

## ¿QUÉ FUTURO QUEREMOS? GENERACIÓN DE INDICADORES MEDIOAMBIENTALES PARA ESCENARIOS DE FUTURO

Richard Hewitt<sup>1</sup>, Verónica Hernández Jiménez<sup>1</sup>, Marta Lasiera Navarro<sup>1</sup>, Azucena de la Cruz Lecanda<sup>1</sup>, y Francisco Escobar<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Observatorio para una Cultura del Territorio, c/ Duque de Fernán Núñez 2, 1ª planta, 28012 Madrid, España.  
[richard.hewitt@observatorioculturayterritorio.org](mailto:richard.hewitt@observatorioculturayterritorio.org)

<sup>2</sup> Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente, Universidad de Alcalá, c/ Colegios, nº 2. 28801 Alcalá de Henares, Madrid, España. [francisco.escobar@uah.es](mailto:francisco.escobar@uah.es)

### RESUMEN

En el marco del proyecto DUSPANAC se realizaron cinco simulaciones que demuestran las posibles configuraciones de los usos de suelo en el año 2035 en función del mismo número de escenarios, para el Espacio Natural de Doñana (END) y su entorno más próximo. A través de un proceso participativo, agentes locales conocedores del entorno identificaron once indicadores medioambientales que consideraron necesarios para apoyar la gestión y ordenación territorial de la zona. La presente comunicación expone, con referencia a estos indicadores, obtenidos a través de un análisis basado en SIG, cómo los valores naturales de la zona se ven afectados en cada uno de los cinco escenarios, y reflexiona sobre las implicaciones para una futura ordenación territorial. A modo de conclusiones generales, los escenarios que más amenazas presentaron para el espacio natural según estos indicadores fueron el Escenario 0 (Todo Sigue Igual) y el Escenario 2 (Doñana Marca Registrada). El Escenario 3, (Doñana Árida), presentó algunos elementos positivos, desde un punto de vista ecológico, debido a la reducción importante de cultivos en regadío, que, junto a la extracción de recursos naturales, es la amenaza más importante a la que se enfrenta el entorno en la actualidad.

**Palabras clave:** Indicadores medioambientales; escenarios de futuro; Doñana, modelado espacial, procesos participativos

### ABSTRACT

Under the DUSPANAC project five simulations were developed showing possible land use configurations for the year 2035 under five scenarios for the Doñana natural area (END) and its immediate surroundings. Through a participatory process, stakeholders identified eleven environmental indicators that they considered necessary to support the management and land planning of the area. This communication presents, with reference to these indicators, how the natural value of the area will be affected under each of the five scenarios, and reflects on the implications that this may have for future territorial planning. In general terms, the scenarios that presented the gravest threats to the natural area according to these indicators, were Scenario 0 (Business as Usual), and Scenario 2 (Trademark Doñana). Scenario 3 (Arid Doñana), did present some positive aspects from an ecological point of view, owing to the substantial reduction of irrigated cropland, something that, together with the extraction of natural resources, is the most serious threat that the area currently faces.

**Keywords:** environmental indicators; future scenarios; Doñana; spatial modeling; participatory processes

### 1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En esta comunicación se presentan resultados del proyecto DUSPANAC obtenidos a través de un proceso de modelado espacial participativo para el Espacio Natural de Doñana (END) y su entorno más próximo. En el modelo se realizaron, junto con un grupo de agentes locales conocedores del entorno (Figura 1), cinco simulaciones de los usos del suelo de la zona en el año 2035. Una de las tareas más importantes realizados por los agentes consistió en la identificación de once indicadores medioambientales que se consideraron necesarios para apoyar la gestión y ordenación territorial de la zona. Posteriormente, se generaron estos

