

Cambios recientes en la ocupación del suelo de los parques nacionales españoles y su entorno

RICHARD HEWITT¹ ✉ | FLORENCIA PERA² | FRANCISCO ESCOBAR³

Recibido: 17/06/2015 | Aceptado: 30/05/2016

Resumen

Ante la necesidad de monitorizar los cambios en los usos del suelo (referido a menudo por sus siglas en inglés LUCC) ocurridos en los parques nacionales (PPNN) españoles, como medida para prever tendencias de cambio no deseadas que comprometan la protección del entorno, se presenta un análisis detallado de los LUCC en los parques que conforman la red de parques nacionales, según la metodología descrita en Pontious *et al.* (2004). Para realizarlo, la conocida base de datos cartográfica Corine Land Cover (CLC) resulta imprescindible al tratarse de la única base de datos de usos del suelo con cobertura en toda España, y con versión multi-temporal contando con la misma clasificación temática en sus tres fechas (1990, 2000 y 2006). Como resultado del análisis de cambio, se investigaron las dinámicas en todos los parques y se determinó una serie de indicadores de dinamismo de cambios de los usos del suelo en la que se captaron las tendencias de cambio que suponen un peligro para los valores naturales, los servicios de los ecosistemas o los hábitats de los parques. Se entiende que los parques en sí mismos, definidos por un límite, dentro del cual se aplican restricciones severas a las actividades que pueden tener lugar, no puede conservarse si en sus inmediaciones se permite la degradación del medio. Por ello, se ha estudiado no sólo cada uno de los parques que componen la red sino también sus zonas colindantes. El análisis permitió determinar las dinámicas de cambio que afectan a los parques y a sus zonas limítrofes sobre dos periodos distintos (1990-2000 y 2000-2006), poniendo de manifiesto los riesgos existente a la vez que su evolución temporal.

Palabras clave: cambios en la ocupación/uso del suelo; dinámicas de cambio; parques nacionales españoles; ecosistemas; hábitats.

Abstract

Recent land cover changes in Spanish national parks and their surroundings

In view of the need to monitor land use changes (often referred to by the English acronym LUCC) that have taken place in Spain's national parks, as a means of preventing undesirable land change tendencies, a detailed analysis, following Pontius *et al.* (2004), is presented of LUCC in the national parks that comprise the network. To do this, the well-known Corine Land Cover (CLC) cartographic database is essential since it remains the only land use database that covers all of Spain for multiple time periods and having the same thematic classification for all three dates (1990, 2000 y 2006). As a result of the change analysis, the dynamics in all of the parks have been investigated

1. OCTI, Observatorio para una Cultura del Territorio | The James Hutton Institute, Craigiebuckler, Aberdeen AB15 8QH, Scotland UK.

2. Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente, Universidad de Alcalá.

3. Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente, Universidad de Alcalá. francisco.escoibar@uah.es

and a series of indicators of land change dynamism have been developed in which the changes that present a risk to the natural values, ecosystem services or habitats have been identified. It is understood that the parks themselves, defined by boundaries within which strict restrictions are applied to the activities that are allowed to take place, cannot be conserved if in their immediate surroundings environmental degradation is permitted. For this reason, the study has investigated not only the parks that belong to the national network but also their neighbouring areas. The analysis permitted the change dynamics that affect the parks and their environs over two different periods (1990-2000 and 2000-2006) to be determined, and the risks existing, together with their temporal evolution, to be demonstrated.

Key words: Land use/cover change, change dynamics, Spanish national parks, ecosystems, habitats.

Résumé

Des changements récents dans l'occupation du sol des parcs nationaux espagnols et ses alentours

Compte tenu de la nécessité de surveiller les changements dans l'occupation du sol (souvent désigné par son acronyme anglais LUCC) survenant dans les parcs nationaux d'Espagne, en tant que mesure pour anticiper une évolution négative des environnements protégés, on présente une analyse détaillée des LUCC, dans les parcs qui composent le réseau espagnol des parcs nationaux, selon la méthodologie décrite par Pontious *et al.* (2004). Pour ce faire, la base de données cartographique Corine Land Cover (CLC) est essentielle car elle est la seule base d'occupation du sol possédant une couverture pour toute l'Espagne, multi-temporelle (1990, 2000 et 2006) et ayant la même classification pour les trois dates. À la suite de l'analyse de la dynamique de changement, ont été étudiés, dans tous les parcs, des indicateurs de changements dynamiques liés aux menaces pour les valeurs naturelles, les services écosystémiques ou les habitats des parcs. Il est entendu que les parcs eux-mêmes, définis par une frontière à l'intérieur duquel des restrictions sévères sur les activités qui peuvent avoir lieu, ne peuvent pas être conservés si la dégradation environnementale est autorisée à proximité. Par conséquent, l'objet d'étude n'a pas été seulement chacun des parcs, mais aussi ses environs. L'analyse a révélé la dynamique des changements touchant les parcs et les zones environnantes sur deux périodes différentes (1990-2000 et 2000-2006), mettant en évidence les risques existants ainsi que leur évolution temporelle.

Mots-clés: changements d'occupation du sol; parcs nationaux espagnols; écosystèmes; habitats.

1. Introducción

En la actualidad, existen en España 15 parques nacionales⁴. La superficie que ocupan dispone así del máximo grado de protección concedido a espacios naturales dentro del marco legal español (Ley 5/2007, de 3 de abril, de la Red de Parques Nacionales; BOE, nº 81, de 4 de abril de 2007, entre otros). Muchos de estos parques cuentan también con otras figuras nacionales e internacionales de protección como son RedNatura 2000 o propiedad de patrimonio mundial natural de UNESCO (como Doñana, Garajonay y Teide). Pese a su alto nivel de protección, estos importan-

4. El Consejo de Ministros aprobó en su sesión de 7 de septiembre de 2012 el anteproyecto de ley para la creación de un 15º parque nacional; el de las Cumbres del Guadarrama. Finalmente fue declarado parque nacional el 25 de junio de 2013 según Ley 7/2013, de 25 de junio, BOE 26/junio/2013, pág 47795. El presente estudio no incluye este parque.

tes espacios naturales no son ajenos a las amenazas derivadas de los cambios globales de origen humano, que se han ido observando y documentado en los últimos años sobre toda la superficie terrestre (p.e., Schröter *et al.*, 2005, Lee and Jetz, 2008, Turner *et al.* 2007) y del proceso urbanizador sin precedentes vivido en España en los últimos 20 años (EEA 2006, OSE 2006, Barredo y Gómez-Delgado 2008, Hewitt y Escobar 2011, Feranec *et al.* 2010).

Figura 1. Localización y forma de los 14 parques integrantes de la Red de Parques Nacionales en España.



Fuente: Elaboración propia. Datos del Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Base cartográfica España 1:500.000, CNIG.

