbito científico pueden ser obtenidos en la página web mencionada anteriormente.

Los datos que obtiene este grupo para sus investigaciones se extienden desde 1996 a la actualidad a lo largo del litoral mediterráneo español, con Cabo de Palos como uno de los radiales de muestreo donde se ubican cinco estaciones (Figura 1). En estas estaciones se registran valores medios climatológicos de temperatura y salinidad (Figura 2) y se esti-



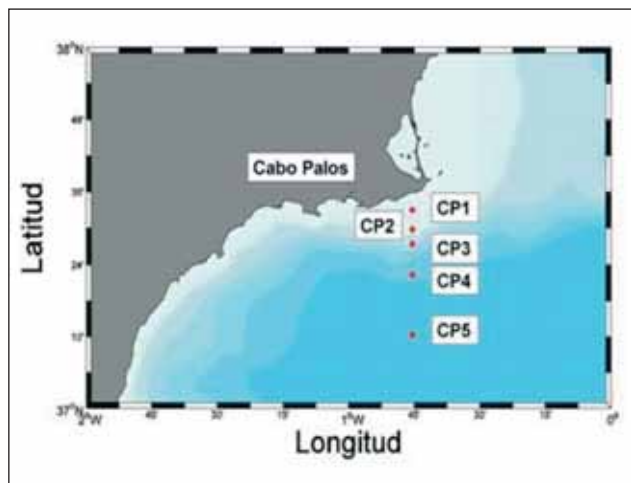


Figura 1. Disposición del radial.

man series temporales de anomalías, es decir, desviaciones respecto de los valores medios en dos estaciones de esta radial (Figura 3).

En el seno del IEO (Centro Oceanográfico de Murcia) existen otros grupos de investigación que desarrollan trabajos relacionados con cambio climático, especialmente con respecto a los efectos del cambio climático en el ecosistema. A continuación se enumeran los trabajos y efectos que se investigan en cada grupo de investigación.

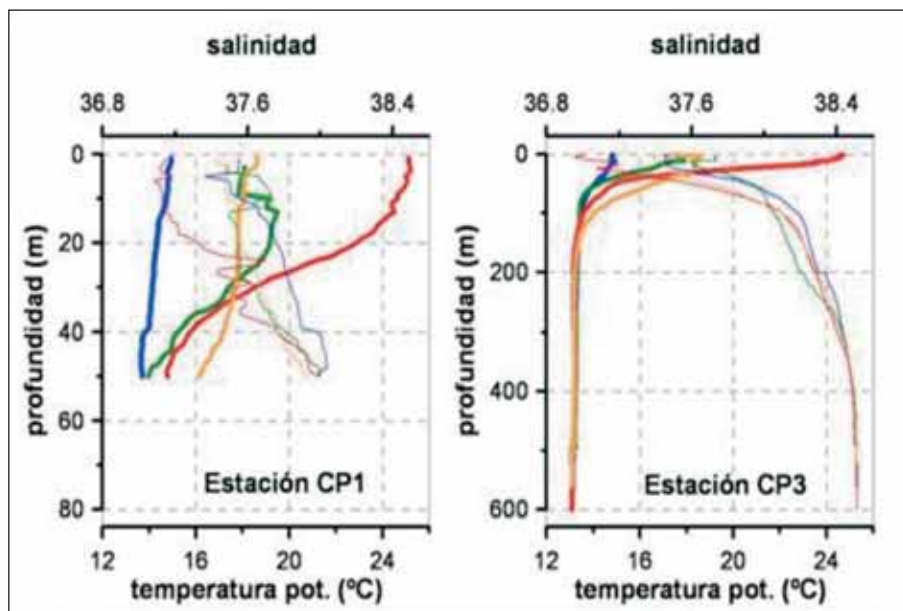


Figura 2. Valores medios T<sup>a</sup> y S en CP1 y CP3

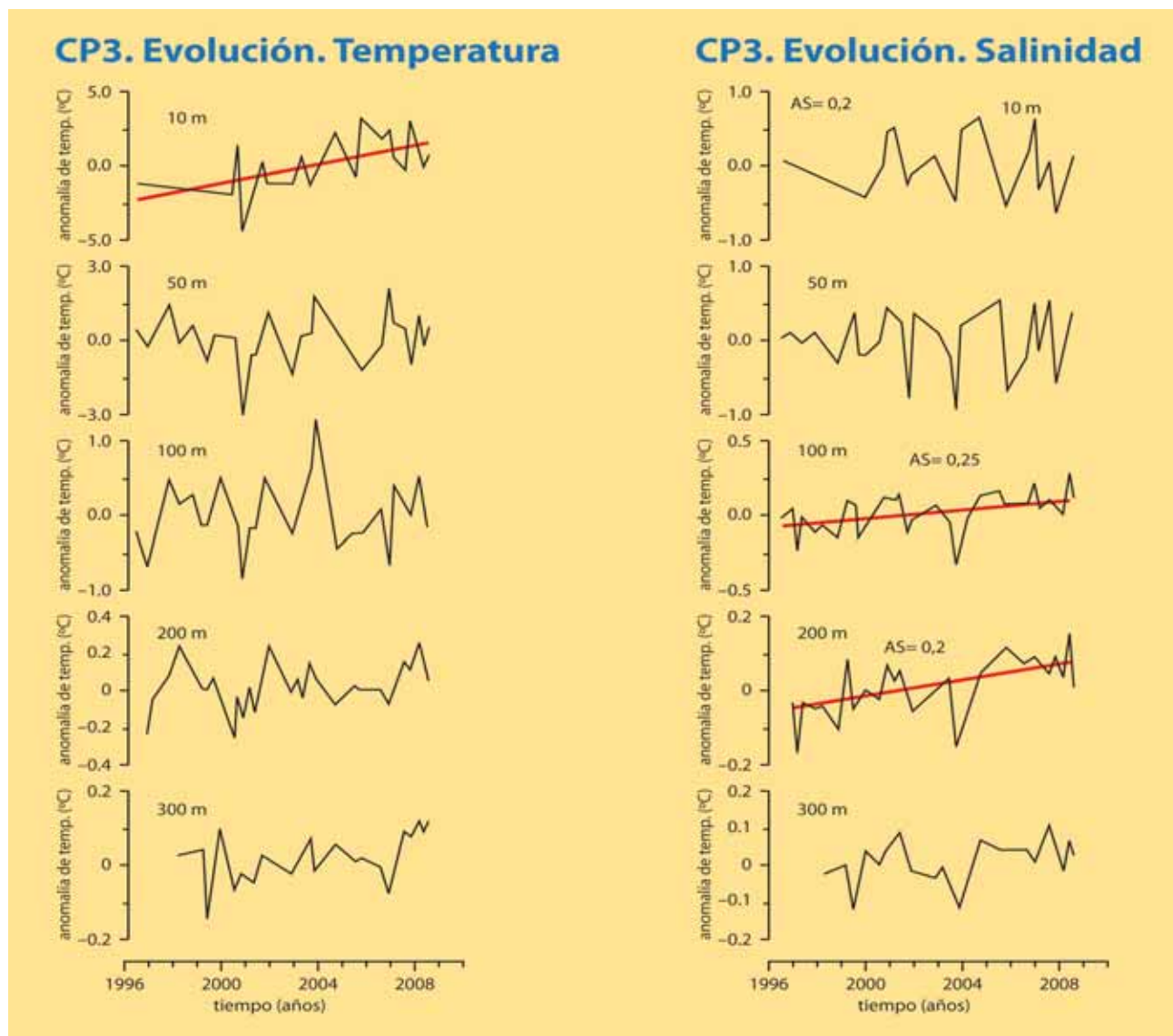


Figura 3. Anomalías en Tª y S en CP3.

## GRUPO DE ECOLOGÍA COSTERA, BIODIVERSIDAD Y GESTIÓN DE LA FRANJA COSTERA

- Fanerogamas marinas (proyectos OSMOGRASS y POSIRED).
  - Asentamiento de especies exóticas
  - Especies con capacidad invasiva



Figura 4. Muestreo en la pradera de posidonia oceánica.



Figura 5. Banco de medusas.

- Medusas y organismos gelatinosos (proyecto PRO-GEL).
  - Cambios en ciclos y composición específica
- Especies amenazadas y vulnerables del Mar Menor (proyecto HIPPOCAMPUS).
  - Cambios en el ecosistema
  - Alteración de hábitat
  - Pérdida de rol en el nicho ecológico
- Áreas marinas protegidas (proyectos RESERVAS y COLUMBRETES).
  - Zonas de estudio muy bien monitorizadas que permiten el seguimiento exhaustivo de cambios en el ecosistema

## GRUPO DE ECOSISTEMAS MARINOS EXPLOTADOS

- Impacto de la pesca en el ecosistema (proyecto IBDES y BADEMECO).
  - Variación de la composición específica de las capturas
  - Ocurrencia de especies raras o cambios de frecuencia
- Biogeografía y modelización espacial (proyecto MAS e IBDES).
  - Cambios en la distribución y abundancia de las especies
- Evaluación de recursos pesqueros (proyectos PELMED y EVADEMED).
  - Fluctuación abundancia especies comerciales
  - Direccionalidad flota y cambios en los patrones pesqueros.
- Campañas oceanográfico-pesqueras (proyecto MEDITS y MEDIAS).
  - Alto grado de monitorización
  - Alta capacidad de detección de cambios



Figura 6. Cabo de Palos e Islas Hormiga (Murcia). Tabarca (Alicante). Islas Columbretes (Castellón).

### GRUPO DE CONTAMINACIÓN MARINA Y EFECTOS BIOLÓGICOS

- Seguimiento y control contaminantes en la costa mediterránea (proyecto MEDPOL-IEO).
- Bioindicadores de contaminación (proyecto TOXPROF).
- Contaminantes regulados y emergentes en el Mar Menor (proyecto DECOMAR).

### GRUPO DE CULTIVO DE PECES MARINOS

- Cultivo de atún rojo (proyecto SELFDOTT).
- Mejoras genéticas, inmunológicas y de nutrición en acuicultura (proyectos ESTRADIOL, MEVACOR y CRYPTO).



Figura 7. Captura con arte de pesca de arrastre.



## 5.2. Efectos del cambio climático en la distribución de los bosques de ‘*Tetraclinis articulata*’

Miguel Ángel Esteve Selma

Departamento de Ecología e Hidrología  
Universidad de Murcia

### 1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es el motor que mayor impacto tendrá en la biodiversidad a todas las escalas. Los cambios en la distribución de la vegetación constituirán una respuesta básica a las nuevas condiciones, como se ha observado en periodos previos de cambio climático. Evidencias que provienen de análisis polínicos indican movimientos altitudinales y latitudinales en la distribución de las especies a lo largo de los siglos e incluso décadas.

Las pérdidas de biodiversidad pueden ser severas particularmente en el Mediterráneo europeo. En términos generales, los modelos disponibles predicen un incremento de la temperatura y una disminución en las precipitaciones en el Mediterráneo. Esto podría favorecer la expansión de especies termófilas y una reducción en el hábitat de especies de clima templado-frío, que podría conducir a extinciones locales. Sin embargo, los efectos específicos sobre cada especie dependerán de muchos factores, incluyendo su nicho ecológico, la distribución actual de las especies, el cambio climático en escenarios regionalizados, el uso del suelo y la fragmentación del hábitat y su estrategia funcional y capacidad de dispersión.

El Sureste de España es un área clave para la evaluación del grado de los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad ya que i) presenta un ecotono entre el bioma Mediterráneo y las zonas arbustivas subtropicales de tierras áridas; ii) el ecotono forestal, donde se espera una fuerte res-



‘*Tetraclinis articulata*’ en la umbría de Peña del Águila.

puesta ante el cambio climático, cubre un área considerable; iii) es la única región árida europea; iv) mantiene una biodiversidad relevante en el contexto europeo, con muchas especies de distribución restringida y hábitats de interés europeo, y v) constituye el límite de distribución para un alto número de especies. Todos esos factores hacen del Sureste de España un área excepcionalmente importante como laboratorio natural para evaluar los efectos del cambio climático en la biodiversidad del Mediterráneo, especialmente en casos como el de los bosques europeos de *Tetraclinis articulata*, mostrando una distribución restringida y localizada en el extremo de su nicho ecológico.

Este género monoespecífico tiene una distribución básicamente norte-africana y, con la excepción de Malta, la única presencia europea de *Tetraclinis articulata* se encuentra en el Sureste de España, más específicamente en algunas localidades costeras de la Región de Murcia, en la llamada Sierra de Cartagena-La Unión. Esta especie arbórea forma el hábitat 9570, el cual es considerado como prioritario y muy raro de acuerdo con la Directiva Hábitat Europea. Este trabajo tiene como objetivo estimar los cambios en el hábitat potencial de *Tetraclinis* bajo los escenarios de cambio climático considerados.

## 2. MODELO DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE 'TETRACLINIS ARTICULATA' Y ESCENARIOS CLIMÁTICOS CONSIDERADOS

Ha sido utilizado un modelo de distribución potencial de los bosques europeos de *Tetraclinis articulata* en el Sureste de España, que utiliza como base cartográfica la rejilla UTM de 1 km. El modelo fue desarrollado usando el enfoque de los Modelos Lineales Generalizados. La ocurrencia de *Tetraclinis articulata* fue registrada como el número de celdillas de 1 hectárea que contienen *T. articulata* por celdilla de 1 km<sup>2</sup>, dando así unos valores que oscilaban desde 0 a 100. Un conjunto de variables climáticas, topográficas y litológicas y el

porcentaje de cobertura de bosque de *Pinus halepensis* fueron utilizados como variables predictivas. El modelo de distribución potencial de *T. articulata* está determinado básicamente por la precipitación de invierno (valores que oscilan entre 87 y 100 mm con una media de 93 mm) y el número de días con heladas (valores que oscilan entre 1 y 13 días con una media de 6 días). La media anual de precipitación (también una variable del modelo) oscila entre los 299 y los 351 mm. Los factores locales se incluyen también como variables del modelo: la pendiente, el porcentaje de cobertura forestal de *Pinus halepensis* (especie competidora), orientación y litología.

Según los modelos facilitados por el equipo del Dr. Montáñez (Física de la Tierra, Universidad de Murcia) en el escenario B2 (periodo 2020-2050), se esperan disminuciones de un 13% en la precipitación de invierno, de un 19% en el número de días con heladas y de un 26% en la precipitación media anual. En el escenario A2 y la misma ventana temporal es esperable que estas tres variables disminuyan aún más, especialmente en el caso de la precipitación de invierno, la cual caería alrededor de un 22% con respecto a las condiciones actuales; sin embargo, el número de días con heladas sería similar en cuanto a lo esperado en el escenario B2.

## 3. CAMBIOS ESPERABLES EN EL HÁBITAT POTENCIAL DE 'T. ARTICULATA' SEGÚN LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

**1. Superficie idónea o potencial:** bajo el escenario B2 el hábitat potencial se expandiría significativamente, ya que pasaría de las 900 hectáreas de distribución potencial actual a unas 27.000 hectáreas. En el escenario A2 el hábitat potencial neto disminuiría hasta unas 570 ha, una reducción sustancial para especies consideradas como muy raras.

**2. Preferencias altitudinales:** en B2 el promedio de altitud de distribución incrementaría ligeramente de 148 msm a 225 msm. Sin embargo, el rango de altitud aumentaría dra-





Sabinar de 'Tetraclinis' en el Madroñal (Monte de las Cenizas).

máticamente, desde los 300 m hasta alrededor de 750 m. En el caso del escenario A2, la altitud media podría desplazarse desde los 148 a 582 msnm, aunque sin cambios apreciables en la amplitud.