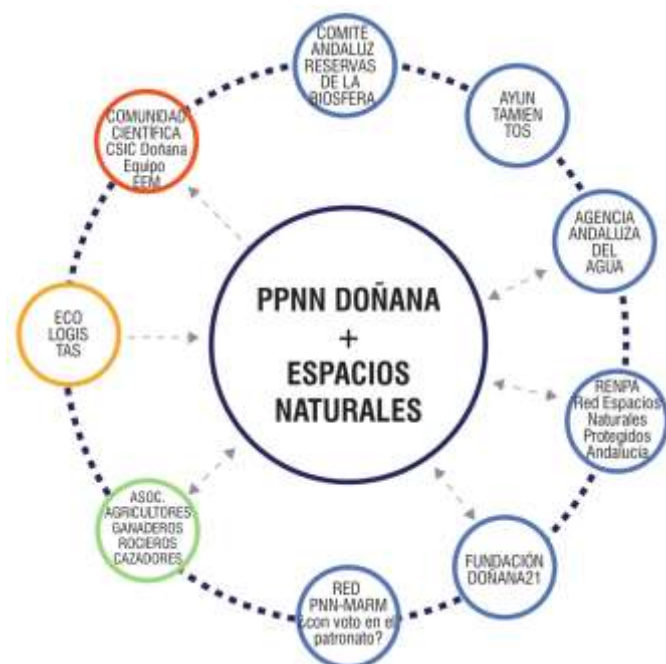
indicadores en formato estadístico y cartográfico, a través de un análisis basado en SIG. El objetivo de esta comunicación, por lo tanto, es exponer el proceso y metodología seguidos para llegar a este fin, y presentar los indicadores finales obtenidos. Esperamos que, sin pecar de optimistas, este trabajo sea de utilidad para la gestión del END y su entorno, sobre todo para los propios agentes, cuya participación fue fundamental para su exitosa realización.

Diversas publicaciones han descrito el papel de los indicadores como instrumento fundamental para la gestión ambiental como los trabajos de Manteiga (2000), donde se analiza la importancia de los indicadores ambientales en la toma de decisiones políticas o Polanco (2006), donde se estudian los sistemas de indicadores desarrollados por la OCDE y su utilidad en la gestión ambiental. Respecto al papel de la participación, como señalan Voinov y Bousquet (2010), el concepto de “consulta” con empresas, ciudadanos, y grupos interesados sobre decisiones medioambientales que les afectan no es algo novedoso. Sin embargo, es muy habitual que la participación de agentes sociales en estos procesos se limite a ofrecer su opinión sobre resultados obtenidos. En el caso que nos ocupa, sin embargo, los agentes aportaron, desde el principio, valiosa información para la realización del modelo espacial (Hewitt et al 2014), incluido, objeto de la presente comunicación, la identificación y priorización de los indicadores más relevantes para la futura gestión del espacio natural.

## 2. MÉTODOS

### 2.1 Proceso participativo: desarrollo y priorización de indicadores

El proceso de desarrollo de los indicadores formó la última fase de modelización participativa realizado con agentes locales conocedores del END a través de una serie de talleres (Hewitt et al 2014). Esta tarea se llevó a cabo en dos fases: a) definición y generación participativa de una batería de indicadores de utilidad a construir con los resultados del modelo, y b) priorización de la utilidad de los mismos. La metodología de trabajo consistió en dividir a los participantes en tres grupos de cuatro personas (doce participantes representando



**Figura 1.** Sociograma de los agentes clave (según sector) involucrados en el proceso participativo<sup>1</sup> (Fuente: OCT, elaboración: Ana Zazo Moratalla)

<sup>1</sup> Descargar Lista de Participantes: <https://www.geogra.uah.es/duspanac/taller.html>

nueve sectores, véase la Figura 1), para facilitar una lluvia de ideas<sup>2</sup> sobre los indicadores más interesantes. Al finalizar, se unió la información recopilada por cada grupo en un papelógrafo conjunto, de manera que cada participante pudo escoger y puntuar los tres indicadores más relevantes, estableciendo un sistema de puntuación según nivel de preferencia. De este modo, se pasaron las tres listas realizadas por los grupos a una única lista de once indicadores priorizados (Tabla 1).

Orden de priorización	Indicadores participativos priorizados	Detalles
1	¿Existen indicadores que vinculen los procesos sociales y culturales con los usos del suelo?	No se ha podido determinar
2	Superficie de ecosistemas naturales y agricultura tradicional fuera de los espacios protegidos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agricultura tradicional fuera del END</li> <li>• Ecosistemas naturales fuera del END</li> </ul>
3	¿Existe un indicador que vincule la participación y gestión democrática del territorio con los usos del suelo?	No se ha podido determinar
4	Servicios de los ecosistemas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conservación biológica: superficie total de LICs</li> <li>• Conservación biológica: amenazas a la fauna</li> <li>• Captación de CO<sub>2</sub></li> </ul>
5	Índice de conectividad.	Índice de conectividad
6	Superficie de marisma mareal.	Superficie de marisma mareal
7	Longitud o superficie de bosques de ribera.	No se ha podido determinar
8	Consumo de agua (agrícola, doméstica).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo de agua doméstica</li> <li>• Consumo de agua agrícola</li> </ul>
9	Calidad de agua.	No se ha podido determinar
10	Producción de residuos (Toneladas producidas)	Producción de residuos
11	Presencia de industria tecnológica.	No se ha podido determinar

