



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

MINISTERIO
DE AGRICULTURA,
ALIMENTACIÓN Y
MEDIO AMBIENTE

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

INFORME TÉCNICO

para

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente

Secretaría de Estado de Medio Ambiente

Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural

ENCOMIENDA DE GESTIÓN DE TRABAJOS DE ASISTENCIA TÉCNICA, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO EN MATERIAS COMPETENCIA DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL (2009-2013)

Actuación nº 4

LA BIODIVERSIDAD EN LA EVALUACIÓN AMBIENTAL DE INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

**INFORME A4-T117
TOMO ÚNICO**

Clave CEDEX: 51-309-5-001

Madrid, febrero de 2013

Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas

LA BIODIVERSIDAD EN LA EVALUACIÓN AMBIENTAL DE INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

ÍNDICE

1	RESUMEN EJECUTIVO	1
2	INTRODUCCIÓN	2
3	LA EVALUACIÓN AMBIENTAL DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES DE TRANSPORTE ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO.....	3
3.1	LOS IMPACTOS DE LAS INFRAESTRUCTURAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO.....	4
3.2	LOS IMPACTOS DE LAS INFRAESTRUCTURAS SOBRE OTROS ELEMENTOS DEL MEDIO EN UN CONTEXTO DE CAMBIO CLIMÁTICO.....	4
3.2.1	<i>Indicadores de impacto sobre la biodiversidad como ayuda a la evaluación ambiental de planes y proyectos de infraestructuras en un contexto de cambio climático.....</i>	<i>5</i>
3.2.2	<i>La consideración de las especies en la evaluación ambiental</i>	<i>8</i>
3.2.3	<i>La consideración de los corredores de fauna y espacios naturales protegidos en la evaluación ambiental</i>	<i>18</i>
3.2.4	<i>La valoración de las alternativas.....</i>	<i>20</i>
3.2.5	<i>La propuesta de medidas correctoras para facilitar los cambios en la distribución de los organismos</i>	<i>21</i>
3.2.6	<i>El seguimiento de los efectos sobre el medio ambiente</i>	<i>25</i>
3.3	LA ADAPTACIÓN DEL DISEÑO DE LAS INFRAESTRUCTURAS AL CAMBIO CLIMÁTICO EN RELACIÓN CON LAS MEDIDAS SOBRE LA BIODIVERSIDAD	27
4	BIBLIOGRAFÍA	27

1 RESUMEN EJECUTIVO

Se examina el modo de abordar en la evaluación ambiental los efectos de las infraestructuras de transporte sobre la biodiversidad en el contexto del cambio climático.

Tanto la Ley 9/2006 como el Real Decreto Legislativo 1/2008 recogen expresamente a *los factores climáticos* entre aquellos que siempre deben evaluarse en los informes de sostenibilidad en el caso de la evaluación ambiental de planes y programas como en los estudios de impacto ambiental de proyectos. Actualmente hay un amplio consenso sobre la consideración del cambio climático como uno de los aspectos ambientales más importantes a incluir en la evaluación ambiental de planes y proyectos.

Si examinamos los impactos de las infraestructuras sobre el cambio climático, en el contexto de la evaluación ambiental de las infraestructuras de transporte es conveniente estimar las emisiones de GEI asociadas a los distintos tipos de transporte.

Por otra parte es también necesaria la reflexión a cerca de los impactos de las infraestructuras sobre la biodiversidad en el contexto del cambio climático. Dada las características, principalmente de escala espacial, disponibles actualmente, por su naturaleza estratégica, la evaluación de planes y programas constituye el marco adecuado para valorar los efectos de las infraestructuras de transporte sobre la biodiversidad en el contexto del cambio climático.

Con este motivo se propone como objetivo estratégico el desarrollo de un modelo de infraestructuras sostenibles, acorde con los escenarios de cambio climático, y a partir de éste se desgranar una serie de objetivos operacionales utilizando como base las Líneas de actuación del Plan Nacional de Adaptación en Biodiversidad, contenidas en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Los indicadores de impacto deberán ajustarse a las características concretas de las infraestructuras sometidas a evaluación ambiental y de los medios afectados.

Se proponen fuentes bibliográficas que permiten considerar las especies en la evaluación ambiental, principalmente para ayudar a determinar las afecciones sobre su distribución territorial. Igualmente, se trata sobre la consideración de los corredores de fauna y los espacios naturales protegidos en los estudios de impacto ambiental, ya que la evaluación ambiental debe valorar en qué medida determinado trazado puede intersectar con espacios importantes en el futuro para la pervivencia de las poblaciones, u obstaculizar las vías más probables que podrían utilizar para desplazarse hacia nuevos espacios climáticos.

También se consideran los aspectos de propuesta de medidas correctoras y seguimiento ambiental de las infraestructuras, tan características de los procedimientos de evaluación ambiental. Entre las medidas correctoras se consideran aquellas que mejoran la permeabilidad de las infraestructuras y otras actuaciones menos comunes como la traslocación de ejemplares, esta última como medida de gestión directa de las especies frente al cambio climático. En cuanto al seguimiento ambiental, se hace hincapié en la valoración de los plazos dentro de las exigencias que añade la consideración del cambio climático a la hora de la planificación del seguimiento.

Finalmente, se menciona la adaptación del diseño de las infraestructuras al cambio climático en relación con las medidas sobre la biodiversidad, que se encuentra tratado en el informe técnico del CEDEX (2011) sobre *La consideración del cambio climático en la evaluación ambiental de*



CEDEX

planes y programas – Aplicación al caso de planes y programas de infraestructuras de transporte.

2 INTRODUCCIÓN

El presente informe se enmarca en el desarrollo de una línea de estudio, desde una perspectiva de adaptación de las infraestructuras lineales de transporte a los efectos del cambio climático. Particularmente se analizará el modo de considerar las implicaciones y posibles métodos para incluir estas valoraciones en los procedimientos de evaluación ambiental de las infraestructuras lineales de transporte.

Este estudio se enmarca en el Acuerdo para la Encomienda de Gestión suscrito por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural, DGCEAMN) y el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), que lleva por título Trabajos de asistencia técnica, investigación y desarrollo tecnológico en materias competencia de la Dirección General (2009-2013). En la Encomienda de Gestión se incluye la Actuación nº 4 Asistencia Técnica, investigación y desarrollo tecnológico en materia de evaluación ambiental estratégica (EAE) (clave de actuación 51-309-5-001).

Entre los trabajos desarrollados dentro de esta Actuación nº 4, la DGCEAMN ha encargado al CEDEX abrir una línea de análisis sobre la consideración del cambio climático en la evaluación ambiental de diferentes sectores de infraestructuras. Dentro de esta línea de trabajo, en noviembre de 2011 se entregó el informe titulado “La consideración del cambio climático en la evaluación ambiental de planes y programas – Aplicación al caso de planes y programas de infraestructuras de transporte”. Como consecuencia de este estudio, desde la DGCEAMN se ha requerido continuar estos análisis con una reflexión acerca de cómo incluir en la evaluación ambiental los efectos del cambio climático sobre las relaciones entre las infraestructuras y la biodiversidad.

Con este motivo se ha formado un grupo de trabajo constituido por personal del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural, y Oficina Española de Cambio Climático), del Ministerio de Fomento y del CEDEX, para la definición del alcance del presente informe y la reflexión conjunta desde diferentes perspectivas.



3 LA EVALUACIÓN AMBIENTAL DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES DE TRANSPORTE ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

La aplicación de la Ley 9/2006 sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente a los planes y programas de infraestructuras de transporte -y, de manera más general, de los principios que inspiran a la Directiva 2001/42/EC- representa una oportunidad clave para la estrategia climática en España. Conviene tener presente que el transporte representa, junto con la generación de energía, cerca de la mitad de las emisiones de CO_{2eq} generadas en España. Además, las previsiones existentes en el sector del transporte a nivel mundial nos remiten a un fuerte incremento de las emisiones del transporte, sobre todo el transporte por carretera y del tráfico aéreo.

La Ley 9/2006 recoge, con cierto nivel de detalle, las actuaciones que conforman el proceso de evaluación ambiental estratégica, entre las que se incluye la elaboración de un informe de sostenibilidad ambiental (ISA) y su consideración -junto con el resultado de las consultas y de la memoria ambiental -en la toma de decisiones. En el ISA, el órgano promotor deberá identificar, describir y evaluar los probables efectos significativos sobre el medio ambiente que puedan derivarse de la aplicación del plan o programa, así como unas alternativas razonables, técnica y ambientalmente viables, incluida entre otras la alternativa cero, que tengan en cuenta los objetivos y el ámbito territorial de aplicación del plan o programa. Entre los probables efectos (comprendidos los efectos secundarios acumulativos, sinérgicos, a corto, medio y largo plazo, permanentes o temporales, positivos y negativos) significativos en el medio ambiente, el promotor debe incluir *"aspectos como la biodiversidad, la población, la salud humana, la fauna, la flora, la tierra, el agua, el aire, los factores climáticos, los bienes materiales, el patrimonio cultural, incluido el patrimonio arquitectónico, el paisaje y la interrelación entre estos factores"*. Aunque las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) no se mencionan explícitamente, parece clara la necesidad de considerarlas en el ISA, al citar el texto de la Ley a "los factores climáticos" y a "la interrelación entre estos factores". De acuerdo con el punto de vista de una mayoría de científicos, en la actualidad parece imposible concebir un desarrollo sostenible sin actuar sobre las causas del calentamiento global y descartando el cambio climático como uno más de los aspectos ambientales a considerar.

También el Real Decreto Legislativo 1/2008 por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, determina el contenido mínimo del estudio de impacto ambiental de un proyecto. Entre otros contenidos, debe considerarse la *Evaluación de los efectos previsibles directos o indirectos del proyecto sobre la población, la flora, la fauna, el suelo, el aire, el agua, los factores climáticos, el paisaje y los bienes materiales, incluido el patrimonio histórico artístico y el arqueológico. Asimismo, se atenderá a la interacción entre todos estos factores.*

De hecho, en su última propuesta de revisión de la Directiva 2011/92/UE sobre evaluación de los efectos de ciertos proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente, la Comisión Europea ya establece explícitamente que la evaluación de impacto ambiental debe identificar, describir y evaluar, de forma adecuada, los efectos significativos directos e indirectos de un proyecto sobre el cambio climático.



CEDEX

3.1 LOS IMPACTOS DE LAS INFRAESTRUCTURAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO

En el contexto de la evaluación ambiental de las infraestructuras de transporte, es conveniente estimar las emisiones de GEI asociadas a los distintos tipos de transporte, centrandó el esfuerzo en las emisiones de GEI asociadas al uso, por ser éstas por lo general ampliamente superiores a las que se producen durante la construcción y mantenimiento de las mismas.

Deberán utilizarse las herramientas y metodologías existentes con el fin de:

- evaluar las emisiones de CO₂,
- valorar alternativas, y
- proponer y valorar medidas compensatorias de la destrucción de sumideros de carbono (masa forestal principalmente) en la fase de construcción y de las emisiones en las fases de construcción y explotación.

No obstante, cuando la evaluación ambiental se dirija a los proyectos, podrían discriminarse las acciones susceptibles de influir en el cambio climático en la fase de construcción, como pueden ser el desbroce y eliminación de vegetación, la gestión de residuos, el empleo de maquinaria o la adquisición de materiales, de aquellas otras acciones susceptibles de influir en el cambio climático en la fase de explotación, y que serán principalmente la circulación de vehículos en carreteras y de trenes en líneas ferroviarias, y muy especialmente las emisiones derivadas del consumo de la energía necesaria para mover esos vehículos, sean combustibles fósiles en los vehículos o producción de energía eléctrica en trenes.