**3. Preferencias latitudinales:** en el caso de B2, la latitud media de la distribución de las especies podría desplazarse 11 km hacia el norte y el rango de latitud podría expandirse desde los actuales 14 km hasta unos 60 km. Estos

cambios en la latitud corresponden a la aparición de nuevas áreas adecuadas en el interior de la Región de Murcia, compuesta por tres localidades, mientras el área de distribución potencial actual es reforzada. La nueva área de distribución potencial en el interior podría ser separada del hábitat potencial actual por al menos 30 km sin localidades intermedias. Bajo el escenario A2 la media de latitud se desplazaría 31 km hacia el norte con prácticamente la pérdida total de la distribución actual del hábitat, sustituida por una pequeña localidad interior a una altura mucho mayor.

**4. El nicho ecológico:** bajo las condiciones actuales, la especie ocupa un solo espacio ambiental definido por valores de precipitaciones de invierno en torno a los 90-100 mm y un número bajo de días con heladas, mientras que en el escenario B2 las especies también estarían presentes en localidades con valores algo más altos de precipitaciones de invierno y días de heladas. Por lo tanto, *Tetraclinis* ocuparía dos segmentos o soluciones diferentes del espacio ambiental bajo este escenario. En el escenario A2 el espacio ambiental estaría contraído otra vez, en este caso a valores altos de precipitaciones de invierno y días con heladas.

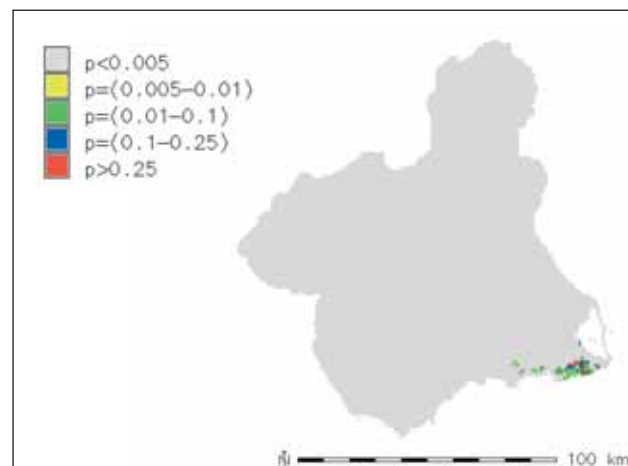
**5. En conclusión:** bajo el escenario B2, el hábitat potencial de *T. articulata* se expandiría significativamente y ocuparía dos espacios ambientales diferentes; uno de ellos correspondería al área de distribución actual, cerca de la costa, y otro en el interior de las montañas de Sierra Espuña y el Noroeste con valores más altos de altitud, latitud, precipitación de invierno y número de días con heladas. En contraste, bajo el escenario A2, el hábitat potencial desaparecería de su distribución actual y se desplazaría a una pequeña área hacia el interior regional, en las laderas norte de Sierra Espuña.

**6. Algunas evidencias:** las repoblaciones con *Tetraclinis* realizadas en los años 20 del pasado siglo en Sierra Espuña, fuera de su área de distribución potencial actual, han empezado a reproducirse coincidiendo con los cambios térmicos más recientes, asociados a las etapas tempranas del cambio

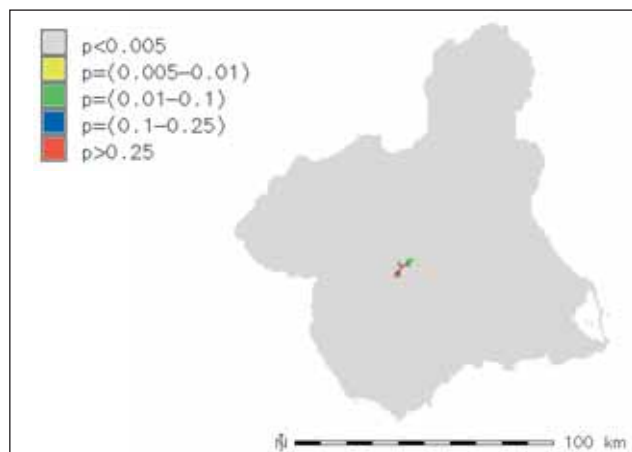
climático. Este fenómeno parece confirmar dos cosas: i) la realidad del cambio climático y de sus modelos regionalizados y ii) la idoneidad de los modelos ambientales de *Tetraclinis articulata*.

**7. Perspectivas:** es necesario estudiar con más profundidad la respuesta de *Tetraclinis* y otras muchas especies a los modelos de cambio climático, con sus incertidumbres, así como analizar los experimentos de translocación no deliberada realizados con las repoblaciones forestales históricas y evaluar los cambios esperables en la eficacia de la Red Natura para preservar la biodiversidad ante los escenarios de cambio climático, como una fuente de información imprescindible de la política regional de adaptación al cambio climático.

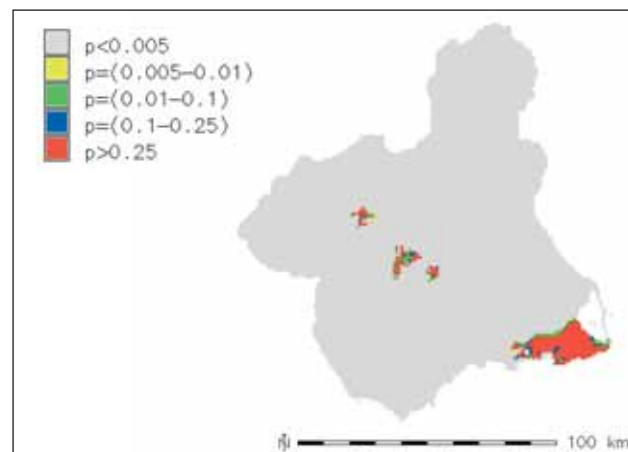
\* Esta contribución es una síntesis del artículo: Esteve-Selma, M.A.; Martínez-Fernández, J.; Hernández-García, I.; Montávez-Gomez, J.P.; Lopez-Hernández, J.J.; Calvo-Sendín, J.F. 2010. "Effects of climatic change on species distribution in arid Mediterranean ecosystems: the case of *Tetraclinis articulata* in Spain". *Climatic Change* (en revisión).



Distribución actual de 'T. articulata' según el clima 1960-1990.



Distribución de 'T. articulata' según el escenario climático A2.



Distribución de 'T. articulata' según el escenario climático B2.

# 6

## Agricultura y cambio climático

## 6.1. La iniciativa Agricultura murciana como sumidero de CO<sub>2</sub>

Francisco Victoria Jumilla  
 Comunidad Autónoma  
 de la Región de Murcia

Isabel Costa Gómez  
 Asistencia Técnica de la Comunidad  
 Autónoma de la Región de Murcia

Teresa Castro Corbalán  
 Asistencia Técnica de la Comunidad  
 Autónoma de la Región de Murcia

### 1. AGRICULTURA: UN SUMIDERO DE CO<sub>2</sub>

La agricultura es un sector estratégico básico para la producción de alimentos, pero al mismo tiempo es un sector multifuncional que, gracias a sus activos, contribuye al desarrollo sostenible en el medio rural y aporta destacados beneficios ambientales.

Los cultivos evitan la desertificación, son emisores de oxígeno a la atmósfera, ayudan a regular el clima y la hidrología y, sobre todo, actúan como sumidero de CO<sub>2</sub>.

Los árboles y cultivos agrícolas, y la vegetación en general, por su capacidad fotosintética, remueven o retiran CO<sub>2</sub> de la atmósfera, almacenándolo y actuando así como sumideros. Gracias al CO<sub>2</sub> fijado se producen los alimentos y subproductos agrícolas.

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 mayor tasa de fijación de CO<sub>2</sub>.

Según investigaciones recientes desarrolladas por la Universidad de Murcia<sup>1</sup>, en el marco de la iniciativa Agricultura murciana como sumidero de CO<sub>2</sub>, se han obtenido

1. Investigación realizada por Alfonso Ros Barceló, catedrático, Área de Fisiología Vegetal, y Pedro Sánchez Gómez, profesor titular, Área de Botánica de la Universidad de Murcia, que forma parte del Estudio comparativo de la fijación de CO<sub>2</sub> en la vegetación natural de un transecto fitoclimático frente a cultivos, en la Región de Murcia, que están realizando ambos junto a Juan Guerra Montes, catedrático, Área de Botánica, en el marco de la iniciativa Agricultura murciana como sumidero de CO<sub>2</sub>.

y comparado (Tabla 1) las velocidades netas de fijación de CO<sub>2</sub> de una especie agrícola como es la lechuga y dos especies de vegetación natural muy extendidas en la Región como el pino (*Pinus halepensis*) y el esparto (*Stipa tenacissima*). A partir de estos datos, se puede comparar, a modo de ejemplo, la capacidad anual de fijación de algunas especies de vegetación natural con la de la vegetación agrícola. De estos resultados se deduce que una hectárea ocupada por una conífera, como es el pino, fija anualmente menos CO<sub>2</sub> que otra en iguales condiciones de riego destinada a cultivos agrícolas.

Un aspecto importante del comportamiento de los sumideros es el tiempo de permanencia del carbono almacenado o retirado de la atmósfera, ya que el CO<sub>2</sub> removido por un sumidero puede volver a la atmósfera por diversos mecanismos, como por ejemplo los incendios de bosques.

La agricultura no se diferencia mucho de un bosque; parte del CO<sub>2</sub> que fija la planta queda almacenado en el

Tabla 1. Velocidad neta de fijación de CO<sub>2</sub> (g CO<sub>2</sub> año<sup>-1</sup> kg<sup>-1</sup> individuo) de hortalizas (lechuga), matorral y arbolado natural de la Región de Murcia.

ESPECIE	Velocidad neta de fijación de CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> año <sup>-1</sup> kg <sup>-1</sup> individuo)
<i>Pinus halepensis</i> (pino carrasco)	10,63 ± 0,89
<i>Stipa tenacissima</i> (esparto)	4,66 ± 1,24
<i>Latuca sativa</i> (L) v. <i>romana</i> (lechuga)	77,57 ± 17,75

Fuente: Universidad de Murcia, Departamento de Fisiología vegetal.

suelo gracias a sus raíces, comportándose como un sumidero a largo plazo, mientras que el CO<sub>2</sub> necesario para el crecimiento de la cosecha y subproductos se comporta como un sumidero temporal. Pero este sumidero temporal tiene un importante papel en las políticas de mitigación del cambio climático, ya que la fijación por la planta y la consecuente remoción o retirada de CO<sub>2</sub> de la atmósfera se renueva año a año.

Relacionado con el concepto de sumidero temporal está el de emisión evitada. Por ejemplo, las podas<sup>2</sup> y otros subproductos se pueden utilizar como biomasa evitando la emisión de CO<sub>2</sub> de los combustibles a los que sustituyen.

Por tanto, la adecuada gestión de los cultivos agrícolas puede conducir, en muchos de ellos, a un almacenamiento neto de CO<sub>2</sub>, una vez descontadas las emisiones realizadas para labores de campo, manipulación y transporte.

Este almacenamiento neto o capacidad de sumidero varía de unos cultivos a otros dependiendo de su tasa de fijación de CO<sub>2</sub> y del nivel de emisiones realizado que, a su vez, depende de las prácticas agrícolas utilizadas. La mayor parte de los cultivos agrícolas en el área mediterránea y especialmente los frutales deben considerarse auténticos sumideros temporales de CO<sub>2</sub>.

Existen recientes referencias de científicos, organizaciones e instituciones diversas que coinciden en identificar a la agricultura como sumidero de CO<sub>2</sub>, como se ha hecho en las iniciativas puestas en marcha en la Comunidad Autónoma de Murcia. Así, en la reunión de científicos, técnicos y expertos convocados por la Asociación España-FAO (AEFAO) en Madrid el 6 de mayo de 2009 para ayudar a contestar la cuestión ¿puede incluir la futura PAC ayudas a la agricultura por su función de sumidero de CO<sub>2</sub>?, presidida

y moderada por Jaime Lamo de Espinosa, catedrático UPM, se obtuvieron algunas conclusiones en este sentido: “Deducido el CO<sub>2</sub> desprendido en su realización (labores y operaciones culturales, fabricación de abonos y fitosanitarios, producción de semillas, etc.), los cultivos agrícolas deben considerarse auténticos sumideros de CO<sub>2</sub>. El resultado neto de su efecto sumidero puede variar entre 2 a 4 t/ha en los cereales de invierno en secano y 5 a 10 t/ha en los cultivos de regadío”.

En esta misma dirección, Herminio Boira, catedrático de Botánica de la Universidad Politécnica de Valencia y subdirector del Grupo de Recursos Naturales y Biodiversidad en el Instituto Agroforestal del Mediterráneo (IAM), señala que un naranjo adulto absorbe en su proceso de crecimiento y producción una media anual de 20 kg de CO<sub>2</sub>. Suponiendo una media de 400 árboles por hectárea, equivaldría a una fijación de 8.000 kg de CO<sub>2</sub> por hectárea y año, lo que representa que las 180.000 hectáreas de cítricos de la Comunitat Valenciana son el sumidero de 1,44 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año, y las 300.000 hectáreas cítricas de toda España representan una absorción de 2,4 millones de toneladas.

De forma complementaria y también en la dirección iniciada por los trabajos de la Comunidad Autónoma de Murcia, se pueden citar los estudios<sup>3</sup> desarrollados por la Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural del Gobierno de La Rioja, en los que se reconoce el papel medioambiental de los cultivos riojanos al actuar como sumidero de CO<sub>2</sub>. Las conclusiones de los trabajos indican que la agricultura riojana, con 132.000 hectáreas cultivadas, es responsable de un balance positivo de CO<sub>2</sub> equivalente de 1.117 kt, lo que supone una absorción del 29,9% de las emisiones generadas en Comunidad Autónoma en un año.

En consecuencia, que la agricultura contribuya a retirar CO<sub>2</sub> de la atmósfera debe ser considerado como una exce-

2. El programa integral de ahorro y eficiencia de la energía en la Región de Murcia 2010-2016 contempla que el potencial energético tanto térmico como electrónico equivalente de las 284.394 toneladas/año de residuos agrícolas leñosos es de 113.758 toneladas equivalentes de petróleo y 40,6 megavatios.

3. Número 45 de la revista técnica *Cuaderno de campo*.

lente noticia en la lucha contra el cambio climático, en el que, como recientemente ha señalado el director general adjunto de la FAO, Alexander Müller, “el mundo tendrá que utilizar todas las opciones para contener el calentamiento global dentro de los dos grados centígrados. La agricultura y el uso de la tierra tienen el potencial de ayudar a minimizar las emisiones netas de gases de efecto invernadero a través de prácticas precisas, en especial almacenar carbono en el suelo y la biomasa. Estas prácticas pueden incrementar al mismo tiempo la productividad y la capacidad de resistencia de la agricultura, contribuyendo así a la seguridad alimentaria y la reducción de la pobreza”.

Esta consideración de sumidero que tiene la agricultura no está bien refejada en las únicas opciones metodológicas que hasta ahora han sido difundidas, orientadas a la determinación de inventarios y de huella de carbono de cualquier bien o servicio. Esta característica de la agricultura, de ser almacenamiento neto de CO<sub>2</sub> y capacidad de sumidero, en unos casos no está tratada en profundidad y en otros creemos que es claramente perjudicial en cuanto a la consideración de este beneficio ambiental que presta la agricultura.

Sobre este aspecto, las opciones metodológicas difundidas, como son en primer lugar The Greenhouse Gas Protocol (<http://www.ghgprotocol.org>), a la que siguió la ISO 14064-1:2006 y, posteriormente, la PAS 2050 (<http://www.bsi-group.com/Standards-and-Publications/How-we-can-help-you/Professional-Standards-Service/PAS-2050>), contemplan tratamientos diferentes en relación a la contabilización de la capacidad de fijación de los sistemas agrícolas.

En primer lugar, la metodología establecida en la norma ISO 14064:2006 incluye que para determinar la huella de carbono se “deben calcular las emisiones directas de GEIs” y las “indirectas por energía”, y añade que se “deberían cuantificar las remociones de GEIs”, dejando estas últimas como opcionales. Esta opción es la más ventajosa para valorar los beneficios ambientales que produce la agricultura

por la fijación de CO<sub>2</sub>, aunque no concreta y desarrolla el alcance.