Tabla 1. Indicadores priorizados y determinados posteriormente (Fuente: proyecto DUSPANAC y agentes)

## 2.1 La simulación de los Eco-futuros en el modelo DUSPANAC

Los escenarios de Eco-futuros (Palomo et al. 2012), si bien eran espacialmente explícitos, no contemplaban los usos del suelo como parte integrante de los mismos. Por ello, para la simulación de estos escenarios de futuro en DUSPANAC, una de las actividades desarrolladas en los talleres participativos estuvo destinada a estimar, en términos de demandas de suelo para cada una de las categorías de usos del suelo, las implicaciones que cada uno de estos escenarios futuros tendrían en la configuración de los usos del suelo. Para más información sobre los escenarios, véase <http://www.geogra.uah.es/duspanac/escenarios.html>.

## 2.2 Metodología empleada para generación de los indicadores

Como consecuencia de falta de disponibilidad de datos, no todos los indicadores pudieron ser obtenidos. Por otro lado, unos indicadores priorizados por los agentes se dividieron en varias partes para facilitar su elaboración (Tabla 1).

### 2.2.1 Superficie de ecosistemas naturales y agricultura tradicional fuera de los espacios protegidos

El indicador se ha dividido en dos partes:

*A: Agricultura tradicional fuera del END:* Se ha considerado como agricultura tradicional, según las indicaciones de los agentes locales, las siguientes categorías de usos del suelo: Olivar y viñedos de secano, Otros cultivos de secano. Se ha calculado el indicador sumando las áreas correspondientes a los usos del suelo "Olivar y

<sup>2</sup> Esta técnica es ampliamente utilizada en procesos de trabajo en colectivo para recoger el máximo de reflexiones y posturas que surgen de forma espontánea que se recogen en común y posteriormente pasan a debatirse

viñedos de secano" y "Otros cultivos de secano" para cada uno de los escenarios en software SIG. El área calculada, con el fin de que se puedan apreciar mejor las diferencias entre los distintos escenarios, se normaliza con el área total, con valores entre 0 y 1, siendo 0 que no existen usos del suelo dedicados a la agricultura tradicional y 1 que la totalidad del espacio está dedicada a los usos del suelo relacionados con esta actividad.

*B: Conservación de los ecosistemas naturales fuera del END* : Dentro de las categorías de usos del suelo, se han considerado como ecosistemas naturales las siguientes: Matorral, Pastizal, Sistema litoral natural, Marisma no mareal, Marisma mareal, Pinares, Otro arbolado, Ríos y cauces, y Lagunas naturales. No se ha incluido la categoría Mar ni Zonas mareales, ya que se asume que no van a sufrir cambios. La metodología utilizada en el cálculo de este indicador es la misma que la utilizada para el indicador Agricultura tradicional, con la diferencia de que en este caso se suma la superficie de los usos del suelo indicados anteriormente. Al igual que en el caso anterior, la superficie de ecosistemas naturales se ha normalizado con el total de superficie para resultar en un valor entre 0 y 1, siendo 0 que no existen ecosistemas naturales en el escenario y 1 que toda la superficie está ocupada por ecosistemas naturales.

### 2.2.2 Servicios prestados por los ecosistemas

Se ha simplificado el cálculo del indicador seleccionando únicamente dos de los principales servicios ambientales que prestan los ecosistemas de Doñana: La conservación de la diversidad biológica (representada por 2 indicadores) y la captación de CO<sub>2</sub> atmosférico.

*A: Conservación de la diversidad biológica: superficie total de LICs*: Para desarrollar este indicador, se ha considerado que los usos del suelo con una mayor diversidad biológica corresponden con aquellos incluidos bajo la denominación de Lugares de Interés Comunitario (LIC), creados a partir de la Directiva Hábitats de la Unión Europea (92/43/CEE). Se ha llevado a cabo una comparación entre la cartografía de las capas de LIC y la de usos del suelo. Este indicador se ha obtenido por medio del cómputo de la superficie total de estos usos del suelo en cada escenario normalizado con la superficie total del área de estudio.