El concepto de protección y conservación de la naturaleza no es novedoso. La primera área protegida formalmente en el mundo como Parque Nacional fue Yellowstone, en el noroeste de Wyoming, Estados Unidos, declarado en 1873 (Pretty 2002). El primer espacio natural declarado parque nacional en España fue Picos de Europa, en 1918 (González y Serrano 2008). No obstante, es importante señalar que las motivaciones y conceptos de esta etapa primaria de conservación fueron muy distintos a los de hoy, y en muchos casos la delimitación de zonas para su conservación dependía del apoyo de los grandes terratenientes impulsados por intereses personales, por ejemplo la caza. Esta situación podía provocar, como fue el caso de Doñana, la conversión del espacio natural en espacio protegido *privado*, creando así lo que ha llamado Ojeda Rivera “un falso dilema” entre “un desarrollo productivista, especulador y destructor de bellezas, y una conservación elitista y señorial” (Ojeda 1987). Se forjó así la idea, que persiste hasta hoy, de considerar al ser humano como una especie aparte separada del mundo natural. Los ecosistemas y la biosfera se mantienen así en un equilibrio delicado que el ser humano pone frecuentemente en riesgo y cuya conservación está necesariamente enfrentada al desarrollo. Conceptos de este tipo, que carecen de apoyo científico, han afectado sin duda nuestra capacidad de solucionar los acusados problemas medioambientales a los que nos enfrentamos (Wu 2008).

A pesar de estas tempranas declaraciones a favor de la protección de la naturaleza, y quizás como consecuencia del paradigma reinante conservación *versus* desarrollo, hubo que esperar hasta la segunda mitad del siglo XX para que se reconociera a nivel político internacional que el fuerte deterioro ambiental, en cuanto a calidad de aire y agua, pérdida de biodiversidad, contaminación de los suelos, cambios en la composición atmosférica, y más recientemente, cambio climático antrópico, presenta una amenaza real creciente a la biosfera de la tierra, sus ecosistemas y hábitats, y como consecuencia, a todas las especies biológicas, incluida la nuestra. La importancia de los parques nacionales, por tanto, va más allá de su belleza natural, su interés turístico, o su función protectora de especies emblemáticas. Su importancia debe estimarse también en relación con su papel como proveedores de servicios de ecosistemas y como repositorios de diversidad y divergencia genética (p.e. Hampe y Petit 2005).

La relación entre los servicios de ecosistemas y el bienestar humano es estrecha, pero los ecosistemas son muy dinámicos y están en cambio constante; por este motivo no existe un “estado óptimo” de salud de un ecosistema que se pueda fijar de manera permanente para asegurar que sigue prestando sus servicios año tras año (Montes 2007). Desde esta óptica, los parques pueden considerarse como organismos cuyo estado de salud puede determinarse a partir de seguimientos y revisiones apropiados.

Tanto los ecosistemas como los servicios que aportan son vulnerables a los cambios de usos del suelo (Metzger *et al.* 2006, Turner *et al.* 2007). La cobertura de la superficie terrestre es clave en el control de factores como la erosión, el suministro de agua y el clima. Por lo tanto, el monitoreo de los cambios en la ocupación del suelo es de crucial importancia de cara a comprender los procesos de cambio en la superficie terrestre y sus ecosistemas. Como resultado de esta preocupación, son numerosos los trabajos recientes sobre los impactos producidos por los cambios en la ocupación del suelo (e.g. Rounsevell *et al.* 2006, Feranec *et al.* 2010, Hewitt y Escobar 2011, Symeonakis *et al.* 2007, Petrişor *et al.* 2014). Gran parte de estos estudios han centrado sus análisis en áreas donde las dinámicas de cambio han sido extremas y donde el impacto sobre los recursos naturales y sobre el bienestar de sus habitantes ha sido acusado. Ejemplos de ello los encontramos en Bangladesh (Dewan y Yamaguchi 2009, Roy 2009), Egipto (Shalaby y Tateishi 2007) o en el África Subsahariana (Brink y Eva 2009) en donde son conocidas las serias implicaciones que sobre la seguridad alimentaria, los recursos naturales, las condiciones de vida de la población y el cambio climático, tienen los cambios en la ocupación del suelo (Marland *et al.* 2003). En el contexto actual de una extendida preocupación en relación al cambio climático inducido por las actividades humanas, un conocimiento en profundidad de los cambios en la ocupación del suelo resulta de crucial y creciente importancia (Turner *et al.* 2007), debiendo centrarse los esfuerzos en todas las áreas del planeta y a todas las escalas.

Así, el objetivo del estudio que aquí presentamos consiste en, por un lado, caracterizar y analizar los cambios en la ocupación del suelo ocurridos en el conjunto de los parques nacionales españoles y en sus inmediaciones dentro de los últimos 20 años aproximadamente (1990-2006), y por otro, representar cartográficamente los cambios observados.

Este doble objetivo constituye la primera fase de un proyecto de investigación más amplio en donde se persigue modelar los cambios de usos del suelo futuros, a 30 años vista, en aquellos parques nacionales en donde la dinámica en los cambios experimentados por la ocupación del suelo haya sido más acusada (Hewitt *et al.* 2014).

2. Metodología

Como fase previa al análisis espacial, se realizó una amplia revisión de la literatura pertinente a través de la cual se identificaron 11 indicadores de dinamismo respecto a los cambios de los usos del suelo (Tabla 1). Aunque la necesidad de desarrollar indicadores adecuados para el seguimiento de los espacios naturales ya viene señalado por diversos autores (p.e. Noss, 1990; Dale y Beyerler 2001; Rodríguez Rodríguez y Martínez Vega 2012), no consta ningún criterio único para la evaluación del impacto sobre los espacios naturales de los cambios en el uso u ocupación del suelo. Por este motivo, se eligieron los 11 indicadores finales según los criterios considerados más relevantes al presente estudio, señalados en la literatura pertinente (Tabla 1).

Tabla 1: Indicadores de dinamismo de usos del suelo (elaboración propia a partir de revisión de la literatura).