De forma parecida, el GHG Protocol reconoce que “tener una visión precisa y completa de las emisiones a lo largo de toda la cadena de valor sólo es posible si se abordan sus impactos en el carbono atmosférico secuestrado”; aun así atestigua que “no han desarrollado métodos de consenso para contabilizar el carbono atmosférico secuestrado de las empresas basadas en biomasa”, por lo que las empresas deberán explicar los métodos que utilicen<sup>4</sup>, pudiendo aparecer esta información como “información opcional”.

Por último, la norma PAS 2050 es claramente perjudicial a la hora de ser seleccionada como metodología para productos agrícolas si lo que se pretende es reflejar el beneficioso papel que puede desarrollar la agricultura como almacenamiento neto de CO<sub>2</sub>. Esta norma calcula la huella de carbono basándose en la metodología de medida del ciclo de vida de los GEIs procedentes de bienes y servicios, es decir, contempla el impacto de las emisiones de GEIs sobre el periodo de 100 años desde la formación del producto; por tanto, se tienen en cuenta las fases de construcción, uso y disposición final. En este sentido, si se utiliza esta metodología, sólo se podría considerar el CO<sub>2</sub> que permanezca fijado durante un periodo superior a 100 años.

En el paisaje agrícola, los cultivos se comportan como una foto fija en la que el CO<sub>2</sub> retirado de la atmósfera gracias a la fotosíntesis se mantiene a lo largo de décadas, incluso siglos, como una carrera de relevos en la que los árboles frutales que son sustituidos le dan el relevo a los nuevos y, por tanto, el almacenamiento neto se mantiene constante. En este trabajo tratamos de cuantificar este almacenamiento constante al que hemos llamado balance de carbono.

4. GHG Protocol recomienda adaptar las metodologías establecidas por el IPCC.



## 2. ETIQUETADO DE CARBONO. LA INICIATIVA AGRICULTURA MURCIANA COMO SUMIDERO DE CO<sub>2</sub>

Un buen número de las cadenas de supermercados más importantes de Europa incluyen el cambio climático como un elemento fundamental de su *marketing*, utilizándolo como instrumento para comunicar su responsabilidad social corporativa al consumidor.

El auge del concepto de huella de carbono ha llevado a numerosas empresas a hacer pública la información sobre las emisiones relacionadas con sus productos. Muchas cadenas de supermercados han decidido pedir a los productores de los alimentos expuestos en sus estanterías que suministren información a los consumidores sobre la huella de carbono de cada uno de ellos.

Con la información de la huella de carbono de un producto se pretende que los propios consumidores decidan qué alimentos comprar en función de las emisiones generadas como resultado de los procesos por los que han pasado. Esta decisión supondrá una presión para que los productores sean más ecoeficientes.

El ciudadano es hoy consciente de que puede tener con sus pequeños gestos y decisiones una destacable influencia en el balance final de las emisiones europeas de CO<sub>2</sub>.

Estudios realizados por la consultora de mercado LEK Consulting<sup>5</sup>, en 2009, muestran que cerca del 40% de los encuestados se sienten responsables de las emisiones necesarias para mantener su nivel de vida, otorgando el segundo puesto de responsabilidad a los productores.

Igualmente LEK Consulting señala que cerca del 60% de los encuestados estarían dispuestos a modificar su intención de compra a favor de productos con menor huella de carbono.

Esta opinión es coherente con la mostrada en julio de 2009 por el eurobarómetro, en la que se señala que el 72%

de los europeos se muestra a favor de que en el futuro sea obligatoria una etiqueta que indique la huella de carbono de un producto.

La huella de carbono adaptada a los productos agrícolas expuestos en los supermercados reflejaría las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente generadas<sup>6</sup> en su fabricación y transporte.

Es evidente que la huella de carbono de los productos agrícolas será más elevada en los casos en los que se haya necesitado gastar mucha energía de origen fósil en su producción, manipulación y transporte. Esto ocurre, por ejemplo, cuando en climas fríos se necesita mantener la temperatura de un invernadero agrícola utilizando combustibles fósiles o en los casos en los que los productos son transportados desde largas distancias en modos de transporte poco sostenibles como el avión.

Sin embargo, definir el papel que un producto agrícola desempeña en relación con el cambio climático sólo con su huella de carbono, es decir, sólo contabilizando sus emisiones, no es adecuado, ya que no se tiene en cuenta el importante servicio ambiental que como sumidero de CO<sub>2</sub> desempeña la vegetación agrícola por su capacidad fotosintética.

En consecuencia, la extensión del concepto de huella de carbono a la agricultura se debe hacer teniendo en cuenta que este sector, junto al forestal y el ecosistema marino, son los únicos que tienen capacidad de absorber o remover CO<sub>2</sub> de la atmósfera, lo que nos lleva a hablar de “balance de carbono” en vez de “huella de carbono”, ya que en muchos de los cultivos agrícolas, dependiendo de las técnicas de producción, se obtiene un balance positivo comportándose como sumideros netos de CO<sub>2</sub>, es decir, fijan más CO<sub>2</sub> que el que se emite en su producción y transporte.

En nuestro país, la única iniciativa de carácter gubernamental que ha regulado el etiquetado de carbono en los productos agrícolas es la desarrollada por la Región de Mur-

5. LEK Consulting, consultora internacional en estrategia, operaciones, servicios, y actuaciones experta en materia de cambio climático y el medio ambiente.

6. Según la ISO 14064:2006 es la unidad para comparar la fuerza de radiación de un GEI con el CO<sub>2</sub>.

cia. El potencial agrícola de esta Región (el 20% de las frutas y hortalizas que exporta España proceden de Murcia) ha puesto en marcha la iniciativa<sup>7</sup> Agricultura murciana como sumidero de CO<sub>2</sub>, conformada como un acuerdo voluntario<sup>8</sup>. La iniciativa pretende canalizar el mayor número de esfuerzos individuales para colaborar en la mitigación del cambio climático aportando cada uno su capacidad para actuar como sumidero con el apoyo científico-técnico de dos universidades y dos centros de investigación.

A través de la página web oficial de la iniciativa [www.lessco2.es](http://www.lessco2.es) se podrá comunicar, de forma objetiva y transparente, a las partes interesadas, y en especial a los consumidores, el esfuerzo ambiental que para mantener y mejorar la capacidad de sumidero de CO<sub>2</sub> de sus cultivos hacen las empresas agrícolas. Además, en el marco de esta iniciativa, se da la posibilidad de que aquellas empresas que quieran mostrar el balance de carbono de sus productos y los compromisos adquiridos de mejora de este balance, verificados por entidades de verificación oficialmente reconocidas, obtengan el sello de identidad “LessCO2”.

7. La iniciativa ha sido publicada en el Boletín Oficial de la Región de Murcia (nº 273), el día 25 de noviembre de 2009, mediante Orden de 20 de noviembre de 2009, de la Consejería de Agricultura y Agua, por la que se desarrolla la iniciativa Agricultura murciana como sumidero de CO<sub>2</sub> y se establece la obtención y uso del anagrama-sello LessCO2 identificador de los compromisos adquiridos en el marco de la misma.

8. Una de las ventajas de los acuerdos ambientales es el grado de libertad que permite a las organizaciones a la hora de asumir obligaciones ambientales. Este hecho posibilita adaptar el esfuerzo ambiental a las características propias de los sectores o de los tejidos empresariales, desarrollando, por tanto, una actitud más cooperante y evitando situaciones traumáticas. Es por ello que, si se trata de conseguir o impulsar cambios más sostenibles en las formas de producción y consumo en el plazo más breve posible, la adhesión a un acuerdo voluntario ofrece muchas más ventajas que la utilización de los instrumentos normativos clásicos. En la Comunidad Autónoma de Murcia, el Gobierno regional ha impulsando iniciativas que suponen una concepción avanzada y novedosa en la manera de gestionar las políticas de medio ambiente y desarrollo sostenible. Un ejemplo en este sentido ha sido el Pacto Social por el Medio Ambiente, que en sus cuatro años de vigencia ha conseguido la adhesión y adquisición voluntaria de compromisos ambientales, más allá de los límites exigidos por la legislación en vigor, de más de 780 empresas e instituciones de la Región.

En definitiva, la iniciativa Agricultura murciana como sumidero de CO<sub>2</sub> se caracteriza por:

- Mostrar un balance de emisiones y remociones de CO<sub>2</sub> equivalente (balance de carbono)<sup>9</sup> en vez de huella de carbono, es decir, se parte de la fijación de CO<sub>2</sub> por los cultivos, determinada por los centros oficiales de investigación<sup>10</sup>, y se restan las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente necesarias para su producción y transporte. El cálculo de estas emisiones a restar está basado en los criterios recogidos en la norma ISO 14064<sup>11</sup>, y los factores de conversión son los oficiales publicados por el Panel Intergubernamental de Expertos del Cambio climático (IPCC<sup>12</sup>) y por el Inventario nacional de emisiones español<sup>13</sup>.
- Exigir a las empresas adheridas un compromiso anual adaptado a las características de cada explotación y cada cultivo, para mejorar su balance de carbono, mediante la reducción de sus emisiones o el incremento de la fijación de CO<sub>2</sub> por sus cultivos.
- Garantizar la transparencia y trazabilidad de los resultados a través de la web oficial de la iniciativa ([www.lessco2.es](http://www.lessco2.es)) para que el consumidor o cualquier parte interesada pueda consultar en cualquier momento los balances y los compromisos que han asumido las empresas adheridas.

9. Las actividades agrícolas pueden emitir a la atmósfera, entre otros gases de efecto invernadero (GEIs), CO<sub>2</sub> procedente del uso de combustibles fósiles y óxido nítrico (N<sub>2</sub>O), derivado del abonado (principalmente inorgánico).

10. Los centros de investigación que participan en la iniciativa son la Universidad de Murcia, la Universidad Politécnica de Cartagena, el CEBAS-Consejo Superior de Investigaciones Científicas y el Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA).

11. UNE-ISO 14064:2006, gases de efecto invernadero.

12. El Panel Intergubernamental de Expertos del Cambio Climático analiza la información científica, técnica y socioeconómica relevante para la comprensión de los elementos científicos relativos al cambio climático de origen antropogénico así como sus posibles repercusiones, riesgos y sus posibilidades de atenuación y de adaptación al mismo.

13. Inventario nacional de emisiones español, [http://www.mma.es/portal/secciones/calidad\\_contaminacion/atmosfera/emisiones/inventario.htm](http://www.mma.es/portal/secciones/calidad_contaminacion/atmosfera/emisiones/inventario.htm).

- Posibilitar la certificación por terceras partes al permitir que aquellas empresas que quieran puedan someter a verificación y validación su balance de carbono y sus compromisos anuales por verificadores acreditados. Esta certificación se expresa con la obtención de la marca LessCO2.

### 3. LA FIJACIÓN DE CO<sub>2</sub> DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS

La cantidad total de CO<sub>2</sub> fijado durante un año, por un cultivo agrícola, depende de numerosos factores entre los que destacan las características genéticas, las condiciones de crecimiento (edafo-climatológicas) y el manejo del cultivo, por lo que es necesario que los datos sean los propios de la comarca o región.

Para poder calcular el balance de carbono de un cultivo es necesario conocer la cantidad total de CO<sub>2</sub> que ha fijado, información que hasta ahora no estaba disponible en la bibliografía, razón por la que, en el marco de la iniciativa Agricultura murciana como sumidero de CO<sub>2</sub>, ha sido necesario coordinar un proyecto de investigación científica<sup>14</sup> en el que han participado centros oficiales de investigación y las universidades públicas de la Región.

En esta investigación, los datos procedentes del análisis de biomasa de muestras representativas de los principales cultivos obtenidas mediante arranque, troceado y determinación de carbono están siendo complementados con los resultados de aplicar técnicas de medidas de flujo de CO<sub>2</sub>, de modelización y técnicas basadas en la teledetección. Todo ello permite la estimación y el seguimiento de la producción primaria neta de cultivos agrícolas de la Región.

Los resultados de análisis de biomasa, a través de técnicas de arranque, troceado y determinación de carbono

14. El CEBAS-Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Universidad Politécnica de Cartagena, Universidad de Murcia y el Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA).

realizados por el CEBAS-Consejo Superior de Investigaciones Científicas<sup>15</sup> son los siguientes:

**Tabla 2. Fijación de CO<sub>2</sub> por árbol o planta de los principales cultivos hortofrutícolas de la Región de Murcia**

LEÑOSOS	FIJACIÓN DE CO <sub>2</sub> kg CO <sub>2</sub> -árbol <sup>-1</sup>
Albaricoquero	84
Ciruelo	41
Limonero	107
Mandarino	31
Melocotonero	50
Naranja	49
Nectarina	47
Uva de mesa	19
HERBÁCEOS	FIJACIÓN DE CO <sub>2</sub> kg CO <sub>2</sub> -planta <sup>-1</sup>
Alcachofa	2
Brócoli	0,24
Coliflor	0,34
Lechuga	0,13
Melón	0,80
Pimiento	1
Sandía	1,5
Tomate	1,59

15. Micaela Carvajal Alcaraz, profesora de investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España. "Investigación sobre la absorción de CO<sub>2</sub> por los cultivos más representativos de la Región de Murcia".

**Tabla 3. Fijación de CO<sub>2</sub> por hectáreas dedicadas a los principales cultivos hortofrutícolas de la Región de Murcia**

LEÑOSOS	FIJACIÓN DE CO <sub>2</sub> t CO <sub>2</sub> /ha año
Albaricoque	22,81
Ciruela	25,89
Limón	30,51
Mandarina	13,06
Melocotón	30,71
Naranja	20,72
Uva de mesa	18,65

HERBÁCEOS	FIJACIÓN DE CO <sub>2</sub> t CO <sub>2</sub> /ha año
Alcachofa	22,70
Brócoli	6,85
Coliflor	11,98
Lechuga	9,08
Melón	10,41
Pimiento	25,72
Sandía	7,44
Tomate	16,24

De forma complementaria y con la misma metodología, el Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario<sup>16</sup>, perteneciente a la Consejería de Agricultura y Agua de la Comunidad Autónoma de Murcia, ha calculado el CO<sub>2</sub> capturado para producir la biomasa anual de los siguientes cultivos:

**Tabla 4. Fijación de CO<sub>2</sub> por tres cultivos de la Región de Murcia**

LEÑOSOS	FIJACIÓN DE CO <sub>2</sub> kg CO <sub>2</sub> /árbol año	FIJACIÓN DE CO <sub>2</sub> t CO <sub>2</sub> /ha año
Naranja	45,1	12,53
Melocotonero	44,1	25,50
Uva de mesa	21,2	13,25

16. Francisco Moisés del Amor Saavedra, ingeniero agrónomo del Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario.

La Universidad Politécnica de Cartagena, mediante la estimación de la captación neta de CO<sub>2</sub> de cultivos con el método de “eddy-covariance”, está haciendo un seguimiento en continuo de la producción primaria neta y de la captación de CO<sub>2</sub> de los cultivos agrícolas<sup>17</sup>. Estos valores netos son del mismo orden de magnitud que las 20,7 t CO<sub>2</sub>/ha año que resultan del método destructivo de estimación de la biomasa para el naranjo (estimada por el CEBAS-Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España).

En este mismo sentido, la Universidad Politécnica de Cartagena<sup>18</sup> está trabajando para establecer una relación que permita modelizar el carbono secuestrado por un cultivo en función del crecimiento vegetativo (diámetro de tronco), las variables climáticas, las condiciones del suelo y las técnicas de cultivo con la finalidad de, mediante esta metodología ambientalmente sostenible y viable económicamente, poder determinar la capacidad de los sistemas leñosos de regadío para fijar el CO<sub>2</sub> y acumularlo en formas más estables. Los primeros datos obtenidos para la nectarina indican que la fijación de CO<sub>2</sub> anual de este cultivo se encuentra alrededor de 22,45 t/ha y año, valores coherentes con los resultados obtenidos por las otras metodologías y centros de investigación.