*B: Conservación de la diversidad biológica: amenazas a la fauna*: Para calcular este indicador partimos de una capa con la información de la red viaria de la zona de estudio y las capas con los usos del suelo en los cinco escenarios desarrollados. Se ha intersectado la capa de red viaria con la de usos del suelo, para así poder diferenciar los tramos de vía que atraviesan cada uso. Posteriormente, se ha calculado la longitud de carreteras que transcurren por cada categoría, sumando aquellas que atraviesan espacios con alta biodiversidad biológica. Con el objeto de minimizar el impacto de este indicador sobre los escenarios que cuentan con una mayor proporción de usos del suelo de alta diversidad, se ha normalizado el dato obtenido en base al total de la superficie de estos usos, que había sido calculado previamente con el indicador de conservación de la diversidad. Se consideran como espacios de alta biodiversidad las mismas categorías de usos del suelo utilizadas en el indicador de conservación de la diversidad biológica.

*C: Captación de CO<sub>2</sub>*: Para el desarrollo de este indicador se han dividido los usos del suelo en dos grupos; aquellos que principalmente actúan como sumideros/receptores de CO<sub>2</sub> atmosférico, y aquellos otros que actúan como fuente/emisores de CO<sub>2</sub> (Tabla 2). El indicador es el resultado de dividir la superficie de usos del suelo que actúan como sumideros de CO<sub>2</sub> por la superficie de usos del suelo emisores.

Usos Sumideros de CO <sub>2</sub>	Usos emisores de CO <sub>2</sub>
Matorral	Minería, vertederos y zonas en construcción,
Cultivos intensivos (leñosos en regadío),	Urbano
Cultivos en secano (olivar y viñedo)	Industrial
Eucaliptales, Pinares, y otro arbolado o arbolado mixto.	Infraestructura viaria, ferroviaria, aérea, portuaria y otras infraestructuras técnicas.

Tabla 2. Usos sumideros y emisores de CO<sub>2</sub>

### 2.2.3 Conectividad ecológica (Matorral)

Siguiendo la metodología propuesta por autores como Marull y Mallarach (2002) y ATECMA (2007), se calculó el Índice de Conectividad Ecológica (ICE) respecto al Matorral, unas de las asociaciones vegetales más importantes para la conservación de la biodiversidad de la zona, con el objetivo de representar la facilidad o dificultad que ofrece el territorio para la expansión de esta asociación vegetal en función de cada escenario. Para obtener el ICE, se realizaron los siguientes pasos: 1) Extracción de la superficie del matorral para cada uno de los escenarios; 2) Eliminación de esta cobertura de las manchas compuestas por menos de 10 celdillas (100 ha), considerando esta superficie la mínima para servir como área ecológica funcional (Marull y Mallarach 2002); 3) Creación de una superficie de impedancias o valores de fricción asociadas a las diferentes categorías de usos a partir de la cartografía de usos del suelo que representa la resistencia de las coberturas a ser atravesadas (Tabla 3). Se consideraron las carreteras, los usos del suelo artificiales y el mar como barreras (Tabla 3, Factor de Fricción 1); 4) Cálculo del coste de atravesar la cobertura de matorral desde cualquier punto del territorio con respecto a la superficie de impedancias, mediante una función que pone en relación distancia con fricción; 5) Computación del ICE, que representa la información previamente calculada en una escala logarítmica con valores entre 1, y 10, 10 siendo la máxima conectividad ecológica y 1 la menos (Figura 2).

Uso	Fricción	Uso	Fricción	Uso	Fricción	Uso	Fricción
Matorral	0.001	Alterado etc	1	Otros cultivos en regadío	0.7	Infra. viaria	1
Pastizales	0.1	Urbano	1	Secano	0.7	Infra. hidráulica	1
Sistema litoral natural	0.9	Industrial	1	Viñedo y olivar	0.7	Ríos y cauces naturales	0.9
Marisma no mareal	0.5	Arroz	0.8	Eucaliptales	0.1	Lagunas naturales	0.9
Marisma mareal	0.9	Cultivos bajo plástico	0.9	Pinares	0.1	Mar y zonas mareales	1
Minería etc	1	Leñosos en regadío	0.7	Otro arbolado y a. mixto	0.1		

**Tabla 3.** Factor de fricción aplicado a cada uso del suelo

### 2.2.4 Marisma Mareal

Este indicador consiste en la superficie total de marisma mareal bajo cada escenario.