No.	Indicador	Criterio	Literatura citada	Campo
1	Cambios observables en el tiempo en los mapas de CORINE	Análisis de los cambios de los usos del suelo es una conocida técnica para la detección de amenazas a las áreas de alto valor natural; corine land cover se desarrolló para cubrir esa necesidad y es la única base de datos disponible con las características adecuadas para este análisis.	Mas 1999, Falucci <i>et al.</i> 2007; Wyatt <i>et al.</i> 1989	Si/no
2	Cantidad de cambio	Los PPNN en los que se observan escasos cambios presentan un menor grado de amenaza al espacio natural, o, al menos, amenazas de distinta clase.	Véase arriba	mucho/poco/nada
3	Cambios a través de grupos, no solo entre grupos (p.e. Ag-N, no N-N)	Cambios entre el mismo grupo son generalmente; 1) de menor preocupación, siendo las categorías del mismo grupo más similar entre sí; 2) más susceptibles a errores de clasificación temática; 3) posiblemente de origen natural. El análisis presentado pretende identificar las transiciones más importantes.	Foody and Boyd 1999	Si/no
4	Frecuencia de cambio	La presencia de cambios en ambos periodos sugería que no se han detectado o no se han podido controlar las pautas observadas a lo largo del periodo de estudio.	Observación propia.	0, 1, 2
5	Cambios que pueden provocar desacuerdo entre distintos agentes territoriales	Identificación de conflictos, y comprensión del contexto socio-económico permite involucrar actores locales en la gestión de los EEPP, algo imprescindible para su adecuada gestión.	DeFries <i>et al.</i> 2007, Wells y McShane 2004.	Si/no
6	Evidencia de Incendios Forestales	Incendios forestales tienen impactos importantes sobre los espacios protegidos. Algunos estudios sugieren que los EEPP pueden ayudar en la prevención de incendios.	Taylor 1973; Nelson y Chomitz 2011	Si/no
7	Riesgo de daño o pérdida a los valores que se hace merecedor de la figura de PN	Según el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente "el objetivo básico de todo Parque Nacional es asegurar la conservación de sus valores naturales". Una evaluación del grado de amenaza que supone los cambios ha de tener en cuenta esta cuestión.	MAGRAMA 2015	Si/no
8	Riesgo a servicios de ecosistemas (p.e. aumento de riego)	Vulnerabilidad de los servicios de ecosistemas a los cambios de usos del suelo	Metzger <i>et al.</i> 2006, Turner <i>et al.</i> 2007, Zorrilla-Miras <i>et al.</i> 2013.	Si/no
9	Amplia gama de categorías y grupos de categorías (artificial, agrícola, natural)	Mayor número de clases de usos del suelo supone: 1) Mayor diversidad; 2) mayor riesgo de cambio debido al mayor número de usos posibles/aptos.	Observación propia.	Si/no
10	Diferencias entre zona limítrofe y área núcleo	Los límites de las aéreas protegidas no abarcan todos los ecosistemas/hábitats de interés para la conservación; medidas de protección pueden resultar infructuosas si existen grandes amenazas en las zonas limítrofes.	DeFries <i>et al.</i> 2007, Palomo <i>et al.</i> 2013	Si/no
11	Presión y competición entre usos	Mayor posibilidad de cambio debido al efecto de autocorrelación espacial.	Tobler 1970	Si/no

Fuente: Elaboración propia a partir de revisión de la literatura

Estos indicadores permitirán caracterizar los cambios detectados en el posterior análisis de cambios de usos del suelo.

El análisis de cambios de usos del suelo se llevo a cabo en dos fases, una fase preliminar con el objetivo de detectar y cartografiar, a rasgos grandes, los parques que han experimentado cambios en el uso/ocupación del suelo, y una fase de estudio detallado, en la que los parques identificados en la fase preliminar del análisis fueron sujetos a una investigación más detallada.

2.1. Fase 1: Análisis preliminar de tabulación cruzada y cartografía

En primer lugar, con software de GIS, se extrajeron desde CLC 1990, 2000 2006, las zonas ocupadas por los parques nacionales y, en unos casos por sus respectivas áreas circundantes de 800 metros y en otros por sus áreas PRUG (Plan Rector de Uso y Gestión). A partir de estas capas de información, se cruzaron los datos de 1990 con los de 2000 y éstos últimos con los de 2006, para cada una de las 3 zonas diferentes (límite del parque, anillo de 800m o PRUG y zona ocupada por cada parque más este anillo o PRUG) estudiadas en cada parque. Los resultados principales obtenidos consistieron en tablas de contingencia y en cartografía de cambios para cada una de las posibles combinaciones mencionadas.

La metodología adoptada para la consecución de los objetivos planteados está fuertemente basada en la técnica conocida como tabulación cruzada (Pontius *et al.* 2004, Plata Rocha *et al.* 2009, Hewitt y Escobar 2011) que permite la superposición o cruce de dos matrices (en este caso las matrices serían mapas homólogos de ocupación del suelo, de dos fechas de referencia, en estructura raster) conteniendo datos en escala nominal (en nuestro caso, las diferentes categorías de ocupación del suelo). La determinación de los cambios provocados entre las clases de ocupación de suelo entre las tres fechas 1990, 2000 y 2006, se llevó a cabo con el software ILWIS 3.7, un software SIG de distribución y uso libre.

La Tabla 2 muestra, a modo de ejemplo, la tabla de contingencia obtenida tras la tabulación cruzada realizada en el parque de Doñana, más su zona circundante de 800 m. entre los años 1990 y 2000. En la diagonal se observan las hectáreas que han permanecido inalteradas en el periodo considerado. Para facilitar su lectura, se han coloreado las zonas de la tabla que muestran grupos de dinámicas entre usos artificiales, naturales y agrarios.

Los resultados de la primera fase del análisis son de doble naturaleza; por un lado se obtienen salidas cartográficas (zonas de cambio frente a zonas estables, todos los tipos posibles de transición encontrados entre las dos fechas de referencia o agrupaciones de tipos de cambio), y por otro se obtiene una tabla de contingencia en donde queda recogida la cantidad de suelo (en hectáreas o en píxeles) que pasa de una categoría a otra o que no cambia de valor entre las dos fechas. A partir de estos resultados pueden calcularse diversos índices que permiten caracterizar y cuantificar los cambios acaecidos entre las dos fechas. La segunda parte de la operación consistió en mostrar el mismo resultado en forma de mapa para poder visualizar la ubicación de los cambios detectados. Los resultados de la primera fase permitieron separar los parques en dos grupos básicos, por una parte, los que experimentaron pocos cambios o ningún cambio entre las fechas del estudio, los cuales fueron descartados antes de pasar a la segunda fase, y por otra parte los parques que si experimentaron cambios importantes que les hicieron merecedores de atención detenida.

Tabla 2. Tabulación cruzada mostrando la división de la tabla según los distintos grupos de categorías de ocupación y los cambios entre ellos.

Clave: Art-Art – categorías artificiales a otras categorías artificiales, Ag-Art – categorías agrícolas a categorías artificiales, N-Art – categorías naturales a categorías artificiales, etc. La línea roja intermitente siguiendo la diagonal, indica las superficies que no han sufrido cambios. Los números de 1 a 44 de las filas y columnas corresponden con las categorías de usos del suelo de CLC nivel 3. En la Tabla 3 puede consultarse la descripción de las mismas.

Sum - ha	Doñana90																																												Total
Doñana00	1	9	12	13	14	16	21	22	23	24	25	26	28	29	30	35	37	38	41	43	44	Total																							
1	393																					393																							
9		52																				52																							
11	Art-Art													52								52																							
12			2685																			2685																							
13				158										28	11							197																							
14					146																	146																							
16				43	96								21	15								175																							
21	Art-Ag												46		16							202																							
22																						79																							
23									1253													1253																							
24										6203												6203																							
25											572											572																							
26												1108										1126																							
28													48									8066																							
29													87	3038								3352																							
30																						3897																							
35	Art-N																					23056																							
37																						931																							
38																						305																							
41																						6604																							
43																						1348																							
44																						2574																							
Total Result	393	52	2685	201	146	96	392	79	1405	6210	640	1175	8266	3065	3884	22804	931	305	6604	1348	2587	63268																							

Fuente: Elaboración propia.

2.2. Fase 2: Análisis de ganancias y pérdidas

Con el grupo de parques en que se habían detectado cambios importantes, se procedió a realizar un análisis de ganancias y pérdidas, siguiendo la metodología establecida por Pontius *et al.* (2004), con el objetivo de diferenciar entre patrones sistemáticos de cambio y transiciones de menor importancia que se encuentren dentro de los parámetros esperados de error aleatorio. Primero, se convirtió la matriz de cambios obtenida del modo anteriormente señalado en porcentajes para extraer la proporción del territorio ocupado por cada uso del suelo. Desde la nueva matriz, se generaron dos tablas nuevas, correspondiendo a ganancias observadas para cada uso por un lado y pérdidas observadas por uso por otro. Posteriormente se calcularon las ganancias y pérdidas esperadas si los cambios hubiesen estado distribuidos entre las categorías de manera proporcional (Ecuaciones 1 y 2), es decir, un uso que ocupa un 10% del área total examinada, debería recibir 10% del cambio acaecido.