#### 4. ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EN EXPLOTACIONES HORTOFRUTÍCOLAS APLICANDO LA METODOLOGÍA PROPUESTA POR LA NORMA ISO 14064:2006

Para calcular las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente, en el marco de la iniciativa Agricultura murciana como sumidero

17. Alain Baille, catedrático, UPCT, responsable del subproyecto “Estimación y seguimiento de la producción primaria neta de la agricultura murciana y de su contribución a la captación de CO<sub>2</sub> de la atmósfera”.

18. Alejandro Pérez Pastor, Grupo de Investigación Suelo-Agua-Planta. Unidad Horticultura sostenible en Zonas Áridas. “Efectos de los factores edafoclimáticos en el balance de carbono en frutales cultivados en distintas zonas de la Región de Murcia”.

de CO<sub>2</sub>, se han realizado 55 auditorías, por personal del Departamento de Cambio Climático de la Administración ambiental de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, a explotaciones agrícolas representativas para cada uno de los cultivos, distribuidas por todo el territorio regional.

La metodología aplicada ha sido la propuesta por la norma ISO 14064, que, al igual que el GHG Protocol<sup>19</sup>, señala que hay que contemplar obligatoriamente, a la hora de calcular las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente, las emisiones directas (consumo de combustible para el procesado en campo del cultivo, en las que se incluye el labrado, siembra, poda-triturado, aclarado, acolchado, tratamientos, abonado de fondo, instalación de riego, las necesarias para el procesado fresco, la recolección y el transporte al almacén, así como los óxidos de nitrógeno procedentes del suelo por fertilización<sup>20</sup>) y las indirectas debidas a la energía.

Los factores de conversión utilizados son los publicados por el IPCC y por el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, en el Inventario nacional de emisiones 2007.

Debido a la imposibilidad de contar con factores de conversión suficientemente contrastados para el resto de emisiones indirectas (distintas de las producidas por el consumo de energía), no es aconsejable aplicar la metodología del análisis del ciclo de vida (ACV)<sup>21</sup>. La iniciativa Agricul-

tura murciana como sumidero de CO<sub>2</sub> no exige, por tanto, que se haga un ACV completo incluyendo otras emisiones indirectas, pero se da la posibilidad de que voluntariamente, y siempre que se cuente con los factores de conversión adecuados, los productores lo incluyan en su balance, y así quedará reflejado en la página web.

Los resultados de estos cálculos de emisiones vienen expresados en la siguiente tabla:

**Tabla 5. Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente en determinados cultivos realizados en explotaciones hortofrutícolas representativas de la Región de Murcia**

LEÑOSOS	TOTAL EMISIONES SIN TRANSPORTE Emisiones CO <sub>2</sub> (t CO <sub>2</sub> /año/ha)	TOTAL EMISIONES CON TRANSPORTE A ALEMANIA
Albaricoque	4,91	6,64
Ciruela	8,46	11,92
Limón	4,96	11,40
Mandarina	4,36	10,90
Melocotón	11,08	14,33
Naranja	4,96	11,40
Uva de mesa	3,99	8,80
HERBÁCEOS	Emisiones CO <sub>2</sub> (t CO <sub>2</sub> /año/ha)	
Alcachofa	2,87	5,62
Brócoli	15,79	18,54
Coliflor	9,85	12,08
Lechuga	5,33	22,00
Melón	9,25	10,69
Pimiento	16,08	25,70
Sandía	1,53	2,30
Tomate	8,28	25,60

Fuente: Elaboración propia.

19. Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol). Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte. Instituto de Recursos Mundiales (World Resources Institute) y Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible (World Business Council for Sustainable Development).

20. El óxido nítrico tiene un potencial de calentamiento global muy superior al CO<sub>2</sub>; según el último informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) es de 310, por lo que pequeñas emisiones de este gas pueden significar un impacto importante en el balance de carbono de la explotación agrícola y, en consecuencia, en el balance de carbono asociado a cada cultivo.

21. Según la ISO 14040:2006 *Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia* un análisis de ciclo de vida es la recopilación y evaluación de las entradas, las salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema del producto a través de su ciclo de vida, estando definido *ciclo de vida* como etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema de producto, desde la adquisición de materia prima o su generación a partir de recursos naturales hasta su disposición final.

## 5. BALANCE DE CARBONO DE EXPLOTACIONES AGRÍCOLAS

Si a la fijación de CO<sub>2</sub> realizada por los cultivos se le restan las emisiones, se obtienen los balances de carbono, que, como se puede ver, en todos los casos son positivos, es decir, la captura de CO<sub>2</sub> por la vegetación es superior a las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente necesarias para su producción.

Tabla 7. Balance de carbono a pie de explotación en explotaciones agrícolas representativas de la Región para los siguientes cultivos.

LEÑOSOS	Por hectárea. Balance t CO <sub>2</sub> /año/ha	Por kg de fruta o verdura. Balance g CO <sub>2</sub> /kg	Por pieza de fruta o verdura. Balance g CO <sub>2</sub> /pieza
Albaricoque	17,90	994,4	59,66
Ciruela	17,43	484,23	48,42
Limon	25,56	381,42	47,68
Mandarina	8,71	138,21	10,37
Melocoton	19,33	572,67	108,81
Naranja	15,77	235,56	29,42
Uva De Mesa	18,15	453,73	294,93
<b>HERBÁCEOS</b>			
Alcachofa	19,83	991,56	297,47
Brocoli	4,16	319,82	111,94
Coliflor	2,13	106,63	42,69
Lechuga	4,89	146,43	58,57
Melon	1,17	78,27	78,27
Pimiento	9,64	137,77	27,55
Sandía	5,17	646,25	775,50
Tomate	7,97	63,22	5,06

Fuente: Elaboración propia.

## 6. BALANCE DE CARBONO DEL CONJUNTO DE LA PRODUCCIÓN HORTOFRUTÍCOLA DE MURCIA

El balance de carbono de la producción hortofrutícola de las más de 117.000 ha de regadío de la Región de Murcia estudiadas<sup>22</sup> es de un 1.650.000 toneladas al año y, una vez descontadas las emisiones generadas para la producción y transporte de los productos a Alemania<sup>23</sup>, está por encima del millón de toneladas anual.

Se debe remarcar que este balance se ha realizado sin tener en cuenta el potencial de reducción de emisiones que todavía tiene nuestra agricultura. El coste asociado para reducir las emisiones en la agricultura es competitivo con el coste que representa esta reducción en otros sectores de actividad como la industria, el transporte, etc. Y esta es una de las grandes características de la iniciativa Agricultura murciana como sumidero de CO<sub>2</sub>, el exigir a los adheridos que concreten compromisos ambientales voluntarios, en los que cada empresario describa una estrategia de mejora de su balance de carbono, adaptado a la realidad de su explotación; es decir, realizar una mejora continua.

La agricultura murciana, y en general la mediterránea por su eficiencia y benignidad de su clima, se caracteriza por una escasa dependencia de factores energéticos; por eso muchos de los cultivos tienen un balance de carbono positivo (comportándose como sumidero de CO<sub>2</sub>) teniendo en cuenta las emisiones necesarias para su cultivo y algunos incluso incluyendo las emisiones derivadas de su transporte.

Los trabajos desarrollados en el marco de la iniciativa Agricultura como sumidero de CO<sub>2</sub> intenta mostrar la im-

22. Para este estudio se han utilizado 15 cultivos diferentes que representan 117.000 ha del total de las 148.000 ha que componen el regadío de la Región. Todo apunta a que los cultivos de regadío que no han sido estudiados que representan las 31.000 ha restantes contribuirían a incrementar la capacidad de sumidero por encima de 1.022.493,66 t CO<sub>2</sub>.

23. Se ha supuesto a efectos de este estudio que toda la producción obtenida de las 117.000 ha, es decir, las 2.800.000 toneladas de productos agrícolas, son puestos a 2.000 km de distancia.



portante ventaja competitiva que puede suponer para la agricultura mediterránea el dar a conocer a los consumidores europeos el importante beneficio ambiental que originan los cultivos agrícolas al mantener almacenando de forma continua un volumen considerable de CO<sub>2</sub> retirado de la atmósfera gracias a la capacidad de fijación de vegetales. Otro debate diferente, pero no menos importante, es el de cuantificar el papel que la agricultura puede tener en la mitigación del cambio climático cuando retira de forma adicional cantidades significativas de CO<sub>2</sub> de la atmósfera año a año.

En relación con este último aspecto hay que señalar que de la captura o secuestro biológico de más de un millón de toneladas al año una parte importante -entre el 52% en el melocotón y el 83% en la uva de mesa- corresponde al carbono almacenado en hojas y podas anuales más el fruto que tiene un periodo de retorno anual.

Lo restante -entre el 48% y el 17%- corresponde al carbono almacenado en las raíces, tronco y ramas principales, que dependerá del periodo de vida del árbol. Una vez acabada la vida útil del árbol frutal sus raíces habrán engrosado el carbono almacenado en el suelo y si su madera se utilizara para usos en los que el carbono no es liberado a la atmósfera tendríamos un sumidero permanente más allá del periodo de vida útil de los árboles.

## 6.2. La agricultura ecológica como alternativa productiva ante el cambio climático

J. M. Egea Fernández y J. M. Egea Sánchez  
 Departamento de Biología Vegetal (Botánica)  
 Facultad de Biología. Universidad de Murcia

### 1. LA AGRICULTURA COMO EMISOR Y RECEPTOR DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

La agricultura industrializada es una fuente significativa de gases de efecto invernadero (GEIs). Entre un 11% y un tercio del total de las emisiones, según las diversas fuentes consultadas, se debe a esta actividad productiva. De acuerdo con el IPCC (2007) el sector agrario es responsable de la emisión de un 10-12 % del total de CO<sub>2</sub>, de un 60% para el N<sub>2</sub>O y de un 50% para el CH<sub>4</sub>. En España la agricultura representó, en 2006, un 11% de las emisiones totales de GEIs. En la Región de Murcia, esta cifra asciende a 19,1% (Figura 1), lo que sitúa al sector agrario en segundo lugar de las emisiones de GEIs por detrás del transporte (CARM 2008). Su contribución, en general, es bastante mayor de lo que indican las cifras oficiales, ya que estas no tienen en cuenta las emisiones indirectas asociadas a las actividades agrícolas como la producción de fertilizantes, el consumo de combustibles fósiles debido al uso de la maquinaria agrícola o el transporte de productos agrícolas (Sánchez Gimeno, 2008).

La agricultura, al mismo tiempo que fuente de emisión de GEIs, ofrece un gran potencial para paliar sus efectos debido a la capacidad de absorción de CO<sub>2</sub> en las plantas (Smith, 2007), así como a la fijación de CO<sub>2</sub> en los suelos agrícolas que en la EU-15 es de 60 a 70 Mt/año, lo que supone del 1,5 al 1,7 % de las emisiones antropogénicas de CO<sub>2</sub> (ECCPa 2004). Esta fijación representa el 19-21% de la reducción total de 337 Mt de CO<sub>2</sub> año<sup>-1</sup> a la que se ha comprometido la UE-15 para el periodo 2008-2012. Para aprovechar

este potencial se requiere una conversión profunda hacia prácticas culturales más racionales y sostenibles. En este sentido, las propuestas realizadas por el IPCC para reducir las emisiones agrícolas de GEIs a escala mundial son casi idénticas a las que hoy en día se aplican en la agricultura ecológica. Estas mismas prácticas permitirían reducir al mismo tiempo otros impactos ambientales negativos producidos por la agricultura como son las emisiones de amoníaco o de óxido nítrico o la liberación de nitratos a las aguas superficiales y subterráneas (Sánchez Gimeno, 2008).

### 2. LA AGRICULTURA ECOLÓGICA Y SU PAPEL EN LA MITIGACIÓN DE LOS GEIs

La agricultura ecológica, sobre todo si se basa en principios agroecológicos, presenta un potencial muy elevado para disminuir las emisiones de GEIs y aumentar el secuestro de car-

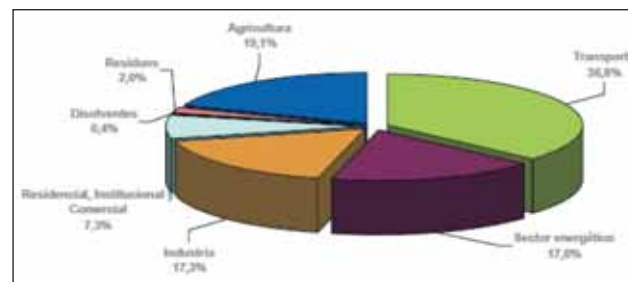


Figura 1. Emisiones de GEIs por sectores en el año 2005, en la Región de Murcia. Fuente. CARM 2008.

bono en suelo y vegetación (SEAE 2006, Medina *et al.* 2008). El grupo de trabajo sobre Sumideros y Agricultura del Programa Europeo sobre Cambio Climático (ECCPb 2004) concede a la agricultura ecológica un potencial de captación de CO<sub>2</sub> de 0 a 1,98 toneladas por hectárea y año, dependiendo de las prácticas que se apliquen. Para Smith (2004) la eficiencia de captación de carbono en sistemas de producción ecológica es de 41,5 t/ha de CO<sub>2</sub>, mientras que en los sistemas de producción convencional se reduce a 21,3 t/ha de CO<sub>2</sub>.

El mayor potencial de la producción ecológica a la mitigación del cambio climático se debe, en gran parte, a la mayor eficiencia energética como consecuencia de un menor consumo directo de combustible fósil (maquinaria y mano de obra), del mantenimiento de la fertilidad del suelo mediante *inputs* internos (rotaciones, abonos verdes, cultivo de leguminosas, etc.), a la ausencia de agroquímicos (fitosanitarios y fertilizantes) de síntesis, así como a los bajos niveles de la externalización en la alimentación del ganado (SEAE 2006). Por otro lado, se reduce la energía necesaria para producir fertilizantes químico-sintéticos y agentes de protección de plantas, a los que se renuncia en este modelo de agricultura. El uso de recursos endógenos y el fomento de canales cortos de comercialización, prácticas recomendadas en la agricultura ecológica, disminuyen el consumo de combustibles fósiles destinados al transporte. De acuerdo con Mäder *et al.* (2002), los sistemas agrícolas convencionales utilizan hasta un 50% más de energía que los de producción ecológica.

La vía más adecuada para incrementar la capacidad de captación de carbono en el suelo, de acuerdo con diferentes experimentos de largo plazo, es la adición de materiales orgánicos, procedentes de aportaciones regulares de estiércol, la reincorporación de restos de cultivos, el empleo de abonos verdes y las rotaciones con leguminosas. En sentido inverso, la aplicación exclusiva de fertilizantes nitrogenados de síntesis contribuye con frecuencia al incremento de los procesos de oxidación de la materia orgánica y, en consecuencia, a aumentar las pérdidas de carbono orgánico del

suelo (Kotschi y Müller-Säman, 2004). Según Raupp (2001, en SEAE 2006), después de un ensayo de 18 años, los suelos con diferentes abonados a base de estiércol presentaban de 3 a 8 t/ha de C más que aquellos fertilizados con abonos de síntesis. El manejo de la fertilización del suelo en la agricultura ecológica, basado exclusivamente en la integración de la agricultura y ganadería, el reciclaje de desperdicios orgánicos y la mejora de las técnicas de elaboración de compost confieren a este sistema productivo un potencial muy elevado en el secuestro de carbono en el suelo. Otras prácticas aconsejadas en la agricultura ecológica, como las técnicas de no laboreo, mínimo laboreo o laboreo de conservación, reducen también los procesos de oxidación y, en consecuencia, la liberación de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

El manejo de la diversidad biológica que se practica en los sistemas agrarios, manejados de acuerdo con las bases y principios de la agroecología, representa un sumidero importante de carbono. La asociación y rotación de cultivos permite mantener una cubierta vegetal estratificada y casi permanente a lo largo de todo el año, lo que se traduce en una mayor asimilación de CO<sub>2</sub>, al mismo tiempo que se produce un aumento de la capacidad de retención del carbono en el suelo, al reducir la erosión y aumentar la biomasa subterránea. Algo similar se consigue con las cubiertas vegetales, los setos, los sistemas adhesionados, los corredores vegetales y los bosquetes islas. Así, por ejemplo, los sistemas agroforestales, otra de las técnicas practicadas en agricultura ecológica, llega a un almacenamiento adicional de carbono de 3,9 t/ha y año en climas templados (Shröder, 1994).