3.2 LOS IMPACTOS DE LAS INFRAESTRUCTURAS SOBRE OTROS ELEMENTOS DEL MEDIO EN UN CONTEXTO DE CAMBIO CLIMÁTICO

En el comienzo de este apartado 3 se han recordado los contenidos mínimos que deben recoger un Informe de Sostenibilidad Ambiental de un plan o programa y un Estudio de Impacto Ambiental de un proyecto. En el subapartado anterior se han tratado los posibles aspectos que pueden considerarse en relación a los factores climáticos, más específicamente al cambio climático. En este subapartado trataremos los impactos de las infraestructuras sobre la biodiversidad.

Una primera reflexión en este subapartado se refiere a las posibilidades efectivas para la consideración de los impactos de las infraestructuras sobre la biodiversidad en el contexto de cambio climático, tanto en la evaluación ambiental de planes y programas como en la evaluación de impacto ambiental de proyectos. Estas diferencias estriban en cuestiones de escala de la información disponible.

Así, a la escala de proyecto, la definición y elección de alternativas, la propuesta y diseño de medidas correctoras, etc., precisa de un grado de definición elevado. Simplemente en cuestión de pocas decenas de metros una carretera o una línea de ferrocarril puede afectar a un espacio de la Red Natura 2000 o dejar de hacerlo, cambiando la consideración ambiental de la misma infraestructura y de sus medidas correctoras. Sin embargo las escalas de los datos de partida de la información biológica a escala peninsular o de las proyecciones cartográficas del cambio climático son mucho mayores, por lo que difícilmente pueden utilizarse para la evaluación ambiental de un proyecto.

Por tanto, dada su naturaleza estratégica, la evaluación de planes y programas constituye el marco adecuado para valorar los efectos de las infraestructuras de transporte sobre la biodiversidad en el contexto del cambio climático.

3.2.1 Indicadores de impacto sobre la biodiversidad como ayuda a la evaluación ambiental de planes y proyectos de infraestructuras en un contexto de cambio climático

El uso de indicadores en la evaluación ambiental es el procedimiento más aplicado para caracterizar la situación de base y medir las consecuencias de proyectos, planes y programas. Los indicadores proporcionan los baremos de medida para establecer la situación actual del sistema ambiental y evaluar el progreso hacia los objetivos ambientales. Además, la situación de base facilita la definición de un escenario futuro asumiendo una alternativa de no intervención. Son útiles en diferentes fases de la evaluación ambiental, como la valoración de las alternativas, la evaluación de los impactos o el seguimiento ambiental (Calderón 2007).

Existen numerosos indicadores que nos permiten considerar la biodiversidad o el cambio climático en la evaluación ambiental de infraestructuras, sin embargo los que aquí se apuntan tienen como objetivo analizar conjuntamente el cambio climático y la biodiversidad en la evaluación ambiental de las infraestructuras. No se trata por tanto de establecer, por ejemplo, la huella de carbono por un lado y por otro de evaluar los cambios en los índices de diversidad de las comunidades afectadas por las infraestructuras. El objetivo es la definición de indicadores de impactos sobre la biodiversidad en un contexto de cambio climático.

Los objetivos ambientales en cualquier proyecto o plan de infraestructuras se utilizan para definir el estado que deseamos alcanzar o al menos no sobrepasar en determinados aspectos relevantes de la planificación, ejecución o explotación de dichas infraestructuras. Los objetivos concretos de cualquier evaluación ambiental deben tomar en consideración las metas de protección ambiental establecidas tanto a nivel internacional como nacional y que sean relevantes en el contexto de la planificación (Calderón 2007). Por este motivo extraemos las Líneas de actuación del Plan Nacional de Adaptación en Biodiversidad contenidas en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, que pueden constituir esos objetivos estratégicos de un plan de infraestructuras o simplemente objetivos ambientales de un proyecto.

A partir de estos objetivos estratégicos se definen otros de carácter operacional que expresan los niveles deseados o los valores a alcanzar en una escala temporal dada, los cuales se expresan mediante indicadores. Un objetivo puede representarse mediante uno o más indicadores. Los indicadores deben de ser cuantitativos, de modo que puedan ser estimados y comparables. El conjunto de indicadores proporciona una descripción global de las condiciones del sistema a evaluar.

Más centrados en el seguimiento ambiental de los planes y proyectos, debemos conocer las situaciones actual (que proporciona una situación de referencia) y futura para extrapolar y controlar los efectos ambientales y para identificar los problemas. Estos problemas se producen a causa de las discrepancias entre los objetivos ambientales concretos y la situación actual o proyectada, tal y como lo muestran los indicadores. Los problemas pueden describirse con carácter relativo en términos de desviaciones no favorables de la situación de base o, en términos absolutos, comparando los valores futuros proyectados con los objetivos predefinidos.

En nuestra reflexión, por la dimensión temporal peculiar que introduce la consideración del cambio climático, es fundamental la consideración de horizontes temporales más amplios a los



CEDEX

que habitualmente se emplean. Por ejemplo alrededor de tres años tras el inicio de la explotación de la infraestructura en los proyectos, o también por ejemplo cinco en la evaluación ambiental de planes y programas, frecuentemente con la consideración de ampliar los plazos de seguimiento cuando los problemas ambientales lo aconsejen.

La determinación de la situación de base, el análisis de problemas, la evaluación de los impactos de las alternativas y el seguimiento ambiental requieren, todos ellos, una especificación temporal. Tal especificación supone el establecimiento de un año base y la definición de un horizonte temporal. En coherencia con la metodología que supone la consideración del cambio climático, es conveniente incluir unos años-objetivo en la evaluación. Los horizontes a corto y medio plazo se fijan normalmente en un rango de 5 a 20 años (Calderón 2007).

3.2.1.1 *El objetivo estratégico*

En la evaluación ambiental de las infraestructuras, en relación con los impactos sobre la biodiversidad en un contexto de cambio climático, se podría establecer, como objetivo estratégico, el desarrollo de un modelo de infraestructuras sostenibles, acorde con los escenarios de cambio climático.

3.2.1.2 *Los objetivos operacionales*

Los objetivos operacionales que se proponen, adoptados a partir de las Líneas de actuación del Plan Nacional de Adaptación en Biodiversidad, contenidas en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (y que a su vez proceden de los compromisos adquiridos al amparo de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático), podrían ser los siguientes:

- 1) Valoración del impacto de las infraestructuras sobre los bienes y servicios que proporcionan los ecosistemas en los escenarios de cambio climático.
- 2) Evaluación de la vulnerabilidad de los hábitats y taxones afectados por las infraestructuras en un contexto de cambio climático.
- 3) Evaluación de la conectividad entre las redes de espacios naturales protegidos (incluida la Red Natura 2000) y las "áreas de reserva" destinadas a reducir el impacto asociado al cambio climático, etc. en territorios afectados por infraestructuras.
- 4) Estimación de las respuestas de las especies y comunidades, basadas en modelos de conectividad del territorio, en las proyecciones de los modelos regionales del clima.
- 5) Evaluación de la eficacia de las medidas protectoras, correctoras y compensatorias destinadas a la conservación de la biodiversidad en los hábitats afectados por las infraestructuras, como respuesta a potenciales impactos del cambio climático.
- 6) Evaluación de las medidas compensatorias de los planes y proyectos de infraestructuras, destinadas a potenciar los sumideros de carbono y su efecto (positivo o negativo) sobre la biodiversidad.
- 7) Incorporación del cambio climático como variable a considerar en los proyectos de restauración en planes y proyectos.
- 8) Promoción de la existencia de la mayor variabilidad genética posible en los ecosistemas afectados directa o indirectamente por las infraestructuras, como base de la capacidad adaptativa ante el cambio climático.
- 9) Consolidación de redes de seguimiento ecológico a largo plazo en los ecosistemas afectados por las infraestructuras, e integración de los datos para detectar los efectos del cambio climático.

- 10) Caracterización del sistema de indicadores biológicos de los impactos de las infraestructuras en los escenarios de cambio climático, y definición de un sistema de seguimiento y alerta.
- 11) Evaluación de los efectos de las infraestructuras sobre especies invasoras en los escenarios de cambio climático.

3.2.1.3 Los indicadores de impacto

Estos objetivos operacionales pueden desgranarse en sus correspondientes indicadores de impacto. Los indicadores son muy específicos del tipo de hábitats, especies, infraestructuras, etc. que se evalúan. A continuación se ofrecen algunos objetivos e indicadores tomados de trabajos realizados con anterioridad, y que deben estar orientados a la valoración de los impactos sobre la biodiversidad en los diferentes escenarios de cambio climático. No necesariamente tienen que adoptarse los valores calculados ni todos los indicadores citados en estos trabajos, pero pueden orientar para la elaboración de los propios.

Por ejemplo, el primer objetivo, “Valoración del impacto de las infraestructuras sobre los bienes y servicios que proporcionan los ecosistemas en los escenarios de cambio climático”, podría medirse a partir de los bienes y servicios que caracterizan a los ecosistemas afectados directa e indirectamente por las infraestructuras, de modo que pudiera estimarse la evolución previsible de esos bienes y servicios en sucesivos escenarios climáticos. En la figura 1, se muestra el caso de los bienes y servicios forestales. Igualmente podrían plantearse los bienes y servicios para otros ecosistemas, como tierras de uso agrícola, humedales, áreas de montaña, pastizales, etc. desarrollados ampliamente en la bibliografía.

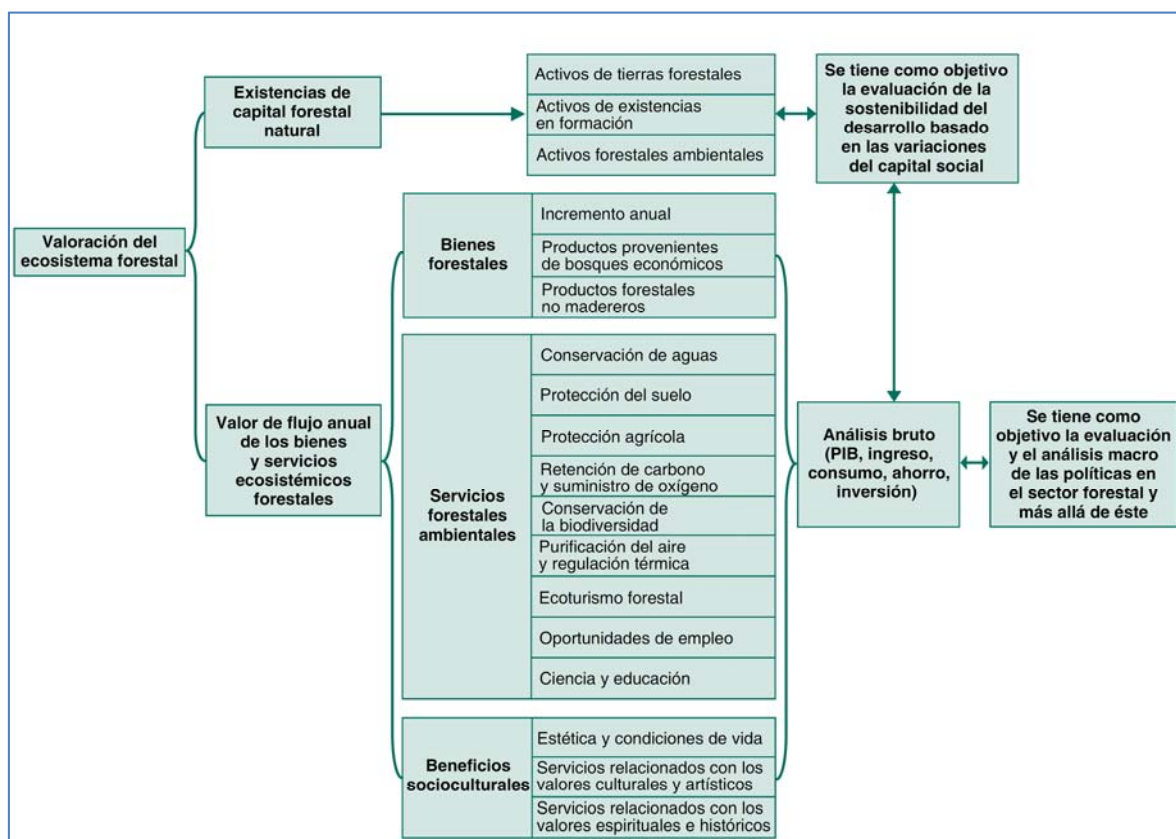


Figura 1.- Marco de valoración de los servicios ecosistémicos forestales y del capital natural (Wu *et al.* 2010).