[Eqn 1, ganancias esperadas] (Pontius *et al.* 2004)

$$G_{ij} = (P_{+j} - P_{jj}) \left(\frac{P_{i+}}{\sum_{i=1, i \neq j}^J P_{i+}} \right)$$

[Eqn 2, pérdidas esperadas] (Pontius *et al.* 2004)

$$L_{ij} = (P_{i+} - P_{ii}) \left(\frac{P_{+j}}{\sum_{j=1, j \neq i}^J P_{+j}} \right)$$

Donde P_{i+} es la proporción del mapa en la categoría i en Tiempo 1, y P_{+j} es la proporción del mapa en la categoría j en Tiempo 2, P_{ii} es la proporción del mapa que registra persistencia de la categoría ii , P_{jj} es la proporción del mapa que registra persistencia de la categoría j , G_{ij} y L_{ij} son las

ganancias (G) y pérdidas (P) esperadas si los cambios fueron el resultado de errores distribuidos de manera aleatoria.

Después, se calculó la diferencia entre las ganancias y pérdidas observadas y esperadas ($O - E$) para cada uso, y por último, se calculó esta diferencia en función de la superficie ocupada por cada uso ($O-E/E$). De esta manera se obtuvieron una serie de matrices analizando los cambios en términos de ganancias y pérdidas. Las transiciones sistemáticas más significativas para cada parque se incluyen en el apartado 3 (Resultados). El criterio para determinar cuáles transiciones se consideran significativas y cuáles no, se basó en los dos valores explicados al comienzo de este párrafo.

Dado la cantidad de tablas obtenidas en la primera fase del análisis, no resultó cómodo realizar esta segunda fase de análisis detallado a mano. Para facilitar la tarea, escribimos dos scripts en formato R (R Core Team 2015) para recibir las tablas de entrada y hacer los cálculos necesarios. Con ánimo de ayudar futuros equipos que se encuentran con tanta abundancia de datos, presentamos los scripts y un ejemplo del formato de la tabla de entrada en los Anexos 1, 2 y 3 al final de este artículo.

2.3. La base de datos utilizada: CORINE Land Cover (CLC)

Los datos empleados para el análisis debían permitir contar con información sobre la ocupación del suelo en, al menos, dos fechas suficientemente separadas en el tiempo. Además, con el fin de poder comparar los parques entre sí, debía contarse con los mismos para todos ellos. Estos dos condicionantes no dejan otra elección que la base de datos CLC. Además de lo expuesto, CLC presenta la ventaja de haber sido ampliamente estudiada, y por tanto sus limitaciones son bien conocidas (Gallego 2000, Felicísimo y Sánchez Gago, 2002, Maucha y Büttner, 2005), y haber sido adoptada en numerosos estudios de distinta índole (Petrisor *et al.* 2010, Feranec *et al.*, 2010, Hewitt y Escobar 2011, Díaz y Gutiérrez 2013). Otras ventajas no desdeñables, sobre todo de cara a futuros estudios que trasciendan nuestras fronteras, reside en el hecho de que CLC presenta una cobertura europea y es de distribución gratuita, bien desde la propia Agencia Europea del Medio Ambiente (www.eea.europa.eu), o desde los institutos y agencias nacionales de cartografía.

La actual disponibilidad de Corine para tres fechas (1990, 2000 y 2006) permitió analizar diferentes ritmos de evolución de la configuración de los usos del suelo aplicando el análisis a dos periodos distintos; 1990-2000 (en adelante periodo 1) y 2000-2006 (en adelante periodo 2). Considerando los 14 parques y las 3 zonas estudiadas para cada uno de ellos así como los dos periodos mencionados, se llevaron a cabo 84 tabulaciones cruzadas.

CLC presenta cinco grandes secciones en lo que se denomina su nivel 1 (zonas artificiales, áreas agrícolas, bosques y áreas semi-naturales, zonas húmedas y agua) que a su vez se subdividen llegando a formar un total de 44 categorías diferentes⁵ en su nivel 3. En la Tabla 3, se presentan las 44 categorías distintas de CLC nivel 3, con los parques nacionales y su zona colindante en los que se encuentran. Por evidentes motivos geográficos, no todas las categorías de CLC están representadas en todos los parques, por ejemplo, humedales y zonas pantanosas se encuentran en los parques de Doñana y las Tablas de Daimiel, pero no en Ordesa y Monte Perdido, que por su parte cuenta con 128 ha de glaciares y nieves permanentes.

5. En el sitio de la Agencia Europea del Medio Ambiente (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/corine-land-cover-2000-by-country/legend.png>) puede consultarse y descargarse la leyenda original de Corine

Tabla 3: Categorías de usos del suelo de CLC 1990-2006 presentes en los 14 parques nacionales españoles. Los acrónimos adoptados para cada parque (cabecera de las columnas) se encuentran incluidos en la Figura 1.

Codigo	Descripción	corto	AIG	CBN	CBR	CLT	DON	GAR	ISA	MON	OMP	PIC	SNV	TDA	TEI	TIM
1	Tejido urbano continuo	TUC														
2	Tejido urbano discontinuo	TUD														
3	Zonas industriales o comerciales	ZIC														
4	Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados	RVFTA														
5	Zonas portuarias	ZP														
6	Aeropuertos	A														
7	Zonas de extracción minera	ZEM														
8	Escombreras y vertederos	EV														
9	Zonas en construcción	ZC														
10	Zonas verdes urbanas	ZVU														
11	Instalaciones deportivas y recreativas	IDR														
12	Tierras de labor en secano	TLN														
13	Terrenos regados permanentemente	TRP														
14	Arrozales	A														
15	Viñedos	V														
16	Frutales	F														
17	Olivos	O														
18	Praderas	P														
19	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	CAACP														
20	Mosaico de Cultivos	MC														
21	Terrenos principalmente agrícolas etc.	TPA														
22	Sistemas agroforestales	SA														
23	Bosques de frondosas	BF														
24	Bosques coníferas	BC														
25	Bosques mixtos	BM														
26	Pastizales naturales	PN														
27	Landas y matorrales	LM														
28	Vegetación esclerófila	VE														
29	Matorral boscoso de transición	MBT														
30	Playas, dunas y arenales	PDA														
31	Roquedo	R														
32	Espacios con vegetación escasa	EVE														
33	Zonas quemadas	ZQ														
34	Glaciares y nieves permanentes	GNP														
35	Humedales y zonas pantanosas	HZP														
36	Turberas	T														
37	Marismas	M														
38	Salinas	S														
39	Zonas llanas intermareales	ZLI														
40	Cursos de agua	CA														
41	Láminas de agua	LA														
42	Lagunas costeras	LC														
43	Estuarios	E														
44	Mares y oceános	MO														

Fuente: Elaboración propia.