La reducción en las emisiones de metano, en agrosistemas ecológicos, es consecuencia del aumento de la actividad biológica del suelo, lo que produce un incremento de la oxidación del CH<sub>4</sub>. Por el contrario, las aplicaciones periódicas únicamente de urea o amoníaco inhiben su oxidación (Hutsch, 2001). La digestión anaeróbica controlada del estiércol y residuos, combinada con la producción de biogás, es la opción más prometedora para reducir las emisiones de CH<sub>4</sub> (Jarvis y

Pain, 1994). También el cambio en la dieta de los rumiantes en la ganadería ecológica puede provocar reducciones en la emisión de este gas (Zeddies, 2002, en SEAE 2006).

La reducción de las emisiones de N<sub>2</sub>O en la producción ecológica está ligada a la no utilización de abonos nitrogenados de síntesis. Además, las tasas de estabulado del ganado son limitadas y la dieta animal es menor en proteínas, lo cual también contribuye a la reducción de las emisiones de N<sub>2</sub>O. Según Berg (1997), la reducción de nitrógeno en la dieta animal es la opción más barata para reducir las emisiones de N<sub>2</sub>O. En la Tabla 1 se resumen las prácticas de la agricultura eco-

lógica con mayor potencial en la mitigación del cambio climático. En general, se puede afirmar que la agricultura ecológica reduce de forma muy significativa el CO<sub>2</sub> y el N<sub>2</sub>O y, en menor medida, el CH<sub>4</sub> (Kotschi y Müller-Säman, 2004).

### 3. GESTIÓN DE SISTEMAS AGRARIOS PARA LA MITIGACIÓN DE LOS GEIs

De acuerdo con García *et al.* (2006), las medidas mencionadas en el apartado anterior para mitigar los GEIs son aplicables a cualquier modelo de producción agraria. Sin

Tabla 1. Potencial de reducción directa e indirecta en la emisión de GEIs derivado de los principios de la agricultura ecológica

LEÑOSOS	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
<b>1. Uso de la tierra agrícola y su manejo</b>			
Cubierta permanente del suelo	+++	-	+
Reducción de laboreo	+	-	+
Restricción del barbecho en regiones semiáridas	+	-	-
Diversificación de las rotaciones de cultivo	++	-	+
Restauración de la productividad en suelos degradados	++	+	-
Agroforestación	++	-	-
<b>2. Utilización de estiércol y residuos</b>			
Reciclaje de residuos urbanos y compost	++	-	+
Biogás de los purines	-	++	-
<b>3. Ganadería</b>			
Cría y manutención longevas	-	++	+
Restricción de la densidad de estabulado	-	+	+
Reducción de las importaciones de pienso	+	+	-
<b>4. Fertilización</b>			
Restricciones de la externalización de nutrientes	++	-	++
Utilización de leguminosas	+	-	+
Integración de la producción animal y vegetal	++	-	+
<b>5. Cambios en la conducta del consumidor</b>			
Consumo de productos regionales	+++	-	-
Aumento del consumo de vegetales	+	++	-

+++ muy alto, ++ alto, + bajo, - sin potencial. (Fuente: Kotschi y Müller-Säman, 2004).

embargo, la agricultura ecológica, basada en principios agroecológicos, es la única que ofrece una alternativa seria en este sentido. El reglamento de la producción ecológica obliga al cumplimiento de muchas de estas prácticas, que son avaladas por un buen sistema de inspección y certificación.

El manejo de la biodiversidad, junto al manejo de la materia orgánica del suelo, constituyen los pilares agroecológicos para mantener la salud de los agrosistemas y poder transformar los sistemas agrarios convencionales en ecológicos, al mismo tiempo que nos proporcionan numerosos servicios agroambientales como la reducción de los GEIs. El principio que debe guiar la gestión agroecológica de los sistemas agrarios degradados o transformados en monocultivos es devolverle la diversidad perdida, para recuperar su estructura, funcionamiento y dinámica. El diseño de los paisajes agrarios debe estar orientado tanto al aumento de la biodiversidad planificada por los agricultores como de la biodiversidad asociada dentro y fuera del agrosistema.

Un primer paso, obligado en la producción ecológica, es eliminar los biocidas y fertilizantes de síntesis. De esta forma se potencia la flora, fauna y microorganismos benéficos (aérea o edáfica). Además, se deben evitar las prácticas agrícolas que interfieren con la diversificación del paisaje como la labranza frecuente del suelo, suelos descubiertos por largos periodos o los monocultivos de gran escala.

El siguiente paso es favorecer y mantener la presencia de flora silvestre dentro de los campos de cultivos, entre los cultivos, a lo largo de los caminos, en zanjas, en los límites de la propiedad o en márgenes en las fincas o parcelas (setos). En general, los agrosistemas más diversificados, más permanentes y manejados con tecnología de bajos insumos (sistemas agroforestales; policultivos tradicionales) presentan mayor ventaja en relación con los procesos ecológicos que aquellos altamente simplificados, de alto insumo y alterados (monocultivos modernos de hortalizas y frutales). El resultado neto de la simplificación de la bio-

diversidad para propósitos agrícolas es un ecosistema muy artificial e inestable, que requiere de numerosos recursos externos y un elevado consumo energético para suplir desequilibrios.

El manejo de la biodiversidad planificada por el agricultor nos debe llevar, finalmente y en la medida de lo posible, hacia sistemas agropecuarios basados en recursos genéticos (variedades y razas) locales, en donde la asociación y rotación de cultivos, así como las cubiertas vegetales, sean prácticas habituales.

#### 4. REFLEXIÓN FINAL

La agricultura ecológica puede contribuir de forma significativa a reducir las emisiones de GEIs y al secuestro de carbono en suelos y biomasa. Para aprovechar este potencial es necesario desarrollar programas apropiados para optimizar el uso de fertilizantes orgánicos, así como para evaluar el efecto de un aumento de la diversidad biológica en los cultivos, en relación con las emisiones de GEIs, captura de carbono y balance energético del sistema productivo. En este análisis se deben identificar las prácticas agrícolas más eficaces, con la finalidad de diseñar las mejores alternativas de manejo encaminadas a minimizar el impacto de la agricultura en relación con el cambio climático. Además, se debe tener en cuenta las barreras e incentivos para su aplicación práctica, lo que será imposible sin un fuerte compromiso de la Administración.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

- Berg W. 1997. "Minderung von Emissionen aus der Tierhaltung. Kosten und Potentiale". *Landtechnik* 5/97: 262-263.
- CARM 2008. Estrategia de la Región de Murcia frente al cambio climático 2008-2012. Consejería de Agricultura y Agua. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.
- ECCP. 2004a. Working Group Sinks Related to Agricultural

- Soils. Executive Summary. Programa Europeo sobre el Cambio Climático.
- ECCP. 2004b. Working Group Sinks Related to Agricultural Soils. Final Report. Programa Europeo sobre el Cambio Climático (ECCP).
- García A., Laurín M., Llosá M.J., González V., Sanz M.J., Porcuna J.L. 2006. "Contribución de la agricultura ecológica a la mitigación del cambio climático en comparación con la agricultura convencional". *Agroecología 1*: 75-88.
- Hütsch B. 2001. "Methane oxidation in non-flooded soils as affected by crop production". *European Journal of Agronomy* 14(4): 237-260
- IPCC 2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group. II Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report. Chapter 12 and Summary for Policymakers.
- Jarvis S.C., Pain B.F. 1994. Gaseous emissions from an intensive dairy farming system. Proceedings of the IPCC AFOS Workshop. 55-59. Canberra, Australia.
- Kotschi J., Müller-Säman K. 2004. The Role of Organic Agriculture in Mitigating Climate Change - A Scoping Study. IFOAM. Bonn.
- Mäder P., Fliebach A., Dubois D., Gunst L., Fried P., Urs N. 2002. "Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming". *Science* V. 296: 1694-1697.
- Medina F., Iglesias A., Mateos C. 2008. Mitigación del cambio climático mediante técnicas de la agricultura ecológica en España. Actas del VIII Congreso de SEAE. Bullas, Murcia.
- Sánchez Gimeno, B. 2008. La agricultura ecológica y la reducción de las emisiones agrícolas de gases de efecto invernadero. Perspectiva global e incertidumbres. Actas del VIII Congreso de SEAE. Bullas, Murcia.
- SEAE 2006. Contribución de la Agricultura Ecológica a la mitigación del Cambio Climático. Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Catarroja, Valencia.
- Schröder P. 1994. "Carbon storage benefits of agroforestry systems". *Agroforestry Systems* 27: 89-97.
- Smith, P. 2004. "Carbon sequestration in croplands: the potential in Europe and the global context". *Eur. J. Agron.* 20, 229-236.
- Smith, P. et al. 2007. "Greenhouse gas mitigation in agriculture". *Philosophical Transactions of Royal Society.* 789-813.





7

Contribuir a la mitigación  
cambiando las pautas de  
producción y consumo

## 7.1. Ahorro en emisiones de CO<sub>2</sub> por ahorro en consumo de agua

**Amalio Garrido Escudero**

Director de la Cátedra de Ingeniería y Toxicología Ambiental  
 de la Universidad Católica de San Antonio de Murcia (UCAM)

### 1. EL CICLO INTEGRAL DEL AGUA

En todas las fases del ciclo del agua hay consumo de energía. Las fases del ciclo integral del agua son las siguientes:

1. Captación.
2. Potabilización.
3. Distribución y consumo.
4. Evacuación de aguas residuales.
5. Tratamiento de aguas residuales.
6. Devolución al medio o reutilización.



En cualquiera de estas etapas es necesario, por ejemplo, transportar grandes volúmenes de agua mediante el uso de bombas. Desde las captaciones de las estaciones de tratamiento de aguas potables (ETAP) hasta los consumidores fi-

nales, las diferentes estaciones de bombeo, los depósitos superficiales y los subterráneos garantizan el suministro al consumidor. Las estaciones de captación incluyen, por lo general, grupos de bombas verticales o sumergidas destinadas a la explotación de las reservas o depósitos de agua que alimentan por gravedad las plantas de tratamiento.

Si se trata de procesos de potabilización de aguas de mar, mediante desalación por evaporación u ósmosis inversa, el consumo energético es tan importante que corresponde a más del 50% de los costes de explotación de dichas plantas, sin contar con la energía necesaria para la distribución tierra adentro.

### 2. CONSUMO ENERGÉTICO DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA

Dependiendo de la configuración del sistema hidráulico de abastecimiento, saneamiento y depuración de cada población, la calidad de los recursos hídricos y su disponibilidad, la topografía del entorno y el régimen de explotación, los consumos energéticos unitarios varían significativamente.

Para la Región de Murcia se podría utilizar como valor medio más aproximado para el consumo energético medio en la producción de agua:

- Aguas continentales: 1,1 kWh/m<sup>3</sup>
- Aguas desaladas: 4,2 kWh/m<sup>3</sup>

En la actualidad se podría suponer que para un horizonte temporal de los próximos 15 años el reparto medio del abastecimiento de la Región será de un 70% con origen en aguas continentales (superficiales y subterráneas) y un 30% para recursos marinos (desalación de agua de mar por ósmosis inversa).

Realizando el mismo ejercicio para el cálculo medio aproximado del consumo energético regional unitario en la distribución de agua, se llega a la siguiente conclusión:

Impulsiones y bombeos: 0,8 kWh/m<sup>3</sup>

Con el fin de calcular el consumo energético medio unitario en el transporte de aguas residuales se han tenido en cuenta los datos de los diferentes municipios y proyectos de ampliación, mejora y rehabilitación que en el futuro próximo se van a llevar a cabo. Realizada una estimación el resultado más probable es el siguiente:

Impulsiones y bombeos redes de saneamiento: 1,3 kWh/m<sup>3</sup>

Para el cálculo del consumo energético medio unitario en operaciones de depuración de aguas residuales, incluyendo las industriales y los tratamientos terciarios para reutilización, que puedan llevarse a cabo en los próximos años:

Tratamiento de aguas residuales: 1,8 kWh/m<sup>3</sup>

Por tanto, el total para el consumo medio unitario para el ciclo integral del agua en los próximos 15 años en la Región de Murcia puede estimarse en unos 5,93 kWh/m<sup>3</sup>.

### 3. CONSUMO ENERGÉTICO DEL AGUA CALIENTE SANITARIA

Hasta ahora se ha descrito el balance energético del ciclo del abastecimiento, saneamiento y depuración sin es-

tablecer ninguna estimación de los usos domésticos o industriales del agua. En relación a los consumos industriales, la tipología es tan diversa que hasta la fecha de hoy es prácticamente imposible realizar estimaciones con respecto al consumo energético medio unitario, durante el ciclo de consumo. Usualmente se realizan operaciones de bombeo, presurización, y tratamientos auxiliares de acondicionamiento del agua para su incorporación al proceso productivo.

Normalmente el 40% del agua que se consume en una vivienda unifamiliar es agua caliente sanitaria. Por tanto, es fundamental conocer el consumo energético para la generación de agua caliente sanitaria al tratarse de la mayor fuente de consumo.

Para el cálculo del consumo energético del agua caliente sanitaria, podemos suponer un salto térmico medio de 65 °C.

El consumo energético para elevar 1 °C la temperatura del agua es fácil de calcular, siendo de 1,163 kWh/m<sup>3</sup>. De esta forma el consumo energético medio unitario para la generación doméstica de agua caliente sanitaria se puede estimar en 75,595 kWh/m<sup>3</sup>.

### 4. CONSUMO ENERGÉTICO MEDIO POR CONSUMO DOMÉSTICO DE AGUA

En la mayoría de hogares, y debido a la configuración urbana de los edificios de más de una planta, es necesaria la utilización de grupos de presión para la distribución interna. Realizando una estimación media estadística con algunos datos muestrales en municipios de la Región de Murcia se puede estimar un consumo medio energético, en grupos de presión domésticos, de 0,6 kWh/m<sup>3</sup>.

Haciendo un balance completo debemos considerar, como ya hemos comentado, un uso en agua caliente sanitaria de un 40%. Por tanto, el resultado del balance puede ser como sigue:

Consumo energético del agua caliente sanitaria (40%):

$$75,595 + 5,93 = 81,525 \text{ kWh/m}^3$$

Consumo energético del resto de agua (60%):

$$5,93 \text{ kWh/m}^3$$

Total ponderado = 36,168 kWh/m<sup>3</sup>

A este total hay que añadir el consumo de los grupos de presión, quedando el consumo energético medio por consumo de agua doméstico en 36,768 kWh/m<sup>3</sup>.

## 5. EMISIONES EQUIVALENTES DE CO<sub>2</sub>

Una vez conocido el consumo de agua doméstico se pueden calcular las emisiones equivalentes de CO<sub>2</sub> correspondientes al mismo.

Suponiendo una tasa de generación de CO<sub>2</sub> por kWh producido de 0,39 kg CO<sub>2</sub>/kWh, la emisión equivalente por el consumo de un metro cúbico de agua es:

$$36,768 \text{ kWh/m}^3 \times 0,39 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 14,34 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3$$

## 6. VAPOR DE AGUA

El vapor de agua es un gas que se obtiene por evaporación o ebullición del agua líquida o por sublimación del hielo. El vapor de agua en la atmósfera forma parte del ciclo hidrológico.