CEDEX

En el segundo objetivo, “Evaluación de la vulnerabilidad de los hábitats y taxones afectados por las infraestructuras en un contexto de cambio climático” Abellán *et al.* 2005. proponen una serie de indicadores de la vulnerabilidad de especies de insectos. Estos indicadores son: distribución general, endemismo, rareza de los taxones, persistencia, rareza del hábitat y pérdida del hábitat.

Siguiendo con este segundo objetivo, Cirujano *et al.* 1992, proponen unos criterios botánicos para valorar la vulnerabilidad de plantas acuáticas (a partir de índices de frecuencia nacional y europea, y de conservación) y asimismo de lagunas y humedales españoles (a partir de índices florísticos y de diversidad).

El desarrollo de los indicadores es, por tanto, muy extenso y debe ajustarse su selección a cada caso. No obstante, dada la complejidad de la biodiversidad, multiplicada por la perspectiva que añade el cambio climático, no hay una respuesta fácil sobre la forma de ilustrar la situación, los cambios y las tendencias en los componentes seleccionados de la diversidad biológica, incluida la pérdida de la biodiversidad. Los indicadores individuales ofrecen perspectivas muy concretas sobre los cambios en los componentes de la diversidad biológica a nivel de ecosistemas, especies y genes. Muy pocos indicadores están disponibles con una buena cobertura a nivel europeo para evaluar estas tendencias (EEA 2012).

Es recomendable tomar como punto de partida los indicadores recogidos en el Informe técnico de la Agencia Europea de Medio Ambiente No 11/2012 titulado “Streamlining European biodiversity indicators 2020: Building a future on lessons learnt from the SEBI 2010 process” (EEA 2012). Los indicadores ofrecidos en este documento ya han sido filtrados por comités científicos en orden a responder a las exigencias de diferentes Directivas, como por ejemplo, la Directiva marco sobre la estrategia marina (Directiva 2008/56/CE), o también el Marco Común de Seguimiento de los Planes de Desarrollo Rural (Reglamento CE nº 1698/2005). Será un trabajo relevante de cara a la evaluación ambiental la puesta a punto para la aplicación de estos indicadores en la evaluación ambiental de infraestructuras en un contexto del cambio climático.

3.2.2 La consideración de las especies en la evaluación ambiental

El cambio climático es una poderosa fuerza impulsora de migración y extinción (Jackson y Sax 2009). En este punto resulta oportuna la referencia al informe *Efectos del cambio climático sobre las interacciones entre las infraestructuras de transporte y la biodiversidad* (CEDEX 2012) en el que se muestra cómo las áreas de distribución de las especies y, en general, la dinámica ecológica, ya están respondiendo a las recientes variaciones del clima. Por tanto, las áreas protegidas actualmente no podrán mantener todas las especies por las que fueron designadas para su protección (Heller y Zavaleta 2009).

La evaluación ambiental de las infraestructuras de transporte debería tener en cuenta, en la medida que lo permita la información disponible, estos posibles cambios de ubicación de las especies, principalmente en la medida que los nuevos trazados intersecten los corredores de fauna o sus sucesivos nuevos espacios climáticos.

Se puede abordar este objetivo a partir del extenso trabajo titulado “Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la biodiversidad española”, editado en 2011 por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. En este estudio se realizan proyecciones, por efecto del cambio climático, de las áreas de distribución potencial de la flora amenazada y las

especies forestales de la España peninsular (tomo 1, Felicísimo *et al.* 2011), así como de la fauna de vertebrados (tomo 2, Araújo *et al.* 2011). A partir de los datos biológicos y climáticos más recientes así como de los escenarios de cambio climático, se han realizado proyecciones de las áreas de distribución con diferentes horizontes temporales. Este estudio analiza la distribución territorial observada en 145 especies y subespecies vegetales y, en cuanto a especies animales, 27 de anfibios, 33 de reptiles, 61 de mamíferos y 171 de aves, en total 292 especies de vertebrados de España. Este elevado número de taxones se considera representativo de la flora y fauna españolas.

La distribución territorial del conjunto de especies estudiadas se relaciona con un conjunto de datos representativos de las condiciones climáticas recientes. Estos modelos delimitan el “nicho climático” propio para cada especie, acotando los factores climáticos limitantes que determinan su distribución territorial. Una vez definido el nicho climático de una especie mediante funciones estadísticas, éstas pueden ser aplicadas a diversos escenarios futuros de cambio climático, y proyectar así la futura variación del área de distribución de la especie.

En <http://158.49.96.156:6969/tracker/> se puede acceder a la descarga masiva de los mapas climáticos de España así como de flora y vegetación de España.

En http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/lib_imp_cc_flora_tcm7-176082.pdf se puede acceder al documento completo en pdf.

Para los datos y mapas de la fauna se accede en http://www.ibiochange.mncn.csic.es/atlascc/?page_id=39.

En http://www.ibiochange.mncn.csic.es/atlascc/wp-content/uploads/2011/10/Atlas_cc_espana_fauna_Araujo_et_al.pdf se puede acceder al documento completo en pdf.

En la figuras 2a y 2b se reproduce la ficha de una de las escasas especies vegetales que podrían ver ampliada su área de distribución potencial, en este caso *Allium pardoii*, un ajo silvestre, y en las figuras 3a y 3b una especie cuya área de distribución potencial mermaría, el Pino silvestre, *Pinus sylvestris*. Igualmente en el caso de la fauna, se extraen del estudio dos especies; en las figuras 4a y 4b se muestra la ficha del camaleón (*Chamaleo chamaleon*) que previsiblemente verá acrecentada su área potencial de distribución, y en la 5a y 5b la del oso pardo (*Ursus arctos*), que la verá disminuir.

La cartografía de una parte de las especies vegetales viene referenciada a la cuadrícula UTM de 1 km y otra parte por el Mapa Forestal de España a escala 1:200.000. Las especies de fauna vertebrada vienen referenciadas a la cuadrícula UTM de 10x10 km procedente de las bases de datos del Inventario Nacional de Biodiversidad del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.



CEDEX

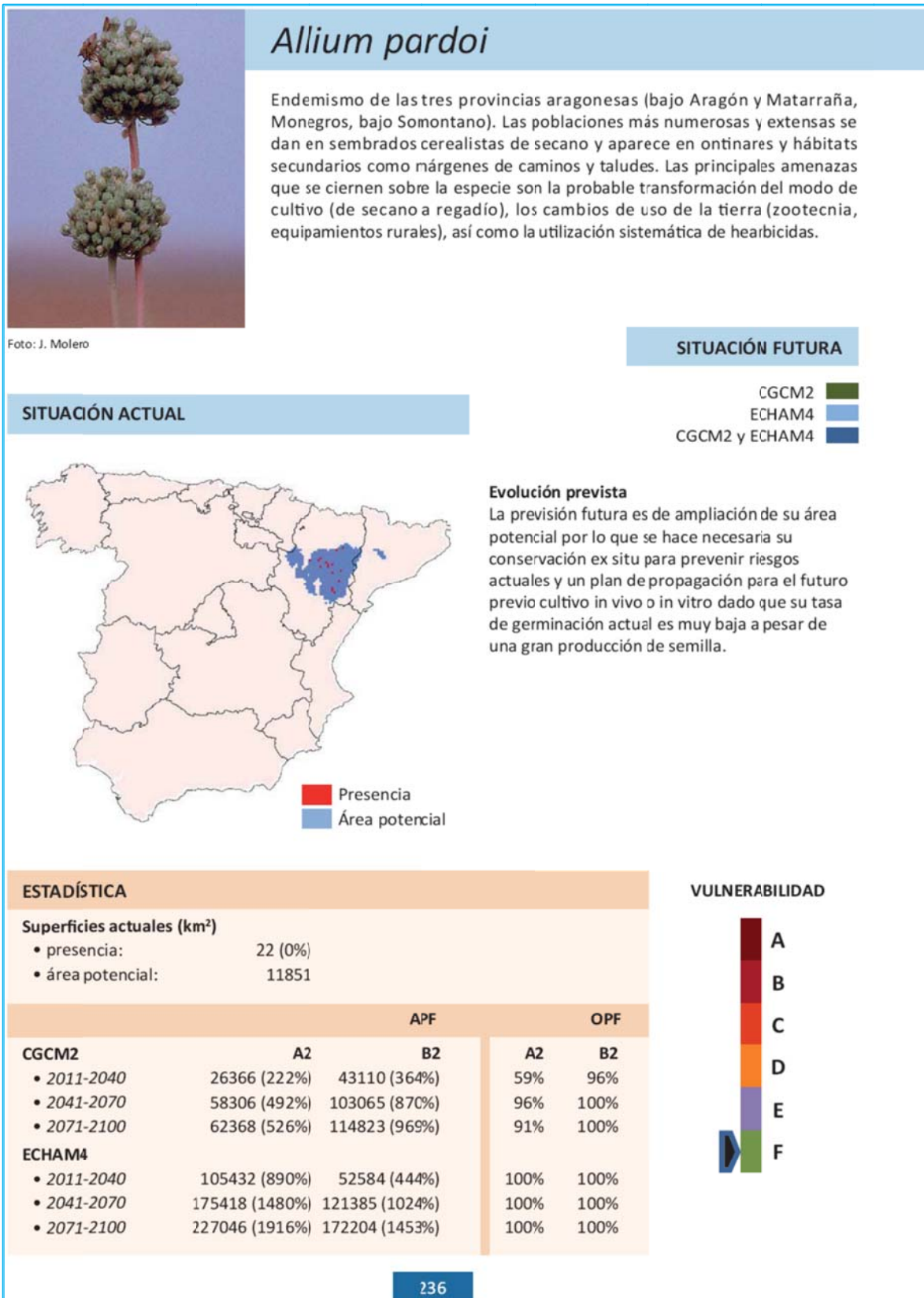


Figura 2a.- Primera parte de la ficha correspondiente a la especie de ajo silvestre *Allium pardoi*. Se puede ver cómo, a causa del uso agrícola del territorio, su presencia actual es muy inferior y se encuentra muy fragmentada respecto al nicho climático (área de distribución potencial actual), lo cual ya representa una amenaza para su pervivencia (previamente a los posibles efectos del cambio climático).