2.4. Definición de las áreas de estudio

La zona de estudio está constituida por la red de parques nacionales. Además de considerar la totalidad de la superficie incluida en los perímetros de los parques, los análisis de tabulación cruzada se aplicaron también a la zona circundante en cada uno de ellos, en respuesta a la presunción de que quizá el interior de cada parque, al abrigo de su alto nivel de protección, ha resistido a las fuerzas de cambio, mientras que las zonas colindantes, no contando con la misma protección, han podido fácilmente ser víctimas de cambios bruscos, lo que incidiría negativamente en la calidad medioambiental dentro de los perímetros protegidos.

El tamaño del área circundante, de 800 metros a partir del perímetro, ha sido determinado en base a la región considerada como “vecina” en el análisis aplicado a posteriori a los parques más dinámicos. Si bien la anchura de esta banda exterior es discutible según los objetivos que se persigan, en nuestro caso se trataba únicamente de encontrar los parques (y su zona circundante) más dinámicos.

Para acometer el análisis de tabulación cruzada, se realizó una superposición vectorial (*overlay*) de tipo recorte (*clip*) del mapa base CLC con cada parque nacional en las tres fechas disponibles (1990, 2000 y 2006). Se obtuvo así una serie de mapas correspondientes con las siguientes zonas:

1. Zona incluida en el perímetro de cada parque nacional en las tres fechas (1990, 2000, 2006).
2. Zona considerada por el Plan Rector de Uso y Gestión (PRUG) o en el caso de no disponerse de una zona de PRUG, se estableció una zona de amortiguación (buffer) de 800 metros de ancho partiendo desde el límite del parque en las tres fechas (1990, 2000, 2006).
3. Zona conjunta de ocupación del suelo dentro del parque con zona buffer o PRUG incluido, también para las tres fechas (1990, 2000, 2006).

La Figura 1 representa la localización, forma y extensión de todos los parques que conforman la actual Red de Parques Nacionales así como la franja de 800 metros de anchura circundante. Estas tres áreas; parque, zona circundante y conjunto de parque más zona circundante, son las consideradas en las diferentes tabulaciones cruzadas realizadas y de las que a continuación se exponen resultados.

3. Resultados

Gran parte (ver la Tabla 4) de los cambios observados se producen entre categorías de ocupación del suelo natural. Además, la cantidad de cambio entre 1990 y 2000 es mayor que entre 2000 y 2006 (promedio anual). Es decir, el periodo 1 ha sido más dinámico que el periodo 2.

En toda la red existen grandes diferencias respecto a la cantidad de cambio, el ritmo de cambio y el tipo de cambio entre un parque y otro.

Los parques de Timanfaya e Islas Atlánticas no demuestran ningún cambio en todo el periodo de estudio, según la base de datos de CLC. Aigüestortes, La Cabrera, Caldera de Taburiente, Ordesa y Monte Perdido y Teide muestran pocos cambios o poca diversidad de cambios (p.e. solo natural a natural). Es evidente que estos 6 parques (sin resaltar en la Tabla 19) han experimentado menos cambios perceptibles a corto plazo en la forma y estructura de su territorio que los demás, aunque sin duda algunos cambios no llegan a detectarse debido a la escala y resolución de la fuente cartográfica utilizada. La Tabla 4 muestra el porcentaje de cambio observado para cada parque, en las 3 zonas consideradas, para el conjunto del periodo 1990-2006.

Sin embargo los PPNN de Cabañeros, Doñana, Garajonay, Monfragüe, Sierra Nevada y Las Tablas de Daimiel sí muestran cambios significativos. A continuación se presenta una explicación detallada sobre cada uno de estos parques, acompañada por las Figuras 2 a 8 y las Tablas 5 a 18.

Tabla 4: Cambios en los usos del suelo 1990-2006 en el conjunto de la Red de Parques Nacionales españoles.

De arriba hacia abajo, AIG: Aigüestortes, CBN: Cabañeros; CBR: La Cabrera; CTB: Caldera de Taburiente; DON: Doñana; GAR: Garajonay; ISL: Islas Atlánticas; MON: Monfragüe; OMP: Ordesa y Monte Perdido; PEU: Picos de Europa; SNV: Sierran Nevada; TdD: Tablas de Daimiel; Teide: Teide; Timanfaya: Timanfaya.

PN	% cambio área de estudio	Cantidad de cambio	% cambio PN	% cambio entorno	Máxima área analizada	% cambio solo Nat-Nat (periodo 1)	% cambio solo Nat-Nat (periodo 2)
AIG	0.065	Poco	35	65	PRUG	NA	NA
CBN	3.591	Mucho	70	30	buffer	81	44
CBR	0.150	Poco	NA	NA	PN	NA	NA
CTB	1.463	Poco	82	18	buffer	NA	NA
DON	4.230	Mucho	79	21	buffer	20	48
GAR	1.875	Poco	14	86	buffer	22	49
ISL	NA	Poco	NA	NA	NA	NA	NA
MON	17.915	Mucho	79	21	buffer	96	65
OMP	1.685	Poco	14	86	buffer	100	100
PEU	2.564	Mucho	82	18	buffer	100	97
SNV	1.434	Poco	66	34	buffer	78	93
TdD	0.906	Poco	11	89	PRUG	0	0
Teide	3.060	Mucho	91	9	buffer	NA	NA
Timanfaya	NA	Poco	NA	NA	buffer	NA	NA

Fuente: Elaboración propia.

3.1. Cabañeros

En Cabañeros (Figura 2, Tablas 5 y 6) se apreciaron cambios notables tanto dentro del núcleo del área protegida como en la zona colindante de 800 m, principalmente a lo largo del periodo 1. Destacó el crecimiento de áreas agrícolas; la superficie ocupada por TLS (en la Tabla 3, columna “corto” se incluyen los acrónimos asignados a cada categoría de uso del suelo) aumentó en el periodo 1, pero se estabilizó en los años hasta 2006, e incluso experimentó un leve descenso en la zona buffer. Dentro del parque, las ganancias de TLS fueron en detrimento de BF y MBT, pero en el área buffer, los terrenos contribuyentes fueron PN. Además, en el área de buffer también se incrementó el terreno perteneciente a O, en detrimento de PN. Aumentó también la superficie ocupada por TPA pero con importantes espacios de vegetación natural, siendo el donante BC (periodo 2). Es interesante observar que la pérdida de vegetación natural y el incremento de tierras dedicadas al cultivo se dieron tanto dentro como fuera del parque.