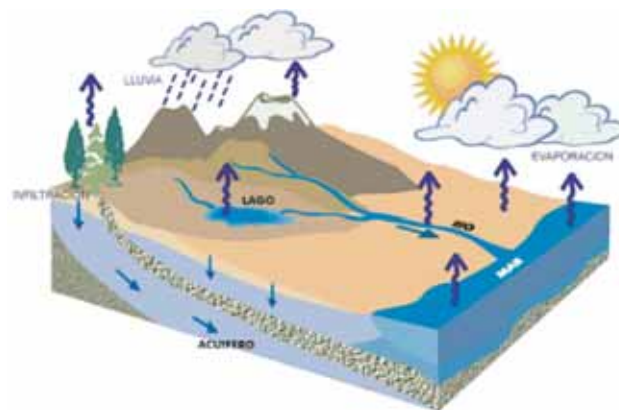
El vapor de agua es el principal gas invernadero responsable de dos terceras partes del efecto invernadero natural debido a la absorción de los rayos infrarrojos. En la atmósfera, las moléculas de agua atrapan el calor que irradia la Tierra y la irradian a su vez en todas las direcciones, calentando la superficie terrestre, antes de devolverlo de nuevo al espacio.

De todos los gases de efecto invernadero naturales, el vapor de agua es el más poderoso. En realidad es del vapor de agua del que depende naturalmente el efecto invernadero.

Hasta el momento la inyección de vapor de agua por parte de la actividad humana no ha sido relevante. Podría ser muy importante; sólo hay que imaginarse qué pasaría si los coches privados en lugar de emitir CO<sub>2</sub> emitiesen vapor de agua: las ciudades serían mucho más húmedas y durante buena parte del año la niebla sería permanente.

El efecto de las nubes tiene un doble sentido. Las nubes actúan como una “manta” impidiendo que el calor acumulado en la superficie se escape (por eso las noches de invierno nubladas son mucho más cálidas que las que están despejadas), pero también reducen el brillo del sol, impidiendo que se caliente la superficie y enfriando la atmósfera baja. En esta situación se establece una inversión térmica en altura. La parte alta de las nubes son potentes reflectantes de la radiación solar.

No hay que olvidar que en la Región de Murcia la tasa media de evaporación es superior a 1,5 m/año. Por tanto, en los almacenamientos de agua en contacto con la atmósfera como son las piscinas, balsas de riego, etc. hay que contar con esa contribución al efecto invernadero.



## 7. LEY 6/2006 DE INCREMENTO DE MEDIDAS DE AHORRO Y CONSERVACIÓN DE AGUA DE LA REGIÓN DE MURCIA

El agua es en la Región de Murcia un recurso natural escaso y valioso, indispensable para la vida y para el desarrollo sostenible, así como para la mayoría de las actividades económicas y sociales.

La situación especial del déficit hídrico estructural en la Cuenca del Segura, reconocido por el Plan Hidrológico de la Cuenca, no puede ser un freno al desarrollo económico y social de la Región de Murcia. Es preciso garantizar las disponibilidades de agua necesarias que demande la planificación económica regional.

A este fin, se hace necesario el establecimiento de unas medidas mínimas de ahorro en el consumo de agua aplicables en todos los municipios de la Región de Murcia y a todos los sectores económicos.

Esta Ley tiene por objeto establecer el incremento de las medidas de ahorro y conservación en el consumo de agua mediante su incorporación a las ordenanzas y reglamentos municipales, sin menoscabo de otras que, de forma voluntaria, cada entidad local pudiera establecer.

La disposición recoge en sus artículos las medidas de ahorro y conservación a realizar en:

- viviendas de nueva construcción
- locales de pública concurrencia
- viviendas existentes
- industrias y edificios industriales
- piscinas públicas y privadas
- parques y jardines
- limpieza viaria

Algunas de las características más importantes de esta Ley son:

- Única ley de estas características en la Unión Europea.
- Afecta a todas las actividades (excepto a la agricultura).
- Impone obligaciones.
- Existen incentivos para las instalaciones existentes.

Mediante la aplicación de esta Ley el ahorro esperado se estima de la siguiente forma:

- Ahorro estimado en viviendas entre un 15 a un 25% en un horizonte de 7 años.
- La demanda de agua en la Región es de 145 Hm<sup>3</sup>/año.
- Ahorro neto entre 21,75 y 36,25 Hm<sup>3</sup>/año

## 8. CONCLUSIONES

Haciendo una valoración aproximada, el ahorro en emisiones de CO<sub>2</sub> en un horizonte de 7 años en la Región de Murcia, debido al ahorro de agua por aplicación de la normativa en esta materia, podría llegar hasta 0,52 millones de Tm CO<sub>2</sub>/año.

## 7.2. Problemática de la comunicación frente al cambio climático

Antonio Soler Valcárcel

Experto en comunicación y concienciación  
en materia de cambio climático

El contexto en el que deben desarrollarse los esfuerzos de sensibilización, capacitación y búsqueda de un sentido de responsabilidad social respecto al problema del cambio climático y el uso eficiente y responsable de la energía no es fácil; los medios de comunicación transmiten con intensidad mensajes que promocionan el consumo; las campañas publicitarias sobre productos energéticos generan con cierta frecuencia confusión sobre los efectos ambientales del consumo de energía, y las propias administraciones públicas desarrollan con frecuencia prácticas que contradicen los mensajes de coherencia y responsabilidad. Además, las propias iniciativas de comunicación y educación no suelen contemplar evaluaciones previas y fases piloto que faciliten una adecuada adaptación a la realidad socio-ambiental en la que se pretende intervenir.

En este breve artículo se exponen algunas claves para facilitar el desarrollo de estrategias de comunicación, identificando barreras a la comprensión del fenómeno y a la modificación de pautas de consumo:

1. La comprensión del fenómeno del cambio climático y sus consecuencias, las ya conocidas y las previsibles de cara al futuro, constituye un objetivo básico para lograr una adecuada valoración social sobre la importancia de desarrollar esfuerzos serios en los campos del ahorro, la eficiencia energética y los estilos de vida sostenibles.
2. La mayor parte de las emisiones de CO<sub>2</sub> se desarrollan en los sectores difusos (vivienda y transporte), es decir, sectores cercanos a los consumidores, a nuestras decisiones cotidianas, difíciles de controlar. Se evidencia la necesidad de incrementar los esfuerzos dedicados a la población no escolar.
3. El modelo de vida basado en un elevado consumo energético goza de una gran aceptación social y las personas tendemos a comparar nuestro estatus social en función de los bienes materiales que mostramos. La combinación de bienes adquiridos es empleada para expresar a los demás la propia personalidad y valores, la pertenencia a grupos sociales particulares o a comunidades y la relación propia con el medio físico y social.
4. La mayoría de la población ya conoce el fenómeno del cambio climático, sus causas y sus posibles consecuencias, si bien es cierto que se mantienen algunas ideas erróneas al respecto, no se entiende o acepta la globalidad y gravedad y en ocasiones se minimiza su importancia e incluso se duda de su existencia real, en especial cuando la meteorología de las estaciones no se corresponde con el aumento de temperaturas. Se confunde fácilmente clima y meteorología.
5. Tecnologías que mejoran la eficiencia energética no se suelen traducir en una reducción de emisiones en el campo de actividad correspondiente, ya que el efecto ahorrador es anulado por nuevos incrementos en los niveles de producción y consumo: esto se traduce, por ejemplo, en que un coche de menor consumo acaba realizando más kilómetros pues le percepción del coste económico prima sobre el coste ambiental. Las campañas publicitarias de los productos tienen una gran importan-



- cia en este hecho, por lo que deberían imponerse sistemas de control sobre la veracidad de los productos anunciados.
6. Dentro de estos efectos de la publicidad son especialmente perniciosos los anuncios de tono triunfalista generados desde las administraciones públicas destinados a “vender” los logros de ciertas políticas más basadas en lo hecho que en lo que resta por hacer, lo cual genera actitudes de baja implicación personal.
  7. Las respuestas humanas a los problemas ambientales chocan frecuentemente con los intereses de personas y organizaciones que reaccionan oponiéndose a unas iniciativas que consideran que les perjudican. Esto genera campañas de contrapublicidad o claramente de “intoxicación” informativa que cuestionan las alertas emitidas por la comunidad científica.
  8. Conocer un problema ambiental, ser consciente de su importancia, incluso reconocer la necesidad de actuar para mitigarlo o resolverlo, no supone que se vaya a actuar de forma responsable en relación al problema. De hecho, con frecuencia, las personas que conocen mejor el problema mantienen unos patrones de consumo energético similares a los del resto de la población.
  9. Es importante entender que las razones que con mayor frecuencia animan a la gente a actuar de forma responsable en relación con el uso de la energía indican que la conservación del medio ambiente y la mitigación del cambio climático no son las motivaciones principales de los comportamientos ahorradores.
  10. Parece lógico aprovechar las motivaciones iniciales, que pueden estar principalmente vinculadas a intereses más personales (en el caso de las reformas domésticas, por ejemplo, búsqueda de confort y ahorro económico), y tratar de satisfacerlas al tiempo que se difunden y plantean también las ventajas ambientales de esas iniciativas.
  11. Es necesario mejorar la información disponible sobre las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a los principales productos y servicios al objeto de poder incluir dicho dato como elemento en la toma de decisiones del consumidor, y generar una nueva cultura de consumo de bienes y servicios donde la ecoeficiencia gane terreno al factor precio.
  12. Difícil traducción a gases emitidos: la mayoría de los ciudadanos-consumidores desconoce la relación entre energía consumida y gases emitidos. Los ciudadanos tienen, en el mejor de los casos, serias dificultades para obtener información significativa sobre la traducción de sus consumos energéticos a emisiones de gases efecto invernadero. Esto viene en gran medida dado por la diversidad de unidades de medidas: las gasolinas se compran en litros; el gas en metros cúbicos; la electricidad en kW/h. Los consumidores no son capaces de establecer comparaciones entre productos energéticos expresados en distintas unidades de medidas.
  13. Establecer estas relaciones se hace especialmente difícil para el caso de la energía eléctrica, ya que las emisiones se generan fundamentalmente en el proceso de producción y no en el consumo final. Esto lleva a muchos consumidores a percibirla como una energía “limpia”, cuando lo cierto es que en nuestro país es generada principalmente en centrales térmicas alimentadas con combustibles fósiles.
  14. La falta de datos para la mayoría de los productos y servicios energéticos: probablemente no sea realista pretender que los ciudadanos conozcamos las implicaciones energéticas de todas y cada una de nuestras opciones de consumo. Pretender que la gente realice esfuerzos para ahorrar energía sin contar con información adecuada sobre los consumos asociados a los productos o actividades más relevantes podría compararse con un corredor que emprende un plan de entrenamiento sin contar con un cronómetro. El ciudadano interesado carecerá de referencias básicas para orientar sus iniciativas y además carecerá de un *feed back* útil para valorar el resultado de los esfuerzos realizados.

15. Casos en los que se suministró a un conjunto de usuarios información más completa sobre sus consumos domésticos de gas y electricidad y emisiones asociadas, así como buenas prácticas de reducción de los mismos, se tradujo en ahorros medios inmediatos de entre el 5% y el 10%.
16. Facturas energéticas: documentos contables y ambientales. Una herramienta básica relacionada con los cuatro puntos anteriores es que las facturas incluyan el coste ambiental de los consumos de bienes y servicios. Ello es el punto de partida de la conciencia de “huella ecológica” y ayudan a comparar la bondad o perjuicio ambiental de la oferta existente en el mercado de los mismos. Por ejemplo, el hecho de que productos traídos desde grandes distancias incorporen la huella de carbono del transporte ayudará a elegir productos de origen más cercano o local, siendo una herramienta de competitividad para aquellas empresas que no apuesten por la deslocalización de sus actividades.
17. Acciones de alto y bajo coste personal. Si el hecho de renunciar a determinados comportamientos, sustituyéndolos por otros responsables, es percibido como muy costoso en el ámbito personal, es más improbable que la gente acceda a cambiarlos. Este coste no es una cuestión económica, sino una percepción de cómo reducimos nuestro derecho a disfrutar de ciertos “placeres”. Por ejemplo, con la información y sensibilización adecuadas, las personas pueden emprender algunas iniciativas individuales de “bajo coste” tales como colocar lámparas de bajo consumo o elegir modelos de electrodomésticos energéticamente eficientes, pero resulta mucho más difícil renunciar a unas vacaciones de pocos días en lugares distantes que, debido a los desplazamientos aéreos, suponen un consumo energético, y unas emisiones, que anulan totalmente el ahorro generado por las acciones de bajo coste personal.
18. La percepción de la insignificancia de la acción individual nos lleva a esperar a que otros actúen primero, antes de

realizar sacrificios individuales percibidos como importantes. Esta barrera, y el coste percibido de las acciones ahorradoras, puede superarse cuando lo que se plantea son acciones colectivas dado que:

- A) los humanos valoramos nuestra calidad de vida utilizando a los otros como punto de referencia y
  - B) la iniciativa colectiva puede incidir sobre el “coste” percibido del comportamiento, penalizando las conductas no ahorradoras. Esta penalización no es tanto económica como de percepción y valoración social de los comportamientos derrochadores, pero a gran escala puede ayudar al establecimiento de políticas más intensas que sí establezcan penalizaciones o incentivos al ahorro y consumo responsable.
19. La promoción de retos colectivos implica una consistente estrategia de comunicación que permita modificar las percepciones sociales de ciertas prácticas de derroche y apoyar a la ciudadanía que apuesta por la mejora. Debe ofrecerse información sobre las alternativas de carácter colectivo existentes en las pautas de consumo y transporte, y los conflictos sociales planteados en torno a las decisiones que podrían adoptar.
  20. Para incrementar la efectividad de las políticas y medidas orientadas a favorecer la mitigación del cambio climático y un uso eficiente y responsable de la energía, debemos realizar análisis específicos sectoriales y locales de las barreras para el conocimiento y la acción, así como de las motivaciones para la acción mitigadora.

**CONCLUSIONES:** si bien la solución a problemas de origen difuso como el consumo de energía en bienes y servicios que nos ocupa no es fácil, todavía existe una batería importante de acciones a promover. Algunas medidas son de gran sencillez y muy bajo coste, requiriendo tan sólo la modificación de pequeños aspectos normativos como la incorpora-

ción de emisiones asociadas al consumo en las facturas energéticas. Otras requieren más inversión y una cierta constancia, como la promoción de acciones colectivas.

En cualquier caso, la incorporación al factor coste de las externalidades ambientales se conforma como una herramienta de competitividad que puede resultar muy beneficiosa para empresas locales, contrarrestando la oferta basada exclusivamente en precio de productos foráneos. Además, cualquier estrategia que ayude a reducir las emisiones tendrá como beneficio adicional la reducción de la dependencia energética, la mejora del balance comercial y la mayor disponibilidad de recursos económicos para las familias de nuestro país.



Anexos

## ANEXO I

### Evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero reguladas por el comercio de derechos de emisión en la Región de Murcia 2005-2009

El comercio de emisiones es un instrumento fundamental en la política ambiental en la Unión Europea, y así lo demuestra la Directiva 2003/87/CE, aprobada en octubre de 2003, modificada en octubre de 2004 por la Directiva 2004/111 CE y la posterior puesta en marcha del régimen de comercio de derechos de emisión de la Unión Europea en enero de 2005. La Directiva establece que el régimen europeo se llevará a cabo en dos fases: la de preparación previa a la entrada en vigor del Protocolo, que abarca el periodo 2005-2007, y la fase de Kioto, comprendida entre 2008 y 2012.

La transposición de esta Directiva, que entró en vigor en octubre de 2003, se hizo efectiva a través de 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 (Boletín Oficial del Estado de 10 de marzo de 2005), la cual señala que corresponde a las comunidades autónomas, en su ámbito territorial (en la Región de Murcia, a la Consejería de Agricultura y Agua), la autorización y seguimiento de las instalaciones sujetas a este régimen de comercio de derechos de emisión.