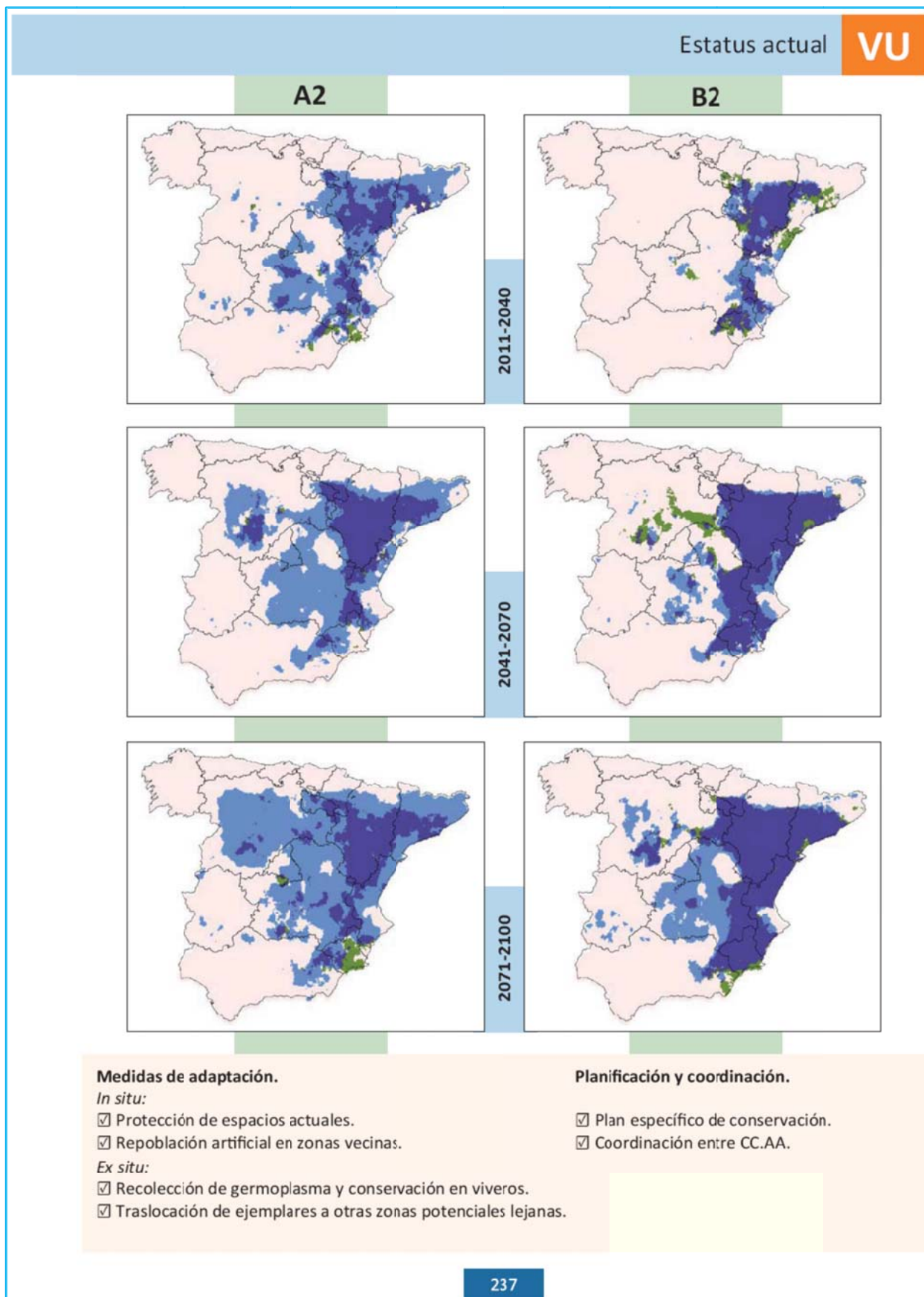


Figura 2b.- Segunda parte de la ficha correspondiente a la especie de ajo silvestre.



CEDEX

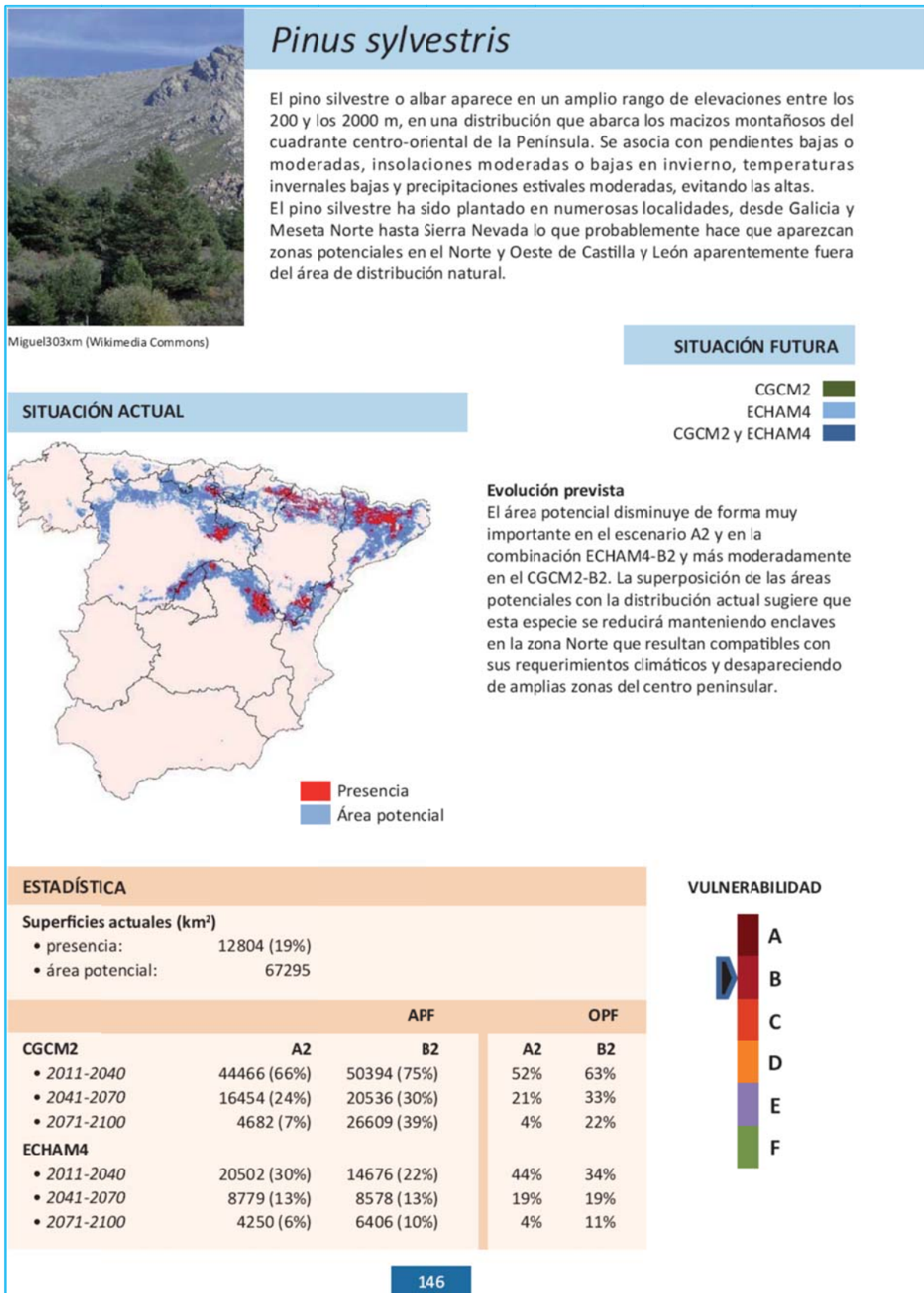


Figura 3a.- Primera parte de la ficha correspondiente al pino silvestre *Pinus sylvestris*, muy vulnerable al cambio climático ya que en los peores escenarios desaparecería prácticamente.

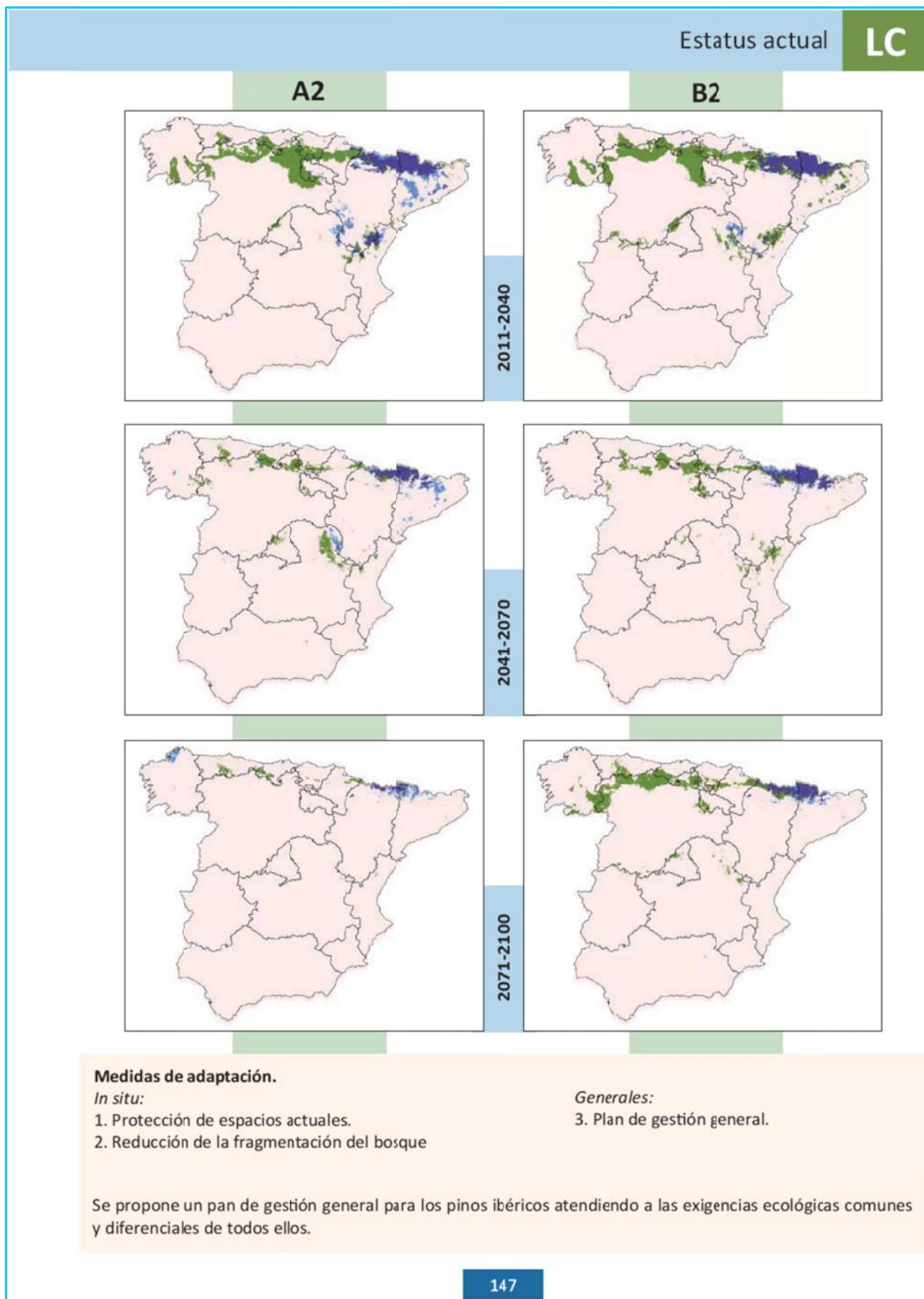


Figura 3b.- Segunda parte de la ficha correspondiente al pino silvestre.