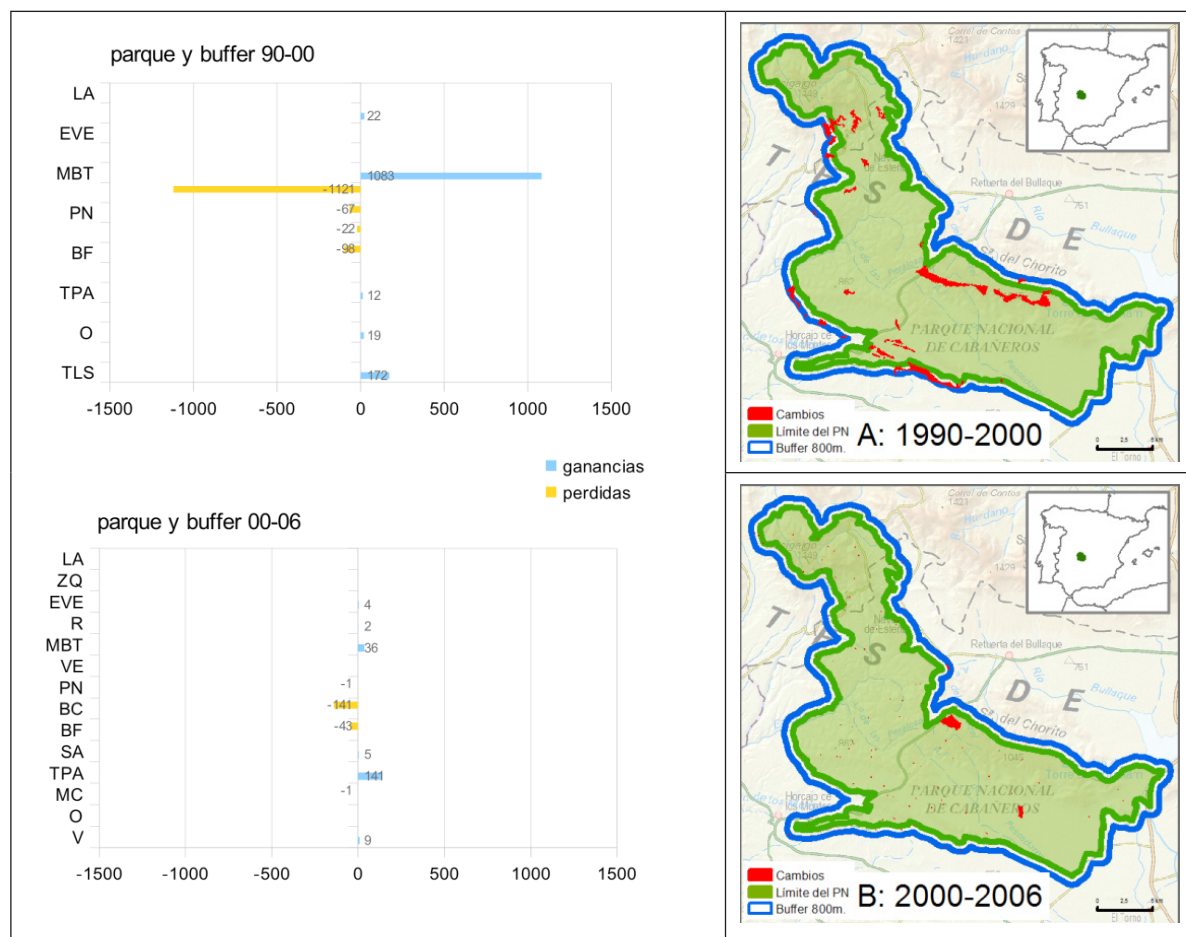
Tabla 5. Cabañeros; variación de superficie (ha, %) por categoría del suelo (1990-2006), área de estudio: parque y buffer.

Categoría	1990 (ha)	1990 (%)	2000 (ha)	2000 (%)	2006 (ha)	2006 (%)
TLS	5280	9.83	5452	10.15	5441	10.13
V	0	0.00	0	0.00	9	0.02
O	166	0.31	185	0.34	185	0.34
MC	61	0.11	61	0.11	60	0.11
TPA	615	1.14	627	1.17	768	1.43

Categoría	1990 (ha)	1990 (%)	2000 (ha)	2000 (%)	2006 (ha)	2006 (%)
SA	2503	4.66	2503	4.66	2508	4.67
BF	12891	24.00	12793	23.82	12750	23.74
BC	3266	6.08	3244	6.04	3103	5.78
PN	1201	2.24	1134	2.11	1133	2.11
VE	12519	23.31	11398	21.22	11398	21.22
MBT	14697	27.36	15780	29.38	15816	29.44
R	174	0.32	174	0.32	176	0.33
EVE	284	0.53	284	0.53	288	0.54
ZQ	0	0.00	22	0.04	22	0.04
LA	60	0.11	60	0.11	60	0.11
Totales	53717	100.00	53717	100.00	53717	100.00

Fuente: elaboración propia

Figura 2: Cabañeros; cambios en los usos del suelo 1990-2000 (periodo 1, arriba) y 2000-2006 (periodo 2, abajo). Izq.: pérdidas y ganancias (ha). Dcha.: mapas de cambios.



Fuente: Elaboración propia. Base cartográfica España 1:500.000, CNIG.

Fuera del límite del parque pero dentro de la zona buffer, 22 ha clasificadas como BC en 1990 se mostraron quemadas en 2000; este espacio aún no se había recuperado en 2006. Los cambios mayores se percibieron entre VE y MBT entre 1990 y 2000 – un 68% del área que presentaba cambios entre estas fechas se ubicó dentro de los límites del parque.

La dinámica principal de cambio de ocupación del suelo se relaciona con la gradual pérdida de áreas de bosque (BF y BC) que pasan a ser cultivadas. Los cambios entre las clases VE y MBT son a primera vista sorprendentes. No obstante, si se combinan las dos categorías para los mapas del parque y zona buffer (27216 ha en 1990, 27178 en 2000 y 27214), no se observa prácticamente ningún cambio en el resultado conjunto (pérdida de 2 ha), con lo cual, cabría postular que los cambios quizás no son reales, sino el resultado de un error en la clasificación.

Tabla 6. Cabañeros; principales transiciones sistemáticas en términos de pérdidas.

Zona de estudio	Periodo	Transición	Diferencia entre valor observado y esperado	Diferencia dividida entre valor esperado
Parque	1	BF a TLS	0.18	6.02
	1	MBT a TLS	0.14	5.94
	1	VE a MBT	1.12	1.40
	2	BC a TPA	0.34	192.78
Buffer	1	PN a TLS	0.37	4.32
	1	PN a O	0.14	16.27
	1	VE a MBT	1.95	2.22
	1	BC a ZQ	0.17	560.95