### 2.2.5 Consumo de agua

*A: Consumo de agua en medio urbano.* El crecimiento del uso de suelo urbano en la zona conlleva irremediamente un aumento en el consumo de agua. Conociendo el aumento de suelo urbano que se produce en cada uno de los escenarios futuros, se ha obtenido un indicador que traduce el equivalente aumento en el consumo de agua. El incremento del suelo urbano se ha calculado por medio de una tabulación cruzada entre los usos del suelo urbano en la situación inicial y la superficie de este mismo uso del suelo en cada uno de los escenarios futuros.

*B: Consumo de agua agrícola.* A pesar de que el crecimiento urbano es un factor a tener en cuenta en el consumo de agua, la agricultura aparece como el principal demandante de agua de la zona, especialmente la agricultura intensiva en régimen de regadío. El aumento de cultivos intensivos como los frutos rojos, ha supuesto un aumento en la explotación de los recursos hídricos, en ocasiones de forma ilegal, suponiendo otra grave amenaza para los humedales de Doñana. Para determinar el consumo de agua agrícola se ha seguido la misma metodología que en el indicador de consumo de agua urbano, pero comparando la superficie de

cultivos de regadío en lugar de la urbana. Al igual que en el caso anterior, el indicador se expresa en porcentaje de variación sobre la situación inicial. El tipo de cultivo, no solo la extensión de cultivo, tiene importantes implicaciones para el consumo del agua agrícola. Como trabajo futuro, sería interesante modificar este indicador para tener en cuenta las diferentes demandas de agua de los distintos cultivos.

### 2.2.6 Producción de residuos

A falta de fuentes estadísticas que pudieran ser vinculadas directamente con la producción de residuos a los diferentes usos de suelo, se establecen datos a nivel municipal de los diferentes tipos de residuos, pudiendo ver de esta manera la distribución espacial en el END. Se establece el número de residuos urbanos por toneladas, residuos peligrosos tanto en la agricultura como en la industria química.

## 3. RESULTADOS

En este apartado presentamos los resultados obtenidos para cada uno de los indicadores que pudieron ser determinados (Tabla 4). El Índice de Conectividad (ICE), esta presentado en forma de mapa (Figura 2).

Indicador	E0	E1	E2	E3	E4
Agricultura tradicional fuera del END	0,21	0,20	0,18	0,28	0,25
Ecosistemas naturales fuera del END	0,14	0,21	0,22	0,24	0,22
Conservación de la biodiversidad	0,22	0,26	0,28	0,31	0,28
Amenazas a la fauna	0,18	0,2	0,19	0,17	0,24
Captación de CO2 (todos los usos del suelo)	14,04	13,34	11,45	14,98	15,59
Captación de CO2 (solo vegetación leñosa)	10,41	13,40	8,23	18,07	22,52
Índice de Conectividad	Mapa (Figura 2)				
Superficie de marisma mareal (ha)	15487	16247	16218	16263	16276
Consumo de agua urbano (% incremento)	37,83%	6,89%	115,37%	-0,02%	-35,09%
Consumo de agua agrícola (% incremento)	37,00%	-1,72%	-15,66%	-65,86%	-30,09%
Producción de residuos (toneladas)	Mapa (no mostrado)				

Tabla 4. Indicadores obtenidos en todos los escenarios

### 3.1 Agricultura tradicional fuera del END

El indicador de conservación de la agricultura tradicional presenta valores entre 0 y 1, siendo 0 que no existe ocupación del suelo dedicada a la agricultura tradicional y 1 que la totalidad de la superficie se dedica a esta actividad. El escenario 3 "Doñana árida" es el que presenta un mayor valor en el indicador, dado el gran crecimiento de los cultivos de secano en este escenario debido a la escasez de agua que impide el desarrollo de la agricultura intensiva. El escenario 4 "Doñana adaptativa" obtiene el segundo mejor resultado. Por el contrario, el escenario 2 "Doñana marca registrada" es el que ha obtenido un valor más bajo. En este escenario se considera que la globalización y las multinacionales son el principal impulsor de cambio. Esto conllevaría a que las explotaciones tradicionales de baja productividad tendrían difícil competir con la agricultura intensiva.