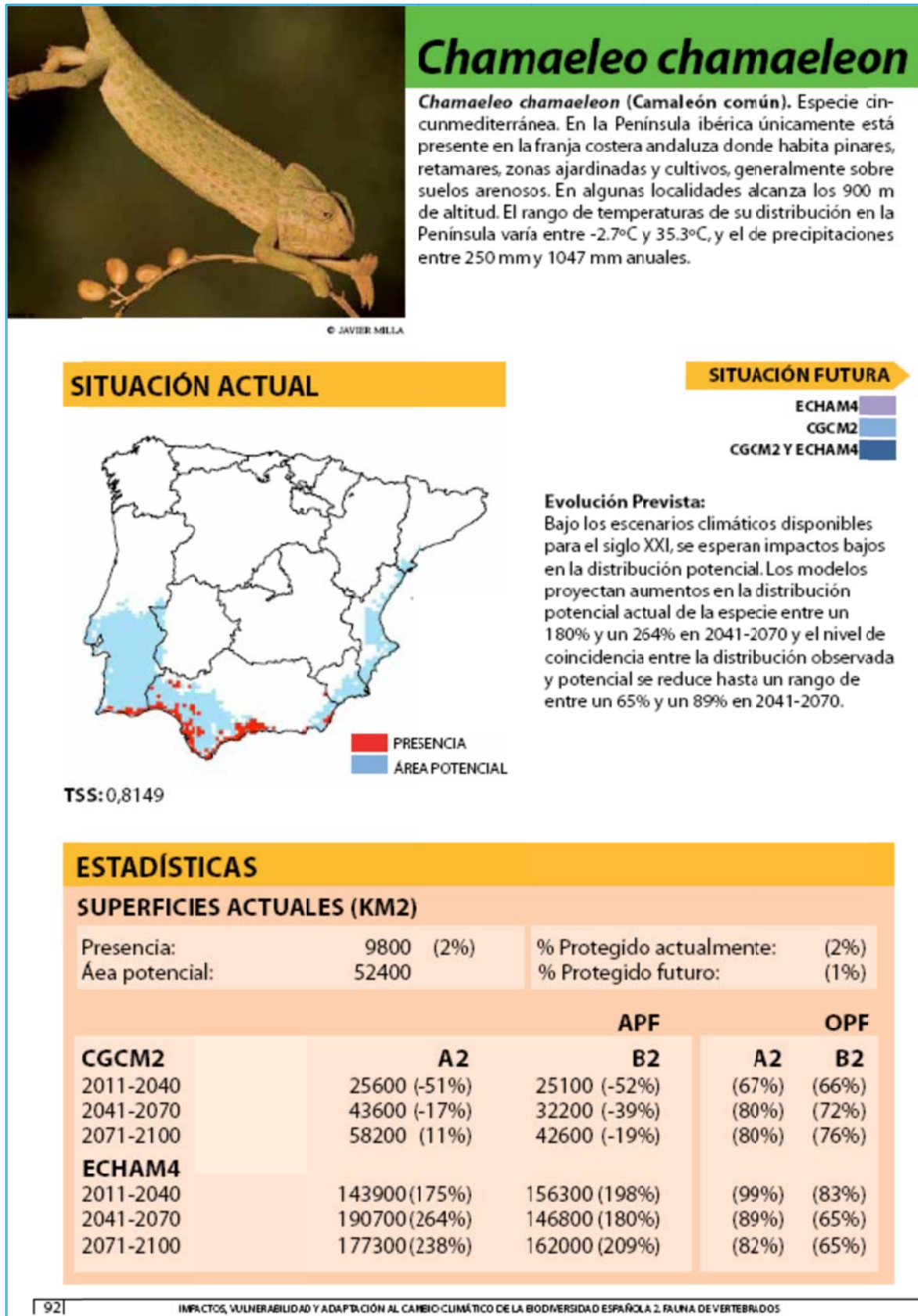


Figura 4a.- Primera parte de la ficha correspondiente al camaleón *Chamaeleo chamaeleon*. Se puede ver cómo su presencia es muy inferior y se encuentra muy fragmentada respecto al nicho climático (área de distribución potencial actual), lo cual ya representa una amenaza para su pervivencia.

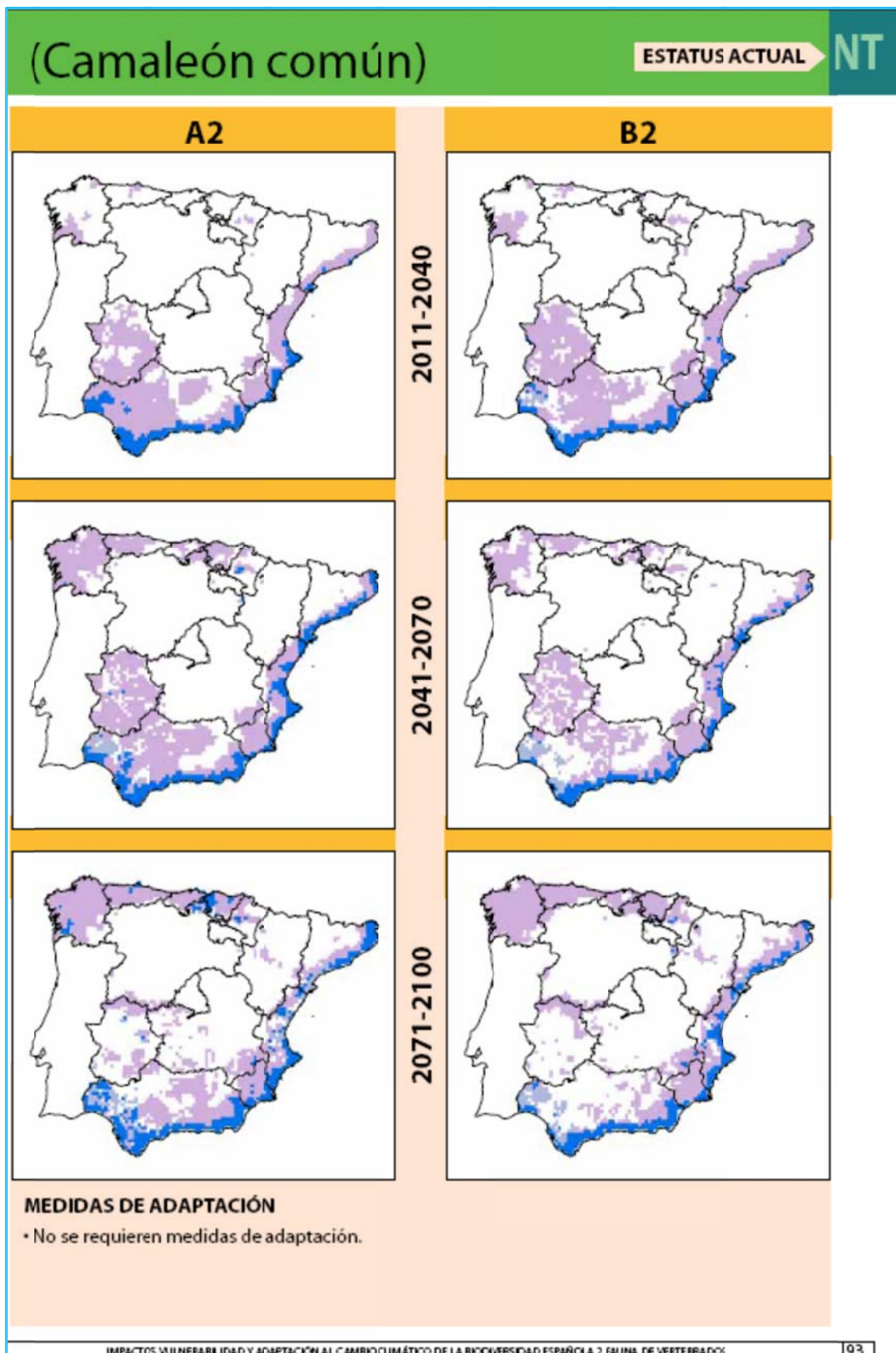


Figura 4b.- Segunda parte de la ficha correspondiente al camaleón.

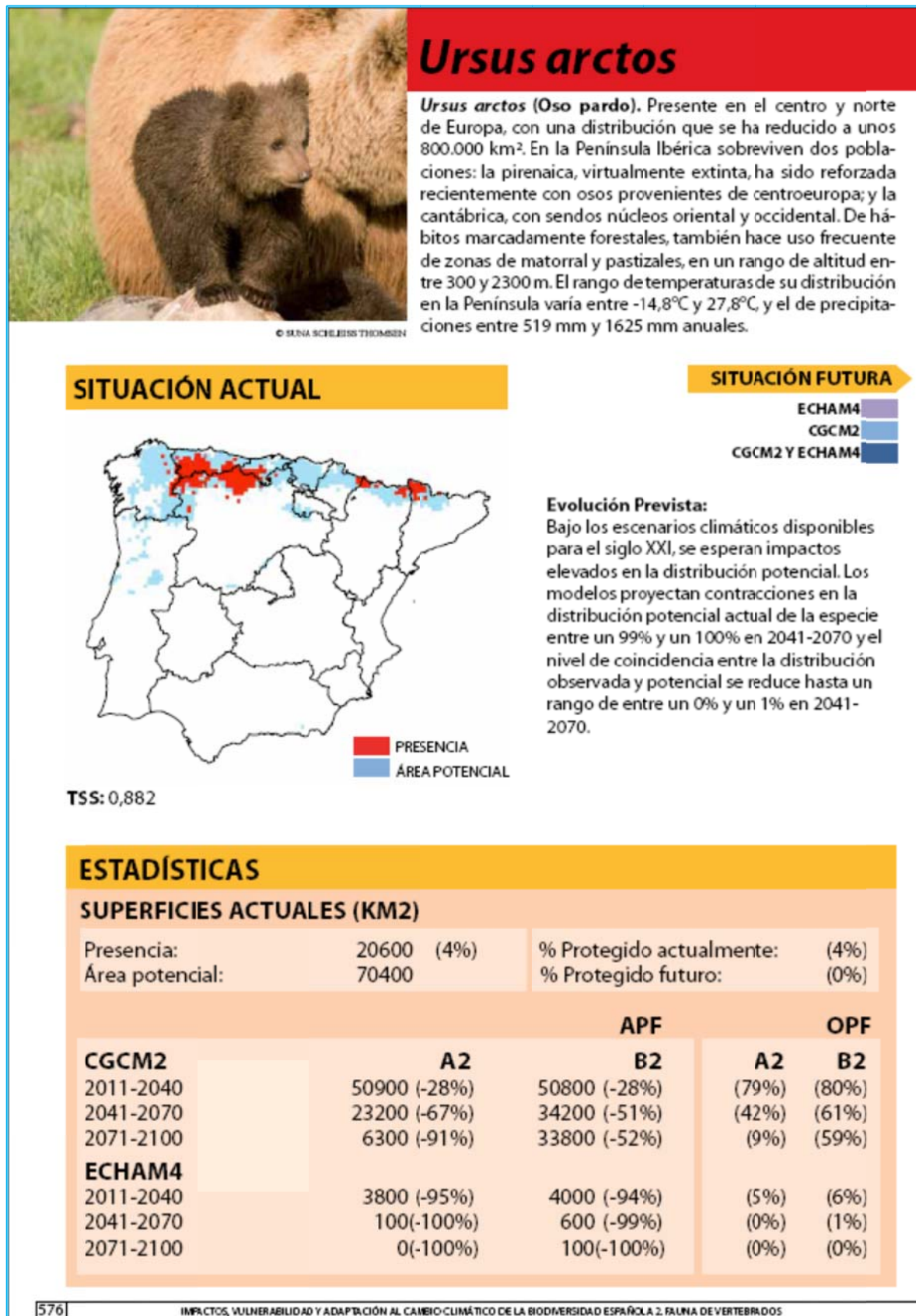


Figura 5a.- Primera parte de la ficha correspondiente al oso pardo *Ursus arctos*, muy vulnerable al cambio climático ya que en los peores escenarios desaparecería casi por completo.