Entre noviembre de 2008 y abril de 2009 se han aprobado dos directivas<sup>1</sup> que revisan la 2003/87/CE, refor-

mando el régimen europeo de comercio de derechos de emisión y extendiendo su ámbito de aplicación. El pasado 6 de julio de 2010 se publicó en el Boletín Oficial del Estado la Ley 13/2010, de 5 de julio, por la que se modifica la Ley 1/2005.

Tras cumplirse el fin del primer periodo de asignación de gases de efecto invernadero (2005-2007), y los años 2008 y 2009 del segundo periodo de asignación (2008-2012), se puede analizar la evolución de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEIs) en la Región de Murcia y compararla con los derechos de emisión asignados.

#### INSTALACIONES INCLUIDAS EN EL COMERCIO DE DERECHOS DE EMISIÓN DE GEIs EN LA REGIÓN DE MURCIA

En el Gráfico 1 se observa la evolución en el número de instalaciones afectadas por el comercio de derechos de emisión en la Región de Murcia.

En el año 2005, eran 15 las instalaciones de la Región de Murcia incluidas en el Régimen del Comercio de Emisiones de GEIs; a lo largo del año 2006, se incorporan 6 nuevas instalaciones, entre las cuales se encuentra una instalación de generación eléctrica, como nuevo entrante, y 5 instalaciones incorporadas en el Régimen del Comercio de Emisiones por el Real Decreto Ley 5/2005, que amplía el ámbito de aplicación de la Ley 1/2005, de 9 de marzo. Por otro lado, se pone en funcionamiento una nueva instalación de ciclo combinado, pasando a ser en 2006 un total de 21 instalaciones. En el año 2007, aparecen 2 nuevos entrantes pertenecientes al sector “otras instalaciones

1. Directiva 2008/101/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, por la que se modifica la Directiva 2003/87/CE con el fin de incluir las actividades de aviación en el régimen comunitario de comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero. Y Directiva 2009/29/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, por la que se modifica la Directiva 2003/87/CE para perfeccionar y ampliar el régimen comunitario de comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero.



Gráfico 1. Evolución en el número de instalaciones en la Región de Murcia afectadas por el comercio de carbono en el período 2005-2009.

de combustión”, haciendo un total de 23 instalaciones. En el año 2008, se incorpora 1 nuevo entrante perteneciente también al sector “otras instalaciones de combustión”, teniendo un total de 24 instalaciones, dato que no varía en el año 2009 (Tabla 1).

### Sectores a los que pertenecen las instalaciones

En la Tabla 2 se reflejan los sectores a los que pertenecen las instalaciones de la Región de Murcia afectadas por 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.

### Evolución de las emisiones

En el Gráfico 2 se observa la evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> emitidas en la Región de Murcia y verificadas por verificadores de gases de efecto invernadero en el periodo 2005-2009 (millones de toneladas).

### Evolución de la asignación de derechos de emisión en la Región de Murcia

El Gráfico 3 muestra la evolución de la asignación total de derechos de emisión de GEIs que han tenido las empresas de la Región de Murcia (millones de toneladas).

Generación eléctrica: ciclo combinado	1.a.	AES Energía Cartagena, S.R.L. - Escombreras 1, 2 y 3
		Gas Natural, S.D.G., S.A. - Escombreras 1, 2 y 3
		Iberdrola Generación, S.A.U.
Refino de petróleo	2	Repsol Petróleo, S.A.
Cemento	6	Holcim España, S.A.
Tejas y ladrillos	8	La Ladrillera Murciana, S.A.
		Cerámicas del Sureste, S.C.L.
Otra combustión	1.b.	Prieto Papel, S.A.
	1.b.	Aprovechamientos Energéticos Furesa, S.A. (Aprofursa)
	1.b.	ELPozo Alimentación
	1.b.	Fudepor, S.L.
	1.b.	Energyworks Cartagena, S.L.
	1.b. y 1.c.	Linasa Cogeneración y Asociados, S.L.
	1.b.	Planta de Tratamiento de Purines Hinojar I
	1.b.	Sierra de La Tercia
	1.b.	Cofrusa Cogeneración
	1.b.	Ecocarburantes Españoles
	1.b. y 1.c.	Enagás
	1.c.	Estrella de Levante
	1.c.	SABIC
1.c.	Hospital Universitario Virgen de la Arrixaca	
1.c.	Bunge Ibérica S.A. - Moyresa Fábrica de Cartagena	
1.c.	Alcurnia Alimentación S.L.	
1.c.	Moyresa Girasol, S.L.	

Tabla 1. Instalaciones incluidas en el Régimen del Comercio de Emisiones de GEIs en la Región de Murcia.



SECTOR	2005	2006	2007	2008	2009
Generación eléctrica	2	3	3	3	3
Refino de petróleo	1	1	1	1	1
Pasta y papel	1	1	1	1	1
Cemento	1	1	1	1	1
Tejas y ladrillos	2	2	2	2	2
Otras instalaciones de combustión	8	13	15	16	16
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>21</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>24</b>

Tabla 2. Evolución del número de instalaciones, por sectores, afectadas por el comercio de carbono en la Región de Murcia.



Gráfico 2. Evolución de las emisiones de GEI reguladas por el comercio de derechos de emisión en la Región de Murcia.



Gráfico 3. Evolución de la asignación de derechos de emisión de GEI en la Región de Murcia.

## Cobertura de la asignación total de derechos de emisión por años

En el Gráfico 4 se observa la relación entre los derechos de emisión asignados y las emisiones verificadas de las instalaciones de la Región de Murcia, incluidas en el ámbito del comercio de derechos de emisión, por años.

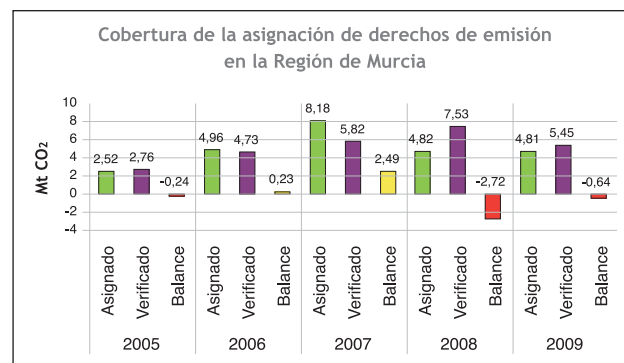


Gráfico 4. Cobertura de la asignación de derechos de emisión de GEI en la Región de Murcia.

En el año 2005 (Gráfico 5), el balance fue negativo, es decir, se emitieron más toneladas de CO<sub>2</sub> que derechos de emisión había asignados. Esta tendencia se invirtió en 2006, pasando el balance, derechos asignados menos emisiones verificadas, a ser positivo. En 2007, continúa esta tendencia alcista. En los años 2008 y 2009, el balance vuelve a ser negativo, emitiéndose 2,72 Mt de CO<sub>2</sub> más de las asignadas en 2008 y 0,64 Mt de CO<sub>2</sub> en 2009.

## Evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> por sectores en la Región de Murcia

Haciendo un estudio por sectores, el sector de generación eléctrica es el que ha incrementado más sus emisiones de CO<sub>2</sub> hasta el año 2008, debido principalmente a la puesta en fun-

cionamiento de nuevas centrales de ciclo combinado y a ampliaciones de las existentes. En el año 2009, disminuyen las emisiones de CO<sub>2</sub> en casi todos los sectores, consecuencia, en la mayoría de ellos, de la crisis económica que sufre el país.

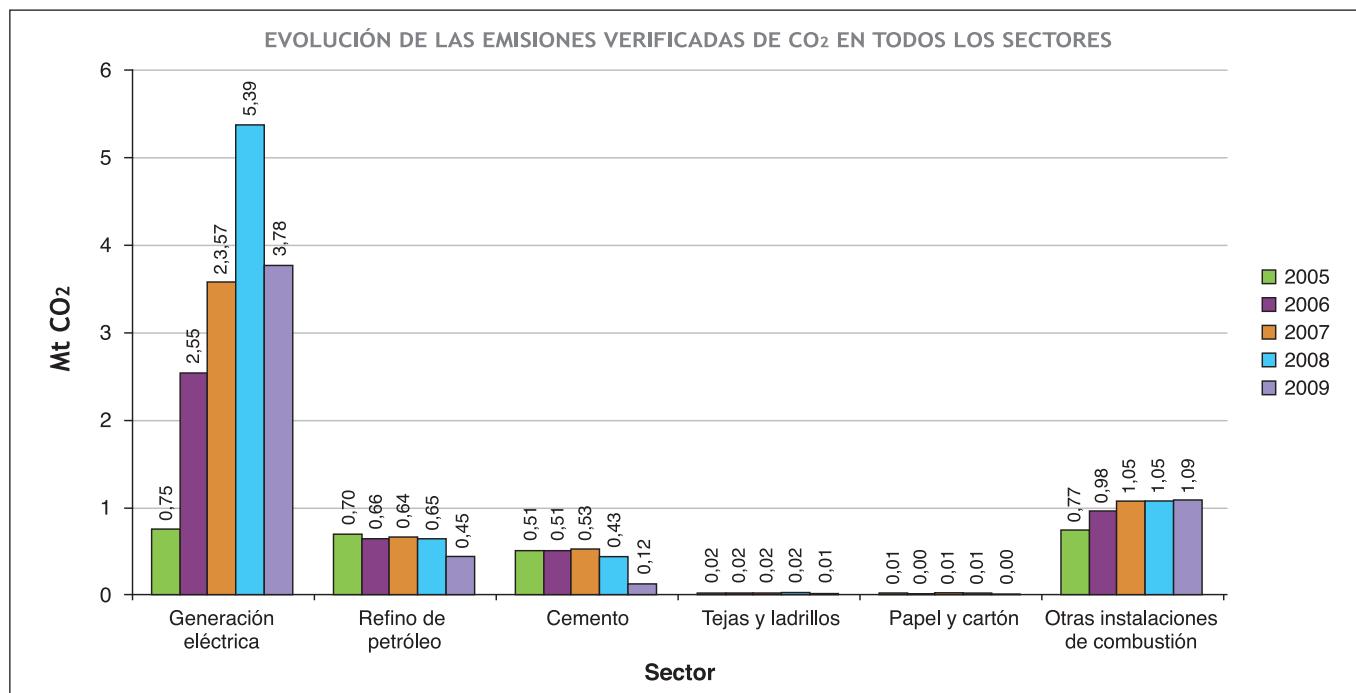


Gráfico 5. Evolución de las emisiones verificadas de CO<sub>2</sub> en todos los sectores en la Región de Murcia (millones de toneladas).

SECTOR	EMISIONES VERIFICADAS (T CO <sub>2</sub> )				
	2005	2006	2007	2008	2009
Generación eléctrica	749.397	2.549.354	3.570.718	5.386.809	3.778.109
Refino de petróleo	702.078	659.879	643.422	645.320	447.701
Cemento	508.549	513.583	526.055	425.091	121.965
Tejas y ladrillos	23.704	22.132	21.595	17.631	8.949
Otras instalaciones de combustión	773.068	984.302	1.058.872	1.055.970	1.094.395

Tabla 3. Evolución de las emisiones de GEIs en la Región de Murcia.

Gráfico 6. Grado de cumplimiento del PNA 2005-2007, años 2008 y 2009 en la Región de Murcia. Sector de generación eléctrica (millones de toneladas).

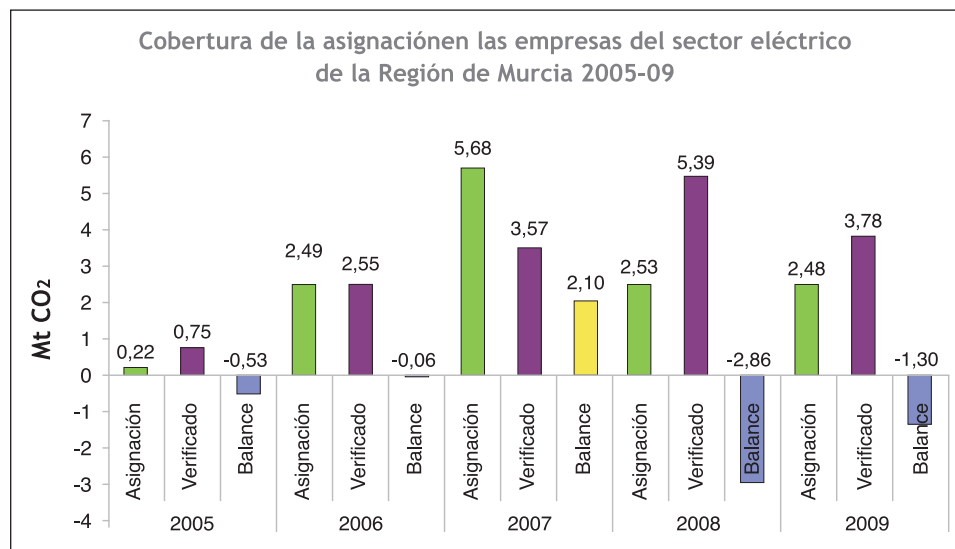
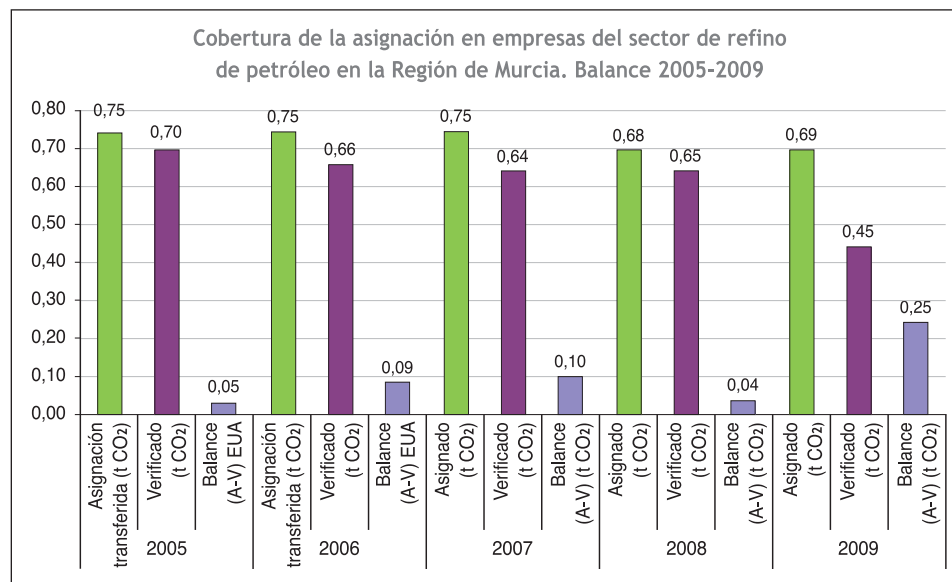


Gráfico 7. Grado de cumplimiento del PNA 2005-2007, años 2008 y 2009 en la Región de Murcia. Sector de refino de petróleo (millones de toneladas).