### 3.2 Ecosistemas naturales fuera del END

Al igual que en el caso anterior el indicador toma un valor entre 0 y 1. Los resultados mostrados en la Tabla 4 indican que el escenario 3 "Doñana árida" ha obtenido un valor más alto que el resto. Los efectos del cambio climático y el aumento de la aridez han impedido el desarrollo de la agricultura intensiva en la zona, por lo que hay una mayor preponderancia de los ecosistemas naturales, especialmente debido al gran crecimiento del matorral y en menor medida de los pinares. Sin embargo, hay que tener en cuenta que otros ecosistemas como los sistemas litorales naturales u otro arbolado han disminuido su extensión. El escenario 0 "Todo sigue igual" es el que presenta mayores diferencias con los otros, ya que presenta un valor del indicador mucho más bajo. Esto es debido a que el escenario supone que va a continuar el mismo crecimiento, tanto de la agricultura intensiva como del uso urbano y residencial, que se produce a costa de los usos del suelo naturales. En este escenario todos los ecosistemas naturales presentes en el END disminuyen en extensión.

### 3.3 Conservación de la biodiversidad

El indicador tomará un valor de 0 a 1. Como indica la tabla 6 el escenario 0 “Todo sigue igual” es el que obtiene peor resultado en el indicador de biodiversidad. Ha perdido superficie de matorral, marismas y litoral en beneficio de las tierras agrícolas y el desarrollo urbano. El escenario que tiene un valor más alto en el indicador corresponde al escenario 3 “Doñana árida”, donde el cambio climático es el principal motor de cambios en el territorio. Este resultado parece contradictorio con las propias expectativas del escenario, ya que una mayor desertificación debería afectar de forma negativa a la biodiversidad de la zona, muy vinculada al agua. Al igual que en el indicador de conservación de ecosistemas naturales, es debido principalmente al desarrollo del matorral, aunque otros espacios se verían perjudicados.

### 3.4 Amenazas a la fauna

En este caso el escenario con un mayor riesgo de atropello es el escenario 4 “Doñana adaptativa”, con un valor significativamente superior a los otros escenarios, lo que podría llegar a suponer una importante amenaza para la fauna terrestre y, en concreto, para algunas especies amenazadas como el lince ibérico. El escenario 3 “Doñana árida” cuenta con una menor longitud de carreteras atravesando zonas de alta diversidad.

### 3.5 Captación de CO<sub>2</sub>

El escenario 4 “Doñana adaptativa” es el que obtiene un valor de indicador más alto en los dos casos, aunque se puede apreciar que en el segundo caso, donde solo se tiene en cuenta especies leñosas, la diferencia con los demás escenarios es más pronunciada. En ambos casos el peor posicionado es el escenario 2 “Doñana marca registrada”, debido a la pérdida de masas forestales y agricultura leñosa.

### 3.6 Conectividad ecológica

La conectividad ecológica es mayor en las zonas cercanas al matorral y en otras zonas de vegetación o bosque fácilmente transitable por las especies terrestres, salvo que encontremos barreras como son las vías de comunicación o suelo urbanizado o alterado. Las zonas de menor conectividad ecológica incluyen zonas cercanas a las ciudades y las marismas mareales, debido a que el agua puede ser un impedimento para la relación entre especies terrestres. Si comparamos los escenarios podemos ver casos llamativos como en el Escenario 3 que aumentaría la conectividad ecológica, por lo menos en el sur de la zona, debido a la pérdida de cultivos intensivos y arrozales y su reemplazo por matorral, consecuencia de la escasez de agua bajo este escenario (Doñana árida).