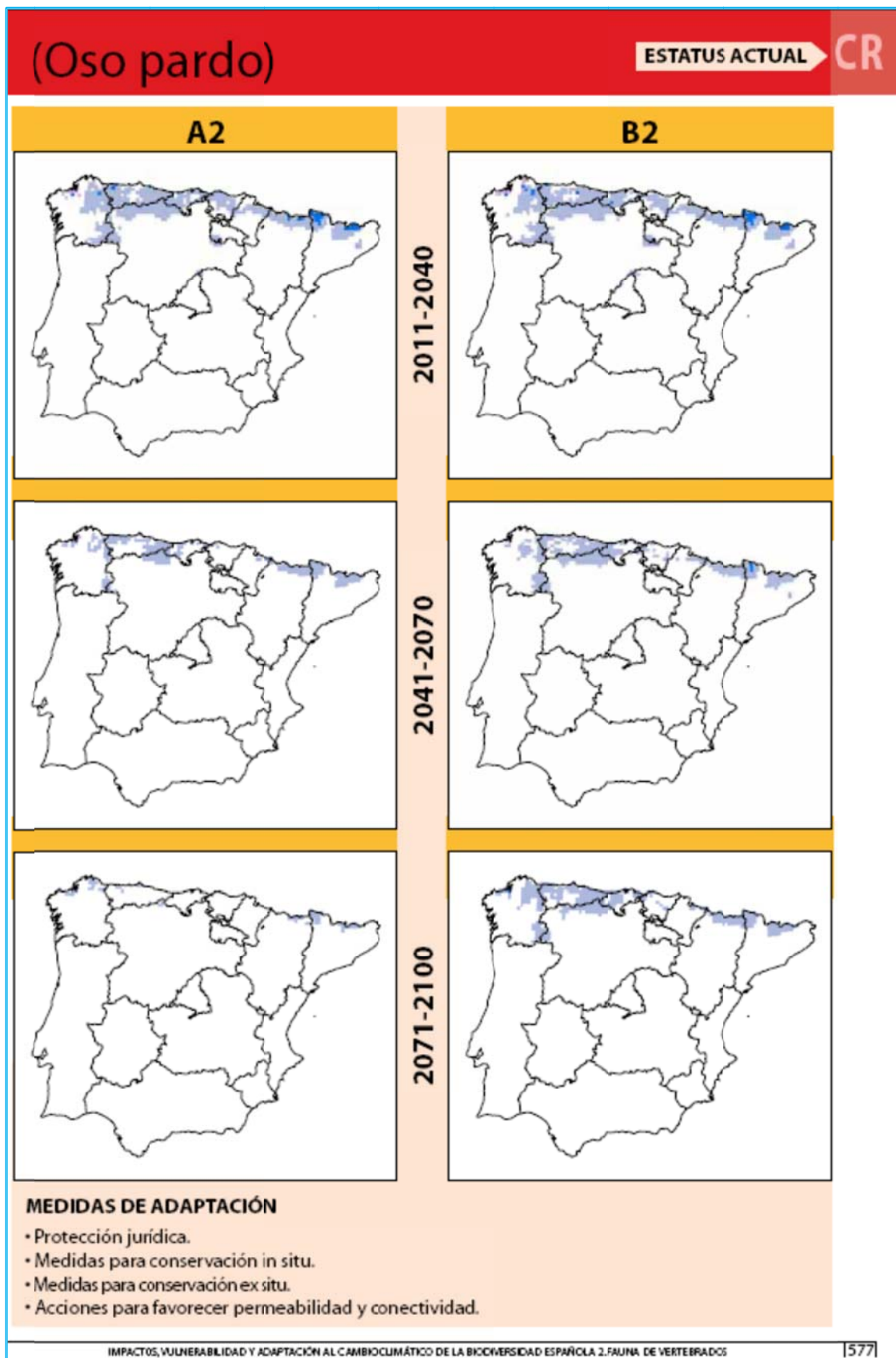


Figura 5b.- Segunda parte de la ficha correspondiente al oso pardo.



CEDEX

3.2.3 La consideración de los corredores de fauna y espacios naturales protegidos en la evaluación ambiental

En el apartado número 6 del informe CEDEX 2012, *Las redes de espacios protegidos ante el cambio climático*, se propone una metodología y los documentos que pueden servir de base para proyectar la ubicación futura de los espacios protegidos atendiendo a parámetros estrictamente climáticos, así como la priorización de las estrategias de adaptación de los hábitats para promover que las especies que habitan en estos espacios actualmente pervivan en el futuro en los nuevos espacios climáticos.

Con objeto de conocer en qué medida determinado trazado puede intersectar con espacios importantes en el futuro para la pervivencia de las poblaciones, u obstaculizar las vías más probables que podrían utilizar para desplazarse hacia nuevos espacios climáticos, sería conveniente desarrollar algunas líneas de estudio:

- Superponer las proyecciones de las áreas de distribución potencial de la vegetación y la fauna de la España peninsular, a los contornos actuales de las redes de espacios protegidos, como por ejemplo dentro de la Red Natura 2000, con el objetivo de contar con herramientas que permitan valorar la viabilidad de las poblaciones y las especies con la configuración que se desprende de las diferentes proyecciones. Consistiría en una valoración de la vulnerabilidad al cambio climático atendiendo exclusivamente al grado de protección de los hábitats que se proyecta que ocupen en futuros escenarios. Este análisis está realizado para la vegetación en todo el territorio (apartado 8.3.4. Estadísticas territoriales, en Felicísimo 2011), pero no para la fauna.
- Superponer estas proyecciones con las principales líneas de transporte, ya sea por sus características estructurales (vías de alta capacidad y líneas de tren de alta velocidad) y de uso (intensidad media diaria y frecuencia de paso, respectivamente), valorando el grado de permeabilidad de las infraestructuras (densidad de estructuras transversales que permitan el paso de fauna).
- Definir las estrategias de adaptación en los nuevos espacios climáticos.
- Localizar la aplicación de las estrategias en el territorio.

Identificando áreas de alta diversidad de herpetofauna amenazadas por planes de infraestructuras (Rey *et al.* 2006).

Rey *et al.* (2006) proponen un estudio que puede servir de base metodológica para complementar estas consideraciones, además de identificar una posible vía de análisis para desarrollar en el futuro. Aunque el estudio se centra en determinados grupos de fauna con características y problemas peculiares, sí resulta ilustrativo. Un enfoque similar puede utilizarse para otros grupos de especies. En el estudio sólo se analizan las infraestructuras a construir en el futuro (según la fecha de publicación del artículo), no las presentes, por lo que podría interpretarse que los resultados son útiles parcialmente, dado que estamos en un contexto de estudio de impacto ambiental, por tanto sobre proyectos no ejecutados, por lo que la metodología sí puede ser asumida.

Esta metodología consiste en la identificación de las áreas de alta diversidad de herpetofauna, es decir anfibios y reptiles, ambos grupos muy interesantes de cara a nuestra reflexión por la fragmentación natural de sus hábitats, que se suma a la de origen antrópico, y debido a su reducido tamaño, capacidad de movimiento y características ecológicas, constituye un grupo faunístico con fuertes restricciones para superar el efecto barrera de las infraestructuras.

La mayoría de estas especies tienen áreas de distribución pequeñas y son sedentarias. Por lo general son pobres colonizadores y en el caso de los anfibios frecuentemente tienen que superar una breve fase larvaria previa a la dispersión (renacuajos).

Con pocas excepciones, estas especies presentan muy limitadas capacidades de movimiento a larga distancia para su dispersión sobre una gran región. Por lo tanto, tienen poca capacidad para evitar las amenazas, incluso temporales. Anfibios y reptiles están amenazados por la pérdida de hábitat y los cambios de uso de la tierra. La amenaza se acentúa por la aversión humana. Son cada vez más numerosos los informes que detallan la disminución de poblaciones de anfibios en muchas partes del mundo en las últimas décadas, lo que se puede atribuir a factores tales como la destrucción y fragmentación del hábitat, aumento de la densidad de la circulación vial, presencia de especies exóticas depredadoras, contaminación de los medios acuáticos, aparición de nuevas enfermedades infecciosas y el propio cambio climático. Algunos de estos factores afectan a las poblaciones locales, mientras que otros pueden tener un impacto más amplio.

Se utilizaron diversos criterios para la identificación de estas áreas de alta diversidad de herpetofauna, destacando un "índice combinado de riqueza de especies" que integra la propia riqueza con los índices de rareza y vulnerabilidad. Se compara la ubicación de estas áreas de diversidad alta de herpetofauna con el trazado de las futuras redes de carreteras y ferrocarriles de alta velocidad, y también la de los futuros embalses. Se analizaron un total de 1.441 celdas de 20x20 km cubriendo toda la superficie de España.

Entre los objetivos destaca la identificación de las áreas en las que se superponen unidades con una alta diversidad herpetológica con la presencia futura de infraestructuras. Estas áreas de superposición se denominan "unidades de alerta de planificación" (*alert planning units*), y sobre ellas deben priorizarse las acciones de mitigación del impacto ambiental.

El número de estas unidades es bajo tanto para anfibios como para reptiles y se distribuyen independientemente: 46 (31,2%) y 59 (35,4%) respectivamente, de las celdas identificadas como zonas de alta diversidad (figura 6).

La aplicación de la metodología propuesta en este estudio sobre la evaluación ambiental de las infraestructuras lineales de transporte consistiría primeramente en la identificación de los espacios naturales protegidos actualmente, complementada con las proyecciones de las áreas de distribución potencial de la vegetación y la fauna según sucesivos escenarios climáticos, con una adecuada escala de análisis. Posteriormente se superpondrían los trazados de las infraestructuras de transporte, con objeto de identificar las "unidades de alerta de planificación" en donde se centrarían las soluciones alternativas y las medidas de adecuación del hábitat.



CEDEX

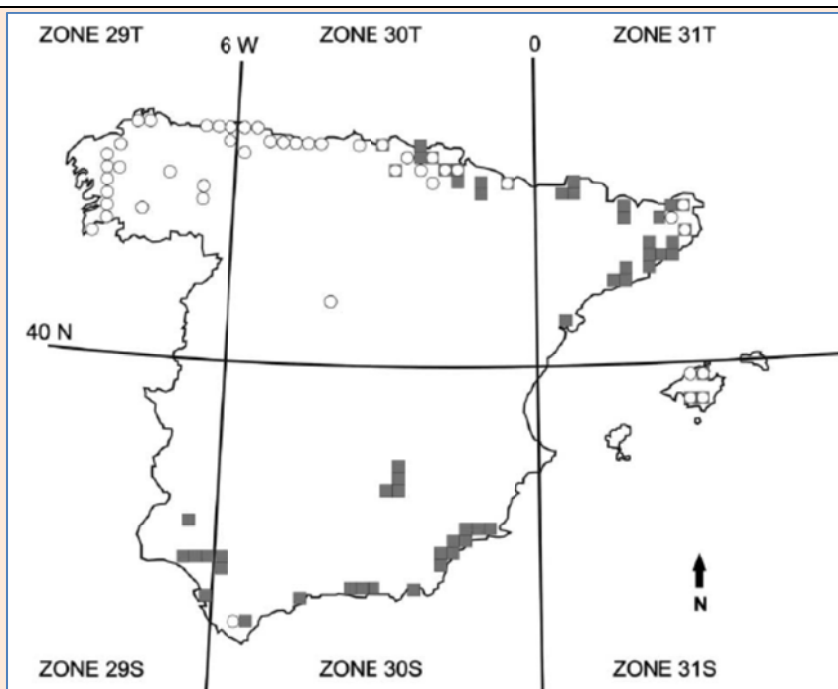


Figura 6.- Mapa de las “unidades de alerta de planificación” (es decir, celdas en las que coinciden una alta diversidad de herpetofauna de acuerdo con el índice combinado de la biodiversidad y un tramo de infraestructura planificada). Símbolos: los círculos vacíos son unidades de alerta de planificación para las especies de anfibios y los cuadrados grises son las unidades de alerta de planificación para las especies de reptiles.