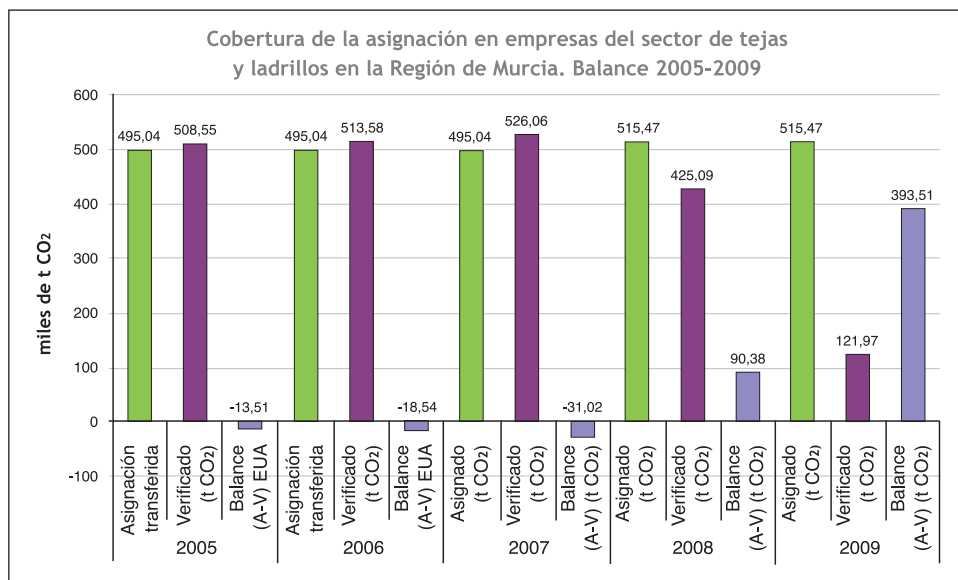


Gráfico 8. Grado de cumplimiento del PNA 2005-2007, años 2008 y 2009 en la Región de Murcia. Sector de tejas y ladrillos.

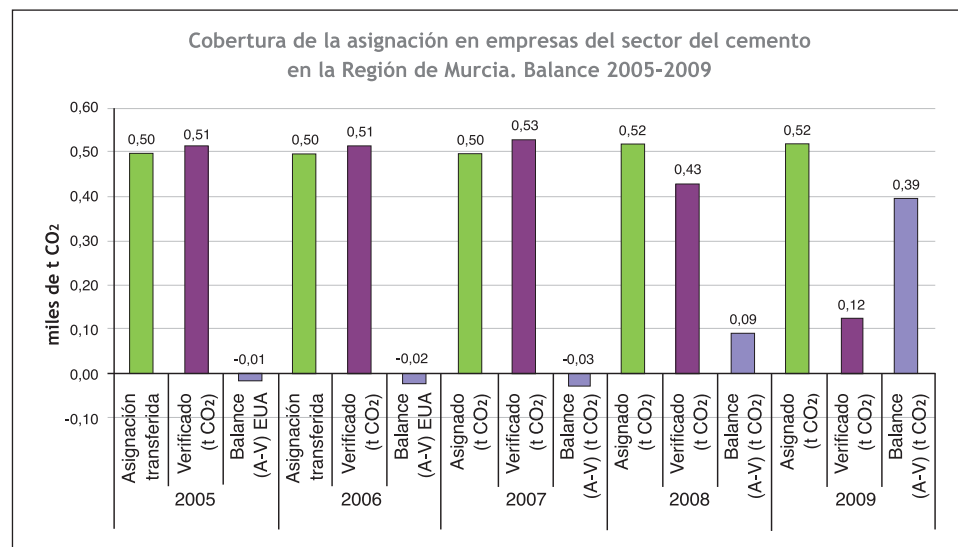


Gráfico 9. Grado de cumplimiento del PNA 2005-2007, años 2008 y 2009 en la Región de Murcia. Sector del cemento.

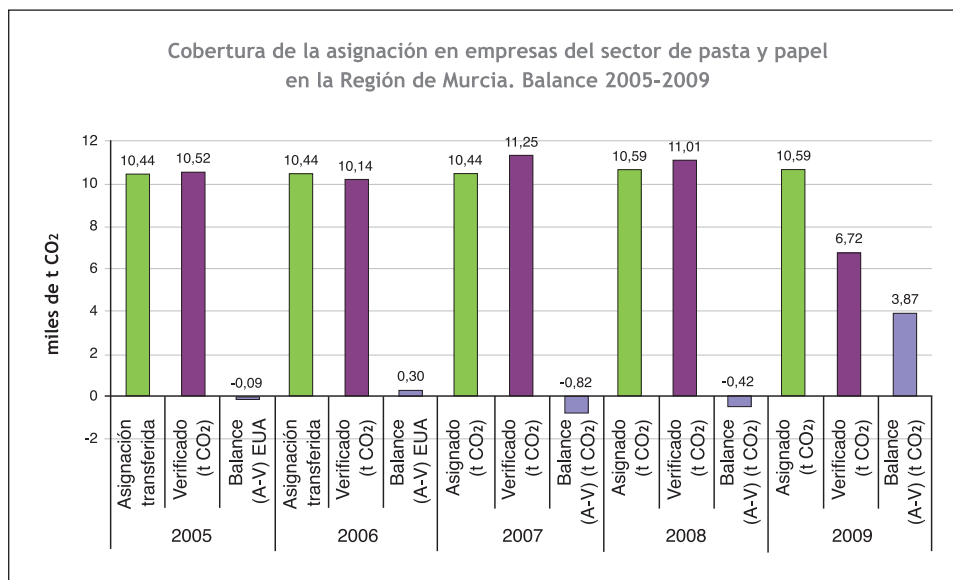


Gráfico 10. Grado de cumplimiento del PNA 2005-2007, años 2008 y 2009 en la Región de Murcia. Sector de pasta y papel.

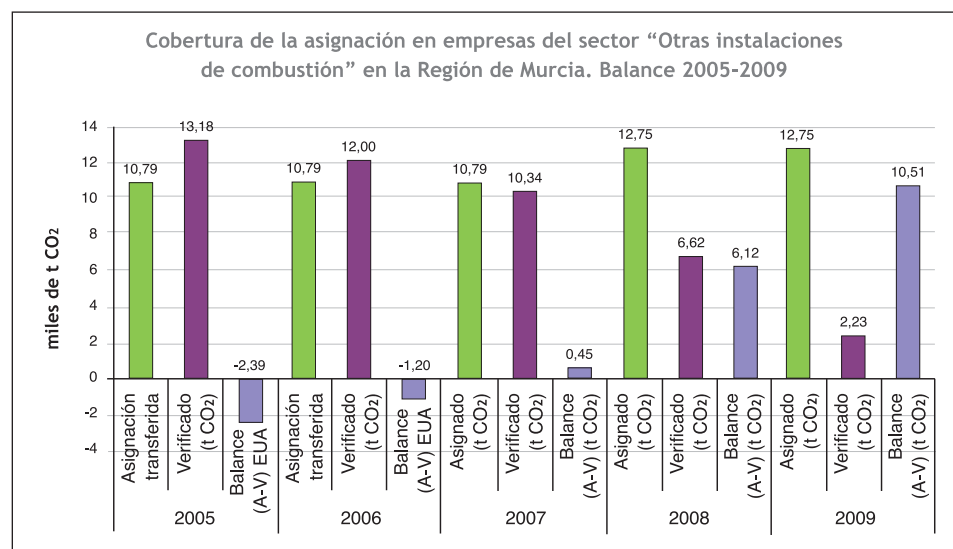


Gráfico 11. Grado de cumplimiento del PNA 2005-2007, años 2008 y 2009 en la Región de Murcia. Sector de otras instalaciones de combustión.

### Apuntes sobre el aumento de emisiones verificadas de GEIs del año 2005 al 2006

El aumento de las emisiones de GEIs del año 2005 al año 2006 se debe principalmente a los siguientes acontecimientos:

- Instalación de generación eléctrica (AES Energía Cartagena) obtuvo asignación en 2005, pero se puso en marcha en el cuarto trimestre de 2006.
- Puesta en marcha de una instalación de generación eléctrica (Gas Natural).
- Puesta en marcha de la planta de ciclo combinado de Iberdrola Generación.
- Ampliación del ámbito de aplicación de la Ley 1/2005 por el Real Decreto 5/2005.

### Apuntes sobre el aumento de emisiones verificadas de GEIs del año 2006 al 2007

El aumento de las emisiones de GEIs del año 2006 al año 2007 se debe principalmente a los siguientes acontecimientos:

- Instalación de generación eléctrica (AES Energía Cartagena) entra en funcionamiento en el cuarto trimestre de 2006, emitiendo únicamente lo correspondiente a estos meses, mientras que en 2007 funciona los 12 meses.
- Instalación de generación eléctrica (Gas Natural) entra en funcionamiento el 24 de febrero de 2006, y en 2007 funciona los 12 meses.
- La planta de cogeneración de Fudepor entra en funcionamiento el 4 de julio de 2006.

### Apuntes sobre la variación de emisiones verificadas de GEIs del año 2007 al 2009

Del año 2007 al 2009 se observa una disminución generalizada de las emisiones de CO<sub>2</sub> en todos los sectores afectados por el comercio de derechos de emisión, debida a la situación de crisis económica que está sufriendo el país.



## ANEXO II

### Orden de 19 de febrero de 2007, de la Consejería de Industria y Medio Ambiente, por la que se crea el Observatorio Regional del Cambio Climático

La Región de Murcia, al igual que otras muchas regiones del mundo, está presenciando cambios en las temperaturas medias, desplazamientos en la llegada de las estaciones y una presencia, cada vez mayor, de episodios atmosféricos anómalos. Esta tendencia va a continuar, aun cuando se reduzcan las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero más allá de los compromisos de Kyoto, ya que los mecanismos que dan lugar al clima se comportan con una gran inercia. En estas circunstancias, independientemente de continuar reduciendo las emisiones se deben crear las bases para definir políticas de adaptación a las nuevas condiciones.

Mientras que las acciones de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero requieren una respuesta conjunta y coordinada a nivel internacional y nacional, es generalmente admitido que las acciones e iniciativas de adaptación deben ser definidas e implementadas a nivel regional, pues los impactos y las vulnerabilidades son específicos de cada lugar y cada sector económico y social.

La información sobre las modificaciones concretas que se vayan produciendo en los sistemas naturales y socioeconómicos de la Región como consecuencia del cambio climático son un elemento fundamental, tanto para la elaboración de la planificación estratégica de carácter institucional como para la de empresas y actividades productivas.

Muchas de estas modificaciones pueden estar pasando sin un adecuado reflejo y estudio de las partes interesadas.

La planificación estratégica en materia de desarrollo sostenible asignada a la Secretaría Autonómica debe contemplar como un capítulo fundamental la adaptación de la Región al cambio climático.

Un aspecto complementario al anterior y de considerable importancia es la participación de los interesados, en especial empresas y sectores productivos, en la información y en el proceso de concreción de las alternativas de adaptación.

En este ámbito, el papel de la Consejería de Industria y Medio Ambiente, a través de la Secretaría Autonómica de Desarrollo Sostenible y Protección del Medio Ambiente, debe consistir en promover la generación de datos objetivos, herramientas e información relevante para determinar el alcance del cambio en cada uno de los distintos sectores y sistemas de la Región, y facilitar los procesos participativos y de información de implicados e interesados.

Sobre la base de lo expuesto se crea el Observatorio Regional del Cambio Climático, que se configura como un instrumento colectivo de potenciación de la capacidad de detección de cambios producidos, sus efectos en la economía y la sociedad regional y las oportunidades de adaptación.

Este Observatorio Regional, donde todos los actores implicados tienen cabida, nace con la intención de ser un punto de referencia que cree las bases para definir una agenda común de obtención de información y movilizar los recursos públicos y privados de generación del conocimiento sobre los impactos del cambio climático y las posibilidades de adaptación.

Esta iniciativa se enmarca dentro de la nueva política de potenciación de la participación y la ecorresponsabilidad de empresas, colectivos, instituciones y ciudadanos, para contribuir al desarrollo sostenible que se inició en noviembre de 2006 con la firma del Protocolo Marco para la Responsabilidad Ambiental. Este protocolo contempla entre sus ob-

jetivos “contribuir a la preparación para minimizar los impactos del cambio climático en la economía y la sociedad regional”.

Por todo lo anterior, a propuesta de la Secretaría Autonómica de Desarrollo Sostenible y Protección del Medio Ambiente, y en uso de las facultades que me otorga el artículo 38 de la Ley 6/2004, de 28 de diciembre, del Estatuto del Presidente y del Consejo de Gobierno de la Región de Murcia, en relación con el artículo 16 d) de la Ley 7/2004, de 28 de diciembre, de Organización y Régimen Jurídico de la Administración Pública de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia,

DISPONGO

Artículo 1. Creación del Observatorio Regional del Cambio Climático.

1. Se crea el Observatorio Regional del Cambio Climático concebido como instrumento, al servicio de la Región, que permita el conocimiento, análisis y evaluación-valoración del cambio climático y sus impactos sobre la economía y la sociedad regional, con el fin de generar información de utilidad para la planificación estratégica y para la resolución y prevención de los efectos negativos.

2. El Observatorio Regional del Cambio Climático se enmarca dentro de las funciones de planificación estratégica para el desarrollo sostenible que corresponden a la Consejería de Industria y Medio Ambiente a través de la Secretaría Autonómica de Desarrollo Sostenible y Protección del Medio Ambiente.

Artículo 2. Objetivos.

Los objetivos del Observatorio Regional del Cambio Climático son los siguientes:

1. Impulsar la creación de un sistema de información que permita la evaluación de la situación y su evolución, la difusión de los datos, las experiencias y el asesoramiento en la materia para las posibles actuaciones.
2. Creación de una red de observadores científicos, sectores empresariales afectados, instituciones responsables y ciudadanos, a nivel regional, que permita desde la colaboración en red poder construir y mantener una plataforma del conocimiento sobre el cambio climático, sus consecuencias y posibilidades de adaptación.
3. Estudio sistemático de los cambios que se experimenten en el desarrollo de las actividades productivas y los servicios.
4. Actuar como órgano permanente de recogida y análisis de la información de diferentes fuentes nacionales e internacionales, así como de la Región, promoviendo la investigación sobre los procesos de cambio y las medidas de adecuación.
5. Proponer, a partir de los datos recogidos, soluciones concretas y susceptibles de aplicación.

Artículo 3. Instrumentos de gestión.

1. El Observatorio Regional para el Cambio Climático será gestionado a través de la Comisión de Trabajo de Expertos sobre el Cambio Climático, que le dará soporte técnico.
2. La Comisión de Trabajo de Expertos sobre el Cambio Climático estará formada por expertos y especialistas de reconocido prestigio en la materia, designados por el Consejero de Industria y Medio Ambiente a propuesta de la Secretaría Autonómica de Desarrollo Sostenible y Protección del Medio Ambiente.

Artículo 4. Funciones de la Comisión de Trabajo de Expertos sobre el Cambio Climático.

La Comisión de Expertos tendrá las siguientes funciones:

1. Asesorar, proponer la realización de estudios e investi-

gaciones, analizar la información obtenida para conocer la situación de los diferentes sectores y actividades en relación con el cambio climático y proponer medidas de actuación.

2. Proponer el desarrollo de proyectos y actividades que contribuyan a la generación de conocimiento para la adaptación.
3. Propiciar la difusión de información.
4. Impulsar la identificación y relación de los principales actores, institucionales, económicos y sociales implicados.
5. Impulsar la creación de una red de observadores científicos, sectores empresariales afectados, instituciones responsables y organizaciones interesadas, a nivel regional, que permita desde la colaboración en red poner las bases para poder construir y mantener una plataforma del conocimiento sobre el cambio climático, sus consecuencias y posibilidades de adaptación.

Artículo 5. Coordinación desde la Secretaría Autonómica de Desarrollo Sostenible y Protección del Medio Ambiente.

El impulso y coordinación de la Comisión de Trabajo de Expertos sobre el Cambio Climático estará a cargo de un funcionario de la Consejería de Industria y Medio Ambiente designado por el consejero.

#### DISPOSICIÓN ADICIONAL

La Secretaría Autonómica de Desarrollo Sostenible y Protección del Medio Ambiente prestará el soporte administrativo necesario para el funcionamiento del Observatorio Regional del Cambio Climático.

#### DISPOSICIONES FINALES

Primera. Se faculta a la Secretaría Autonómica de Desarrollo Sostenible y Protección del Medio Ambiente para llevar

a cabo cuantas actuaciones sean necesarias para la ejecución y aplicación de esta Orden.

Segunda. La presente Orden entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el Boletín Oficial de la Región de Murcia.

Murcia a 19 de febrero de 2007.— El consejero de Industria y Medio Ambiente, Benito Javier Mercader León.