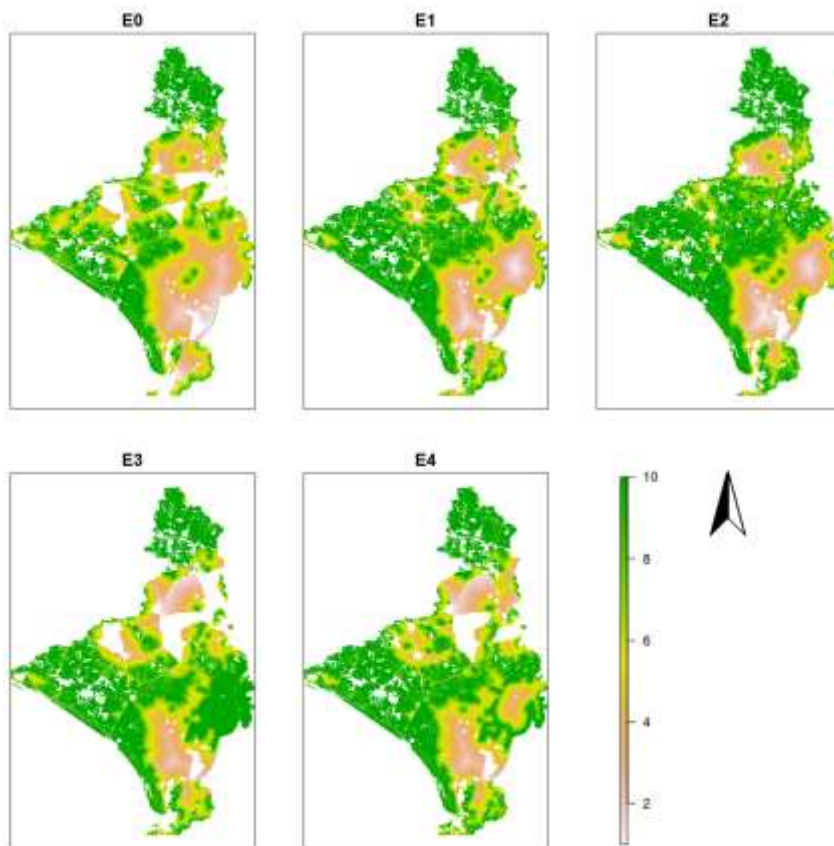


Figura 2. Representación de la conectividad ecológica para cada Escenario

### Marisma mareal

El primer escenario (Escenario 0) será el que menos marisma mareal va a tener con 154 Km<sup>2</sup>, el resto de escenarios se van a situar en torno a los 162 Km<sup>2</sup>.

### 3.7 Consumo de agua urbano

El indicador muestra diferencias muy notables en el incremento de superficie urbana, y por lo tanto, en la cantidad de agua consumida. El Escenario 2 "Doñana marca registrada" presenta incrementos de la superficie urbana de más del 100%, lo que va a suponer un importante aumento en el consumo de agua urbano. En el sentido opuesto, el escenario 4 "Doñana adaptativa" muestra no solo que no existe crecimiento urbano, sino que hay una pérdida de la superficie destinada a dicho uso de cerca del 35%. Es poco probable que esta situación llegue a darse en la realidad, pero en cualquier caso, en este escenario las zonas urbanas no aumentarían, evitando así la presión sobre los recursos hídricos del entorno.

### 3.8 Consumo de agua agrícola

La evolución de la agricultura de regadío es muy diferente en función de cada escenario futuro. El escenario 0 o escenario tendencial es el único en el que se produce un aumento de la agricultura de regadío, por lo que continuar en la tendencia actual de creación de nuevos regadíos supondría un enorme riesgo para los acuíferos de Doñana y también para todos los ecosistemas que dependen de ellos. En el escenario 3 "Doñana árida" es donde encontramos unas mayores pérdidas de agricultura de regadío. Es lógico que así sea ya que el cambio climático y la escasez de agua en general harán de ésta un recurso cada vez más limitado.

### 3.9 Producción de residuos

Tras consultar diversas fuentes, los únicos datos de producción de residuos a menor escala que hemos podido encontrar son los de carácter municipal. Por lo tanto, se hace muy difícil su correspondiente relación con los



usos del suelo. Los residuos peligrosos provienen de dos fuentes importantes, la agricultura y la industria química. En el caso de la agricultura, las zonas rurales serán lógicamente las más afectadas, en este sentido destaca el municipio de Jerez de la Frontera, debido a su importancia agraria. Respecto a otros tipos de residuos peligrosos, las zonas urbanas son las que mayor riesgo de producción tienen, ya que es donde se ubican la mayoría de las zonas industriales.

#### 4. DISCUSIÓN

Es de destacar que en algunos de los indicadores como son la conservación de la agricultura tradicional, conservación de los espacios naturales, conservación de la biodiversidad o consumo de agua agrícola, es el escenario 3 "Doñana árida" el que obtiene unos mejores resultados. Este hecho puede ser contradictorio con las expectativas creadas para un escenario de futuro donde el cambio climático y la escasez de los recursos hídricos van a ser los principales motores de cambio. Lo más lógico resulta pensar que en un ecosistema donde el agua resulta ser un valor fundamental que permite la presencia de ecosistemas como las lagunas y marismas, su escasez suponga un deterioro de los ecosistemas naturales de la zona.