3.2.4 La valoración de las alternativas

Otro aspecto muy relevante es la selección de alternativas. En este aspecto simplemente se pretende hacer referencia al número y tipología de alternativas que conviene considerar cuando se incluyen en la evaluación ambiental diferentes escenarios climáticos e incluso horizontes temporales. El ejemplo más rápido para entender este asunto se referiría a las alternativas del trazado de la infraestructura. Las alternativas que actualmente se consideran en la evaluación de impacto ambiental de cualquier carretera o vía de ferrocarril habrá que valorarlas en diferentes combinaciones de escenarios climáticos y horizontes temporales. Por ejemplo:

Cada alternativa de trazado x 2 escenarios de emisiones (a determinar, por ejemplo A2 y B2) x 3 horizontes temporales (por ejemplo, 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100).

En el aspecto peculiar de este informe, las relaciones entre las infraestructuras lineales de transporte y la biodiversidad ante el cambio climático, deberá analizarse cómo repercuten los distintos trazados sobre las sucesivas áreas de distribución de las especies con motivo del cambio climático. Se tratará, por tanto, no solo de valorar la fotografía actual del trazado con respecto a los hábitats según su localización actual, sino que habrá que valorar sucesivas imágenes de ambos aspectos: trazados y localización de los nuevos espacios climáticos, al menos en relación con las especies que sufran un posible detrimento de sus áreas de distribución e incluso, del conjunto de estas especies, las que se encuentran en peligro de extinción o pueden encontrarse de verificarse los escenarios climáticos estimados.

3.2.5 La propuesta de medidas correctoras para facilitar los cambios en la distribución de los organismos

Desde una perspectiva de cambio climático, que es la que guía esta reflexión, se pueden tener en cuenta diferentes aspectos en relación con la propuesta y diseño de las medidas que favorezcan la conectividad entre poblaciones.

3.2.5.1 Criterios en relación con la permeabilidad de las infraestructuras

En diferentes partes de este documento se ha aludido a los cambios espaciales que se producirán desde la actual configuración espacial de los hábitats y de los espacios naturales protegidos a los nuevos espacios climáticos, en la medida que se verifiquen realmente las previsiones de los escenarios de emisiones y los diferentes horizontes temporales. También se ha aludido a la necesidad de favorecer la conectividad entre hábitats y, en general, en el territorio, a fin de coadyuvar con la distribución de los nuevos espacios climáticos de las especies vegetales y la fauna. Los nuevos proyectos de infraestructuras deberán, según estas premisas, tratar con especial atención la corrección de la fragmentación, que es junto con el cambio de usos del suelo que ocupan directamente las propias infraestructuras lineales de transporte, los impactos ambientales más característicos de las mismas.

Por tanto, en la intersección de las infraestructuras con los nuevos espacios climáticos que sucesivamente vayan ocupando los hábitats, las infraestructuras lineales deben contar primero con alternativas efectivas y en segundo lugar con unas medidas correctoras particularmente eficaces, más si las especies a las que se afecta se encuentran actualmente en peligro de extinción.

Debe valorarse, según diferentes características de las especies (grado de protección, rareza, vulnerabilidad, etc.) cuyos hábitats se pueden ver afectados por una nueva infraestructura, la relación entre el coste de las medidas correctoras estructurales (definición de la cota de las rasantes en las infraestructuras, sustitución de puentes por viaductos, construcción de falsos túneles o alargamiento de túneles existentes, aumento del número y de las dimensiones de los pasos de fauna, etc.) y el beneficio medioambiental que pueden producir.

De este modo, en hábitats que están ocupados por especies cuyo estatus de conservación no es preocupante la adecuación medioambiental de la infraestructura no tendría por qué plantearse tan costosa como en las áreas de distribución de las especies en peligro de extinción o de las zonas afectadas por sus planes especiales de protección.

En las “unidades de alerta de planificación” señaladas en el apartado anterior, deben priorizarse estas actuaciones estructurales a pesar de que en ocasiones puedan comportar inversiones muy superiores. En este sentido, dentro de la serie “Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte”, impulsada desde el grupo de trabajo técnico integrado en la Comisión Estatal para el Patrimonio Natural y la Biodiversidad del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, se han generado distintas guías con el objetivo de contribuir a la reducción de los efectos de la fragmentación de hábitat causada por estas infraestructuras. De estos documentos y en relación con el contenido de este apartado, cabe destacar el tercero de la serie, titulado “Prescripciones técnicas para la reducción de la fragmentación de hábitats en las fases de planificación y trazado” (todos los documentos de esta serie pueden descargarse en la siguiente URL:

<http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/conectividad-ecologica-en-el-territorio/fragmentacion/default.aspx>).



CEDEX

No todas las actuaciones tienen que ser generadoras de grandes inversiones pudiendo proponerse algunas “blandas”, mejor en fase de diseño, como son un diseño ajustado a las características de las especies que son el objetivo de la conectividad (las dimensiones de un paso específico para anfibios son muy diferentes de las que precisan los pasos específicos para grandes mamíferos), el diseño correcto de cerramientos (para evitar el cruce de los animales sobre superficie de la infraestructura) y de pantallas según los requerimientos de las especies, el adecuado diseño de la revegetación de los pasos prestando la atención debida a la elección de las especies vegetales teniendo en cuenta el cambio climático y su correcto mantenimiento los primeros años tras la siembra o plantación, etc.

3.2.5.2 Cautelas sobre la mejora de los corredores y de la permeabilidad del territorio

En cuanto a la mejora de la conectividad mediante corredores, hay que considerar algunas cautelas al respecto, principalmente porque hay estudios que muestran diferentes respuestas de las especies en función de diferentes características, actuando como corredor o como barrera. En el diseño de los corredores no debe analizarse exclusivamente el hábitat del corredor sino en conjunto con la matriz del territorio en el que se circunscribe. Además debe tenerse en cuenta que el funcionamiento a corto plazo no asegura la eficacia a la escala del cambio climático. Conviene entender que no solo deben usar los corredores la fauna, entendiendo como tal exclusivamente los vertebrados. Por ejemplo, los insectos y la vegetación también se verán impulsados a buscar vías de cambio cuyo diseño tiene mucha más relación con las características del territorio en general que simplemente los corredores.

Suele asociarse la existencia de corredores como imprescindible para el mantenimiento de la biodiversidad, pero también es cierto que a través de ellos se mueven las especies exóticas invasoras y patógenos. Además hay especies que precisan de enormes áreas de distribución con cierta calidad o grado de naturalidad, siendo insuficientes los corredores de escala regional.

Con este motivo, algunos lugares se han puesto en marcha programas con el objetivo de mejorar la conectividad de subpoblaciones que precisan de grandes territorios. Por ejemplo, la iniciativa “Yellowstone a Yukón” para la Conservación del lobo en América del Norte (<http://www.y2y.net/>), que cubre una región que se ha denominado Y2Y. Este programa comenzó a partir del seguimiento por satélite de una loba joven que cubrió una superficie de 100.000 km² entre USA y Canadá, un área 10 veces más grande que el Parque Nacional de Yellowstone. La región Y2Y incluye la variedad climática necesaria para permitir que las especies estresadas por el cambio climático puedan adaptarse. Otro programa similar por su amplitud es la Iniciativa del Corredor Jaguar en América Latina (URL: <http://www.panthera.org/programs/jaguar/jaguar-corridor-initiative>), un ambicioso proyecto que busca consolidar un gran corredor biológico desde México hasta Argentina. Los mapas de la figura 7 muestran la localización de ambas iniciativas.



Figura 7.- Mapas de las regiones de dos iniciativas de conectividad que afectan a grandes territorios. **Izquierda**, territorio de la Iniciativa Y2Y, en USA; **derecha**, territorio de la Iniciativa Corredor Jaguar, en América Latina.



Estos programas pueden servir de modelo para plantear futuros esfuerzos para aumentar la conectividad en el contexto del cambio climático. También en Europa, al menos en el caso de ciertas especies de mamíferos y aves, será necesaria la consideración de estos planteamientos de escala regional o mayor.

3.2.5.3 Medidas de gestión directa sobre las poblaciones

Entre este tipo de medidas correctoras destaca la *colonización asistida* (Loss, S.R. *et al.* 2011), que consiste en tomar ejemplares de determinada especie en su hábitat y disponerlas en lo que se prevé que será su nuevo espacio climático. Se trata de una medida controvertida y discutida por especialistas, ya que produce una fuerte manipulación de las poblaciones naturales, priorizándose las medidas menos intrusivas. Esta medida se toma cuando el hábitat actual y el nuevo espacio climático se encuentran comunicados. Sin embargo su aplicación provoca algunas incertidumbres, como que se conviertan en invasoras en su nuevo hábitat y lleguen a perjudicar a las especies existentes o produzcan impactos económicos en su nueva área de distribución. Esta medida no debe emplearse aisladamente sino que debe integrarse con otras como son la mejora de la conectividad y la conservación genética (en bancos de material genético).

Hay casos en los que resultaría interesante esta medida, como por ejemplo cambios muy rápidos para ciertas especies, como la destrucción del hábitat, la competencia con especies invasoras, los desastres causados por incendios o inundaciones y la propia alteración aguda



CEDEX

del régimen de perturbaciones. Normalmente debe aplicarse sobre poblaciones que cuentan con pocos ejemplares, con capacidad de colonización y de adaptación restringidos y en hábitats con muy baja conectividad.

Su práctica es más fácil de asimilar en especies cuyas áreas de distribución están en montañas, tales como plantas, mariposas, aves, reptiles y anfibios, que eventualmente estarán limitados por la propia restricción altitudinal de sus hábitats. Si la inacción puede dar lugar a la extinción de estas especies entonces se convierten en candidatas para la colonización asistida.

Sin embargo deben considerarse todas las cautelas que ya se toman en el caso de la reintroducción de especies en territorios de los que han desaparecido, corrigiendo previamente aquellas fuentes de riesgo que en su momento las llevaron a la extinción. En este caso habría que observar estas cautelas en los nuevos espacios climáticos.

Por otra parte, conviene valorar el riesgo de amparar la viabilidad ambiental de un proyecto sobre medidas como la colonización asistida cuyos resultados no se conocen realmente.

También es una línea interesante para la investigación la ecología del comportamiento animal a nivel de paisaje (*behavioral landscape ecology*, Knowlton y Graham, 2010). El conocimiento de cómo los ejemplares se mueven o dispersan a través del territorio, cómo eligen el hábitat que colonizan o en el que se reproducen puede mejorar nuestra capacidad de estimar la persistencia de estas especies. Consiste en establecer modelos de respuesta de las poblaciones a determinadas características del paisaje y analizar cómo influye sobre su demografía. Estas características del paisaje se recogen en la bibliografía y son las siguientes:

- Rango de percepción: distancia a la que se detectan objetos.
- Capacidad de orientación: retorno a su área de distribución.
- Permeabilidad del hábitat o el territorio: la probabilidad de que un ejemplar cruce el hábitat o el territorio.
- Selección del hábitat: capacidad de detectar diferencias en uno u otro hábitat o territorio y seleccionar un área frente a otra.
- Capacidad para cruzar vacíos en el territorio: habilidad para atravesar tramos de territorio no apropiados.
- Uso de corredores: capacidad para atravesar pasillos de vegetación que conectan hábitats.
- Atracción o repulsión con/heteroespecífica: la presencia o ausencia de ejemplares de las mismas especies o de otras especies determinadas atrae o repele la ocupación de nuevos territorios.
- Éxito de emparejamiento: capacidad de encontrar y emparejarse con otros ejemplares de la misma especie.
- Percepción del riesgo de predación: estado de alerta ante eventuales peligros.

La distribución de las especies depende de complejas interacciones del tipo coste-beneficio asociadas al comportamiento de los individuos frente a la composición del paisaje y su configuración. La elección de nuevos espacios climáticos estará fuertemente influida por otros factores ecológicos además de la temperatura o la precipitación. Por tanto, se superpondrán factores que actúan a gran escala, como los climáticos, y factores muy locales, como el propio comportamiento de los ejemplares frente a las características del territorio que atraviesan y colonizan.