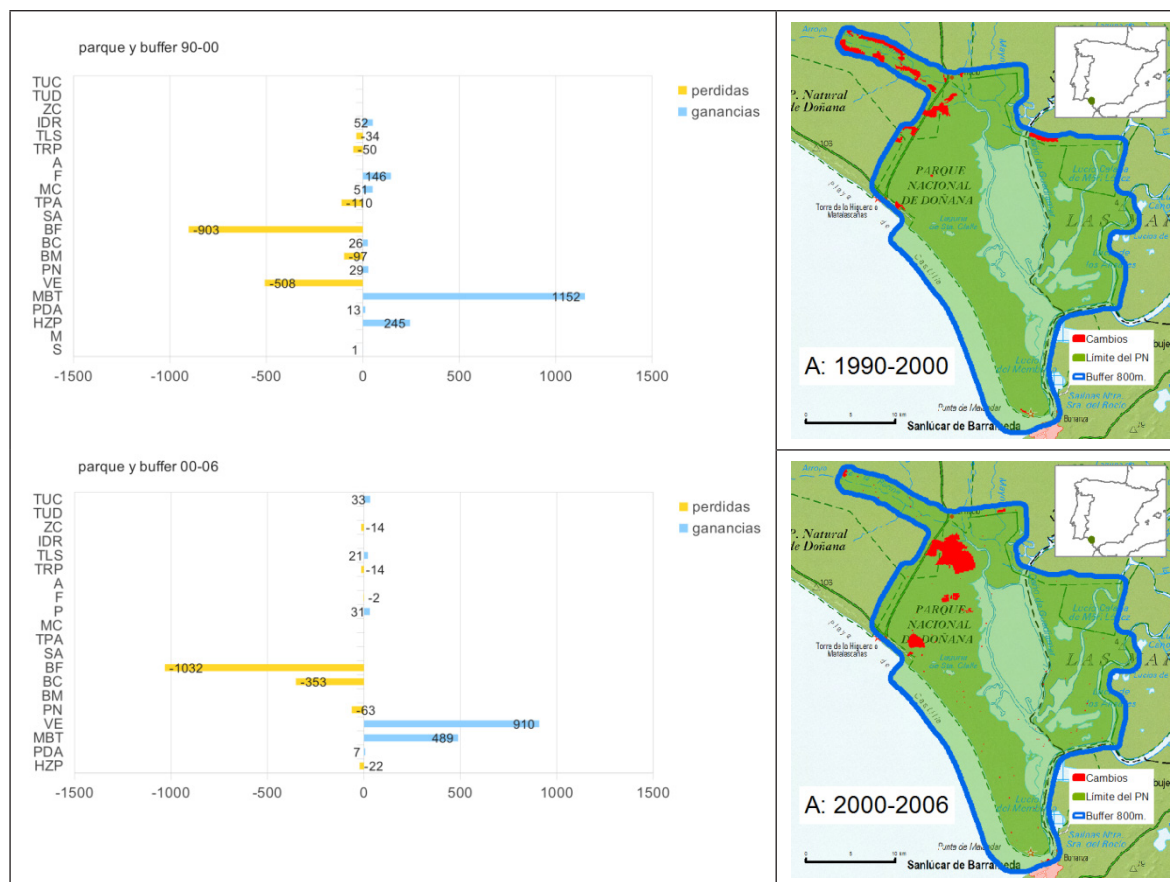
Fuente: Elaboración propia.

3.2. Doñana

Dentro del Parque Nacional de Doñana (Figura 3, Tablas 7 y 8) la dinámica más notable es la fuerte disminución de zonas de bosque, especialmente BF, que aquí parece casi en peligro de extinción (ha perdido un 82,5% de su superficie entre 2000 y 2006). Sin embargo, esta cifra resulta menos preocupante al saber que se debe en su mayor parte al actual programa de eliminación de eucaliptales, una especie invasora introducida con anterioridad a las actuales políticas de conservación, para la explotación de su madera. Aparte de estos importantes cambios en las zonas de bosque, acompañados por el aumento de otros espacios naturales (VE y MBT), se detectaron cambios moderados en el régimen agrícola a partir del principio del periodo 2, con la conversión de 31 ha de BF en P, y de 28 ha de VE en TLS. Estos patrones se pueden interpretar como un leve aumento de actividad agraria dentro del propio parque. En la zona directamente adyacente se apreció un aumento importante de F en el periodo 1. Los usos principales contribuyentes (de mayor a menor importancia) fueron PN (55 ha), TRP (44 ha), y VE (15 ha). También se vio una expansión moderada de TRP en el periodo 1, incorporando 29 ha de VE y MBT. Al mismo tiempo, TPA perdieron superficie (-181 ha), una dinámica que se podría interpretar como evidencia de intensificación agrícola (más frutales, más regadío y menos cultivos tradicionales). El análisis revela que la pérdida de TPA se debe a un aumento de HZP, pero sin duda este dato se trata de un error, tal y como se explica más adelante.

La vulnerabilidad de la zona a las instalaciones relacionadas con el turismo se evidencia por la construcción en el periodo 1 de una zona de camping de 52 ha (IDR) en una zona previamente ocupada por VE, en el litoral cerca del límite noroeste del parque (en una pequeña parcela sin protección relacionada con el complejo turístico de Matalascañas). También se apreció una zona de construcción, de 53 ha, 15 de las cuales se han convertido en TUC en el periodo 2, dentro del área urbana de Sanlúcar de Barrameda.

Figura 3. Doñana; cambios en los usos del suelo 1990-2000 (periodo 1, arriba) y 2000-2006 (periodo 2, abajo). Izq.: pérdidas y ganancias. Dcha.: mapas de cambios.



Fuente: Elaboración propia. Base cartográfica España 1:500.000, CNIG.

En resumen, las principales transiciones ocurridas en el periodo 1 tuvieron lugar en los alrededores del parque y se relacionaron con la intensificación agrícola, mientras que las principales transiciones del periodo 2 ocurrieron dentro del parque y se relacionaron con la pérdida de bosques.

Tabla 7. Doñana; variación de superficie (ha, %) por categoría del suelo (1990-2006), área de estudio: parque y buffer.

Categoría	1990 (ha)	1990 (%)	2000 (ha)	2000 (%)	2006 (ha)	2006 (%)
TUC	418	0.57	418	0.57	451	0.62
TUD	5	0.01	5	0.01	5	0.01
ZC	52	0.07	52	0.07	38	0.05
IDR	15	0.02	67	0.09	67	0.09
TRP	415	0.57	365	0.50	351	0.48
A	148	0.20	148	0.20	148	0.20
F	101	0.14	247	0.34	245	0.34
P	0	0.00	0	0.00	31	0.04
MC	0	0.00	51	0.07	51	0.07

Categoría	1990 (ha)	1990 (%)	2000 (ha)	2000 (%)	2006 (ha)	2006 (%)
TPA	402	0.55	292	0.40	292	0.40
SA	79	0.11	79	0.11	79	0.11
BF	2617	3.60	1714	2.36	682	0.94
BC	6571	9.03	6597	9.07	6244	8.58
BM	876	1.20	779	1.07	779	1.07
PN	1532	2.11	1561	2.15	1498	2.06
VE	9449	12.99	8941	12.29	9851	13.54
MBT	3298	4.53	4450	6.12	4939	6.79
PDA	3892	5.35	3905	5.37	3912	5.38
HZP	22906	31.48	23151	31.82	23129	31.79
M	943	1.30	943	1.30	952	1.31
S	302	0.42	303	0.42	305	0.42
LA	6636	9.12	6636	9.12	6639	9.12
E	1364	1.87	1364	1.87	1359	1.87
MO	7743	10.64	7730	10.62	7730	10.62
Totales		100.00		100.00		100.00

Fuente: elaboración propia.

Tabla 8. Doñana; principales transiciones sistemáticas en términos de pérdidas.

Zona de estudio	Periodo	Transición	Diferencia entre valor observado y esperado	Diferencia dividida entre valor esperado
Parque	1	BF a MBT	0.27	15.04
	1	BM a MBT	0.12	15.23
	2	BF a MBT	1.00	7.79
	2	BF a VE	0.36	1.19
	2	BF a P	0.06	52.88
	2	BC a MBT	0.17	3.43
	2	BC a VE	0.30	2.55
	2	VE a TLS	0.05	14.54
PRUG	1	TPR a F	0.44	53.42
	1	PN a F	0.20	15.87
	1	VE a F	0.13	5.95
	1	VE a TRP	0.26	10.58
	1	MBT a TRP	0.11	19.02
	1	TPA a HZP	1.83	2.67
	1	VE a IDR	0.53	79.66
	2	ZC a TUC	0.15	22.78
	2	BC a MBT	0.18	87.76

Fuente: elaboración propia.