Este resultado se debe, por un lado, a que la escasez de recursos hídricos ha hecho del agua un recurso escaso, y por lo tanto caro, que impide el desarrollo de una agricultura de regadío, lo que convierte a los sistemas agrícolas tradicionales de secano en la única alternativa posible. Por otro lado, está explicado por el aumento de superficie de algunos ecosistemas como matorral y pinar, mejor adaptados a un clima más árido. Hay que tener en cuenta que el estudio de especies o ecosistemas concretos, como el caso de aves o ecosistemas acuáticos, podrían dar un resultado diferente.

Así mismo, resulta interesante analizar los resultados obtenidos en los indicadores por el escenario 4 "Doñana adaptativa", que fue ideado como el mejor de los escenarios posibles. El E4 obtiene la mejor puntuación en los indicadores de captación de CO<sub>2</sub> atmosférico, así como en el de consumo de agua urbano y la superficie de marisma mareal. En el resto de los indicadores, el E4 ha obtenido la segunda mejor puntuación, en ocasiones empatando frente al E2 "Doñana marca registrada".

#### 5. CONCLUSIONES

Sin duda estos resultados nos muestran como la idealización del futuro que queremos a través de los escenarios no se corresponde con los indicadores que son más necesarios para la planificación y gestión diaria y actual del END. La definición participativa de los indicadores a desarrollar basados en los resultados del modelo DUSPANAC es novedosa desde la fase de definición, su priorización hasta su construcción, siempre teniendo en cuenta el objetivo final que es obtener indicadores útiles que se puedan medir a partir de los resultados del modelo DUSPANAC. Esto hace que lo que podría ser un proyecto de investigación más, en el que se generan informes que posteriormente se trasladan a la población objetivo, se transforma en un proyecto vivo y dinámico con intervención y acción de los agentes locales. Comunes denominadores en el imaginario de los agentes locales participantes son el agua, la biodiversidad, los humedales, la fauna, la agricultura tradicional y la función de sumidero de CO<sub>2</sub> que realizan las masas de vegetación, lo que sitúa a estos grandes temas como ejes clave para el futuro del END.

#### 6. AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer al Organismo Autónomo de Parques Nacionales (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente) la financiación concedida en su convocatoria de 2010 (ref 118/2010) al proyecto DUSPANAC. Agradecemos también al proyecto SIGEOMOD II (BIA2013-43462-P) financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad y por el Fondo Europeo Regional FEDER por el apoyo a la asistencia del congreso. Por último, queremos agradecer a los participantes en los talleres por compartir con nosotros su gran conocimiento del Espacio Natural de Doñana.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

ATECMA, 2007. *Identificación y diagnóstico de la red de corredores ecológicos de la región de Murcia*. [http://www.murcianatural.carm.es/c/document\\_library/get\\_file?uuid=9cb17911-df85-4d4e-aa22-fcc3cdc2261e&groupId=14](http://www.murcianatural.carm.es/c/document_library/get_file?uuid=9cb17911-df85-4d4e-aa22-fcc3cdc2261e&groupId=14)

Hewitt, R., Van Delden, H., & Escobar, F. (2014). Participatory land use modelling, pathways to an integrated approach. *Environmental Modelling & Software*, 52, 149-165.

Manteiga, L. 2000. *Los indicadores ambientales como instrumento para el desarrollo de la política ambiental y su integración en otras políticas*. Estadística y Medio Ambiente. Instituto estadístico de Andalucía. Sevilla. Pp: 75-87.

Marull, J. y Mallarach, J.M, 2002. *La conectividad ecológica en el Área Metropolitana de Barcelona*. Ecosistemas 2002/2. <http://www.aeet.org/ecosistemas/022/investigacion6.htm>

Montes, C. 2007, Construir Resiliencia para Doñana en un mundo cambiante. *Revista Sostenible* 35:14-15

Palomo, I., Martín-López, B., López-Santiago, C., Montes, C. 2012, *El Sistema Socio-ecológico de Doñana ante el Cambio Global: Planificación de Escenarios de Eco-futuro*. Fundación Fernando González Bernáldez. Madrid.

Polanco, C. 2006. *Indicadores ambientales y modelos internacionales para la toma de decisiones*. Universidad Nacional de Colombia. Gestión y Ambiente, vol. 9, Pp. 27-41.

REDIAM., 2014. *REDIAM (Red de Información Ambiental de Andalucía)*. Junta de Andalucía. <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/rediam>

Voinov, A. y Bousquet, F. 2010. Modelling with stakeholders. *Environmental Modelling & Software* 25: 1268.