3.2.6 El seguimiento de los efectos sobre el medio ambiente

Un aspecto importante en la evaluación ambiental lo constituye el seguimiento de los efectos del plan, programa o proyecto en el medio ambiente. Este seguimiento establece un sistema para garantizar el cumplimiento de las indicaciones y medidas protectoras, correctoras y compensatorias, contenidas en la propuesta del Plan o Programa o en el Proyecto (en este último caso, las medidas incluidas en el Estudio de Impacto Ambiental complementadas con el condicionado de la Declaración de Impacto Ambiental).

Normalmente el seguimiento ambiental alcanza los primeros años de la ejecución del plan o programa o la puesta en servicio del proyecto. Sin embargo, en correspondencia con las proyecciones sobre las que se apoya el análisis del cambio climático, los tiempos de aplicación del seguimiento ambiental deberían sincronizarse con estas predicciones. Por tanto sería apropiado incluir en el seguimiento ambiental, de cara a valorar la efectividad de las medidas propuestas en la evaluación ambiental, un programa que alcance diferentes periodos tras la ejecución del plan o proyecto de infraestructura. Una programación apropiada para cubrir este objetivo podría ser una revisión de la evolución temporal de los indicadores seleccionados, por ejemplo cada 10 años, lógicamente en función de la propia duración del plan o programa.

Respecto a los contenidos de estos seguimientos ambientales “a largo plazo”, sería muy relevante desde el punto de vista de la biodiversidad que se incluyeran entre los indicadores de valoración el estado de las poblaciones afectadas por las infraestructuras, al menos de las especies en peligro de extinción, tanto en el momento de realizarse la evaluación ambiental del plan o del proyecto de infraestructura como en el momento de alcanzarse cada plazo (en cada “vencimiento” de los plazos o escenarios temporales) del seguimiento ambiental.

La consideración del cambio climático en la evaluación ambiental introduciría una visión dinámica del medioambiente. Mientras en la evaluación ambiental actualmente se ofrece una visión aproximadamente estática del medioambiente, con plazos de previsión que no suelen exceder de unos pocos años, si la evaluación ambiental incluyera valoraciones “a largo plazo” derivadas de la consideración del cambio climático, debería contener estimaciones sobre los parámetros poblacionales de las especies (por lo menos las más singulares) en los diferentes plazos. Es decir, el estado de las poblaciones vegetales y animales en determinado horizonte temporal no es más que un estado transitorio asignable a dicho momento.

Así pues, deben considerarse diferentes aspectos en esta estimación de carácter demográfico de las poblaciones que pueden verse afectadas por las nuevas infraestructuras.

En primer lugar, la propia viabilidad de las poblaciones, sin ningún tipo de afecciones de ninguna infraestructura, puede verse limitada (o eventualmente favorecida) por la propia influencia del cambio climático. Se ilustra con un ejemplo tomando como referencia la figura 5 (a y b), sobre el oso pardo. El mapa de la figura 5a representa el área de distribución potencial y actual del oso pardo. Los diferentes mapas en 5b representan áreas de distribución potencial, que ni siquiera tendrán que estar en su momento (el del vencimiento del plazo programado en el PVA) realmente ocupadas. Dada la fragmentación y bajo número de unidades territoriales que potencialmente podría ocupar, puede permitirnos estimar que no serán viables las subpoblaciones de oso pardo. Esta reflexión aún no incluye los efectos que se pueden derivar de las infraestructuras futuras sobre esta especie, solo valora la evolución de las poblaciones causada por los factores climáticos.

No obstante, demos por supuesto que el oso pardo, a pesar de esta fragmentación de origen climático, sigue manteniendo una metapoblación viable. Ahora analizamos los efectos de la posible construcción por su territorio de determinadas nuevas infraestructuras. Éstas ocuparán



CEDEX

algunas de las unidades territoriales potencialmente adecuadas para el oso pardo y aumentarán la distancia entre unidades potenciales viables, incrementando la fragmentación de la población, lo que a largo plazo podría dar lugar a su desaparición.

Por tanto, con objeto de cumplir con las previsiones del seguimiento ambiental, será coherente analizar los efectos sobre las poblaciones naturales a largo plazo. De modo que nos encontramos con un conjunto de posibles escenarios temporales, en los cuales una infraestructura podría dar lugar a la extinción de determinadas especies, de cumplirse todas las previsiones de los diferentes escenarios climáticos.

De este modo sería necesario, para considerar la influencia del cambio climático en los estudios de impacto ambiental de las infraestructuras lineales de transporte, abordar una metodología que permitiera estimar la viabilidad ambiental de las infraestructuras y las medidas correctoras entre las que tendrán una elevada importancia aquéllas destinadas a la adecuación del territorio para contrarrestar los impactos derivados de dicha infraestructura.

El último aspecto que se va a abordar en este apartado es el empleo, en el estudio de impacto ambiental, de modelos demográficos que nos permitan estimar la viabilidad de una especie. Debe tenerse en cuenta que la extinción y la inmigración son los dos procesos ecológicos más característicos producidos por el cambio climático, y ambos también son específicamente demográficos. Jackson and Sax (2009) proponen un marco conceptual para estudiar la dinámica de la biodiversidad afectada por los cambios ambientales, como los derivados del calentamiento global. El modelo incorpora conceptos como el “aplazamiento de la extinción” (*extinction lag*) y el “retardo en inmigración” (*immigration lag*), que conducen a la “deuda de extinción” (*extinction debt*) y al “crédito de inmigración” (*immigration credit*), respectivamente. Esta serie de conceptos permite estudiar los cambios originados en la biodiversidad a raíz del cambio climático, la fragmentación del hábitat y otros “sucesos de cambio” (*forcing event*). También revelan fenómenos transitorios, como los superávits y déficits de la biodiversidad, que tienen consecuencias importantes para la conservación biológica y la conservación de los servicios ecosistémicos. La predicción de esta dinámica transitoria plantea un desafío para la conservación, importante en los estudios de impacto ambiental bajo un prisma de cambios ambientales.

La complejidad de considerar estos parámetros estriba en numerosos factores, por ejemplo que para estimarlos en escenarios temporales futuros se precisa de un buen conocimiento de los parámetros demográficos actuales (tasas de natalidad, mortalidad, inmigración, características de dispersión de las especies, etc.). También resulta complejo determinar cómo repercutirán otros factores ambientales (sumando, restando o neutralmente) que actúan simultáneamente con el cambio climático, de origen principalmente humano, que también cooperarán a la extinción y la inmigración. Los propios procesos de extinción e inmigración interactúan de modos difícilmente cuantificables entre sí.

Finalmente, tampoco se debe omitir que no sólo desaparecerán especies, ya que la propia Península Ibérica incluirá en su territorio nuevos espacios climáticos para poblaciones de especies que provendrán de regiones meridionales respecto a la Península, que tal vez encuentren en la propia Península refugio a causa de la extinción en las regiones en las que actualmente se encuentran, por qué no, protegidas.

Esta reflexión no pretende explorar este tercer paso que nos llevaría muy lejos, el estudio de impacto ambiental de infraestructuras lineales teniendo en cuenta las poblaciones naturales inmigrantes sobre la Península Ibérica.



3.3 LA ADAPTACIÓN DEL DISEÑO DE LAS INFRAESTRUCTURAS AL CAMBIO CLIMÁTICO EN RELACIÓN CON LAS MEDIDAS SOBRE LA BIODIVERSIDAD

La adaptación de las infraestructuras al cambio climático debe tratar de prevenir y luchar contra los posibles efectos de estas variaciones climáticas. Para integrar adecuadamente la adaptación al cambio climático en la evaluación ambiental de infraestructuras de transporte, el redactor debe enfrentarse a dos tareas principalmente:

1. En primer lugar, el evaluador debe identificar los principales impactos asociados al cambio climático que afectarán negativamente a la infraestructura y sus efectos característicos sobre la biodiversidad durante todo el horizonte para el que se redacta. Para la identificación de dichos riesgos y una relación de los principales impactos, se puede tomar como base las previsiones de los apartados 4, 5 y 6 del informe CEDEX 2012.
2. Una vez identificados los riesgos principales del cambio climático, el evaluador debe llevar a cabo una reflexión sobre las posibles estrategias y medidas de adaptación para hacerles frente. Al respecto, el primer apartado del presente informe aporta diferentes consideraciones a tomar en cuenta en la elaboración de estrategias o medidas de adaptación de infraestructuras de transporte.

En relación a la descripción de estrategias de adaptación al cambio climático y medidas concretas de planes y programas de infraestructuras de transporte, puede consultarse el documento CEDEX 2011.

4 BIBLIOGRAFÍA

- Abellán, P., Sánchez-Fernández, D., Ribera, I., Velasco, J. y Millán, A. 2005. Propuesta de una metodología para evaluar la vulnerabilidad de insectos. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, **36**: 4–8. (URL: http://www.sea-entomologia.org/PDF/BOLETIN_36/B36-002-004.pdf).
- Araújo, M.B., Guilhaumon F., Neto D. R., Pozo, I., y Calmaestra R. 2011. *Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático de la Biodiversidad Española. 2 Fauna de Vertebrados*. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid, 640 páginas.
- Calderón Balanzategui, Enrique J. 2007. Evaluación Ambiental Estratégica de Planes y programas de transporte. Monografías del CEDEX (M-93). 170 pp.
- CEDEX. 2011. La consideración del cambio climático en la evaluación ambiental de planes y programas – Aplicación al caso de planes y programas de infraestructuras de transporte. Informe Técnico..Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas – CEDEX.
- CEDEX. 2012. Efectos del cambio climático sobre las interacciones entre las infraestructuras de transporte y la biodiversidad. Informe Técnico..Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas – CEDEX.
- Cirujano, S., Velayo, M., Castilla, F. y Gil, M. 1992. Criterios botánicos para la valoración de las lagunas y humedales españoles (península Ibérica y las islas Baleares). Colección Técnica ICONA. 455 pp.
- EEA Technical report / No 11/2012. Streamlining European biodiversity indicators 2020: Building a future on lessons learnt from the SEBI 2010 process. 45 pp. (URL: <http://www.eea.europa.eu/publications/streamlining-european-biodiversity-indicators-2020>).
- Felicísimo, Á. M. (coord.). 2011. *Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la biodiversidad española. 2. Flora y vegetación*. Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid, 552 pág.

- Heller, N.E. y Zavaleta, E.S. 2009. Biodiversity management in the face of climate change: A review of 22 years of recommendations. *Biological Conservation* **142**: 14-32.
- Jackson, S.T. y Sax, D.F. 2009. Balancing biodiversity in a changing environment: extinction debt, immigration credit and species turnover. *Trends in Ecology and Evolution* **25-3**: 153-160.
- Knowlton, J.L. y Graham, C.H. 2010. Using behavioral landscape ecology to predict species' responses to land-use and climate change. *Biological Conservation* **143**: 1342-1354.
- Loss, S.R., Terwilliger, L.A. y Peterson, A.C. 2011. Assisted colonization: Integrating conservation strategies in the face of climate change. *Biological Conservation* **144**: 92-100.
- Rey Benayas, J.M., de la Montaña, E., Belliure, J. y Eekhout, X.R. 2006. Identifying areas of high herpetofauna diversity that are threatened by planned infrastructure projects in Spain. *Journal of Environmental Management* **79**: 279-289.
- Wu, S., Hou, Y. y Yuan, G. 2010. Valoración de los bienes y servicios ecosistémicos y del capital forestal natural de la municipalidad de Beijing (China). *Unasylva* 234/235, Vol. 61: 28-36. (URL: <http://www.fao.org/docrep/012/i1507s/i1507s07.pdf>).

Madrid, febrero de 2013

El autor del informe y responsable de la actuación



D. Manuel Ramón García Sánchez-Colomer
Doctor en Ciencias Biológicas
Jefe del Área de Ingeniería Ambiental