3.3. Garajonay

En Garajonay (Figura 4, Tablas 9 y 10) no se observó ningún cambio de importancia dentro del parque entre 1990 y 2000. Entre 2000 y 2006 se observó un leve aumento de BF a partir de unas pocas hectáreas de TLS (3 ha), y un ligero aumento de BC debido a la transformación a esta categoría de 4 ha de LM y 2 ha de VE.

Fuera de la zona del parque, en las zonas limítrofes, destacó el aumento de V (27 ha, +9%) en el periodo 1, como resultado de la transformación de 27 ha de VE. Esta categoría también proporcionó 8 ha a BF. En el periodo 2 destaca la transformación de TLS en TPA (11 ha) y BF (17 ha), una disminución total de TLS del 14%, lo cual indica probablemente el progresivo abandono de zonas de cultivo. VE proporciona 25 ha (2.8%) a BF (5 ha) y BC (20 ha). 22 ha de V se convirtieron en BF, una estadística curiosa si se tiene en cuenta el aumento de 27 ha de viñedo entre 1990 y 2000. Conjuntamente, la pérdida de superficie de TLS y V puede quizás indicar que las políticas de gestión de las zonas limítrofes del parque no favorecen la explotación. La categoría que más gana como resultado de los cambios es BF, que ve aumentada su superficie en un 1,5% (69 ha) en toda el área del parque y la zona colindante entre 1990-2006.

Tabla 9. Garajonay; variación de superficie (ha, %) por categoría del suelo (1990-2006), área de estudio: parque y buffer.

Categoría	1990 (ha)	1990 (%)	2000 (ha)	2000 (%)	2006 (ha)	2006 (%)
TLS	204	2.77	204	2.77	173	2.35
V	318	4.32	346	4.70	324	4.40
F	1	0.01	1	0.01	1	0.01
BF	4455	60.52	4463	60.63	11	0.15
BC	635	8.63	635	8.63	4524	61.46
LM	722	9.81	722	9.81	658	8.94
VE	1025	13.92	989	13.44	706	9.59
EVE	1	0.01	1	0.01	963	13.08
Totales		100.00		100.00		100.00

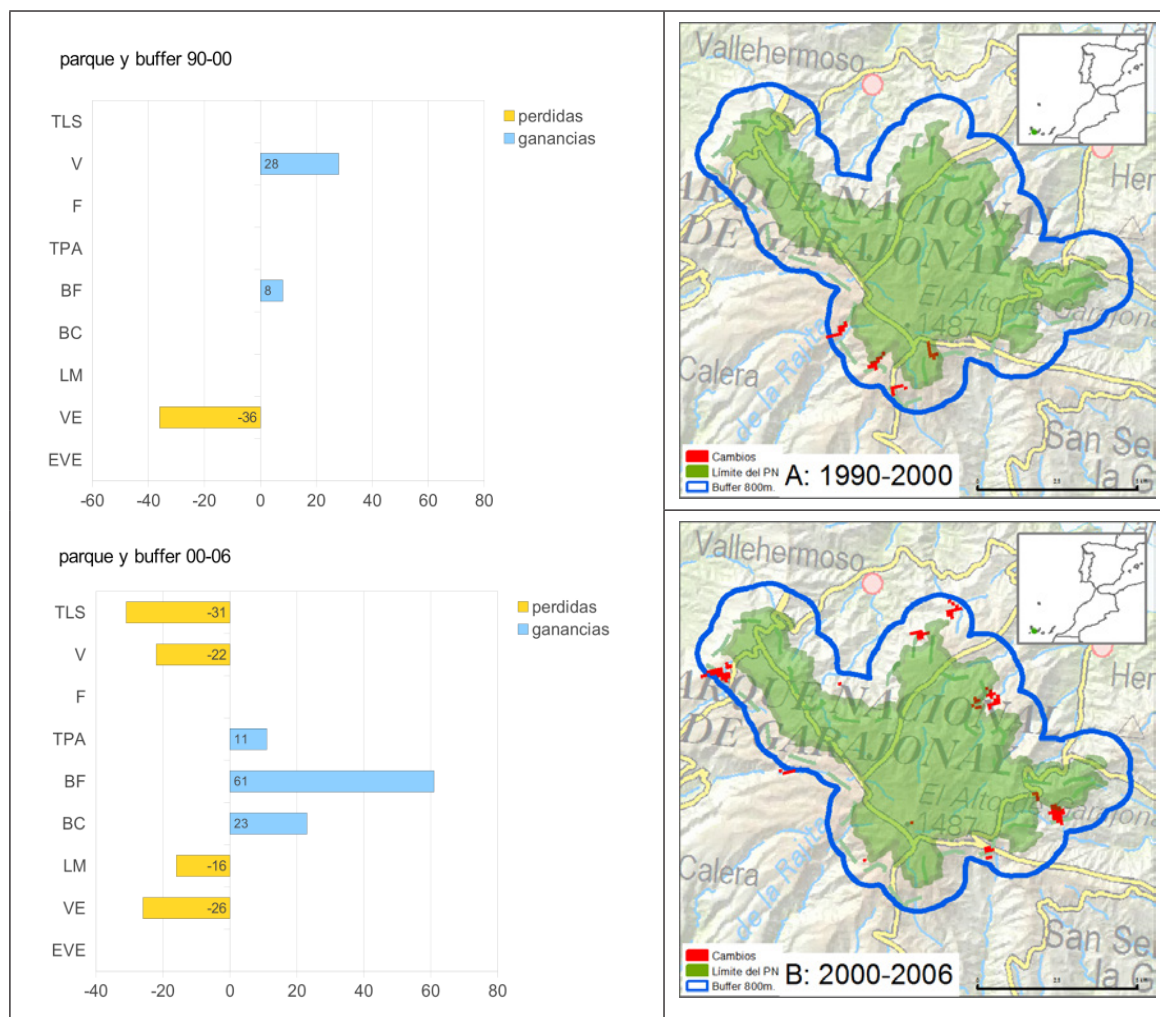
Fuente: elaboración propia.

Tabla 10. Garajonay; principales transiciones sistemáticas en términos de ganancias.

Zona de estudio	Periodo	Transición	Diferencia entre valor observado y esperado	Diferencia dividida entre valor esperado
Parque	2	TLS a BF	0.08	24.81
	2	LM a BC	0.10	22.02
	2	VE a BC	0.05	10.11
Buffer	1	VE a V	0.53	2.57
	1	VE a BF	0.10	1.53
	2	TLS a TPA	0.29	17.45
	2	TLS a BF	0.35	2.84
	2	V a BF	0.40	2.01
	2	VE a BC	0.39	2.53

Fuente: elaboración propia.

Figura 4: Garajonay; cambios en los usos del suelo 1990-2000 (periodo 1, arriba) y 2000-2006 (periodo 2, abajo). Izq.: pérdidas y ganancias (ha). Dcha.: mapas de cambios.



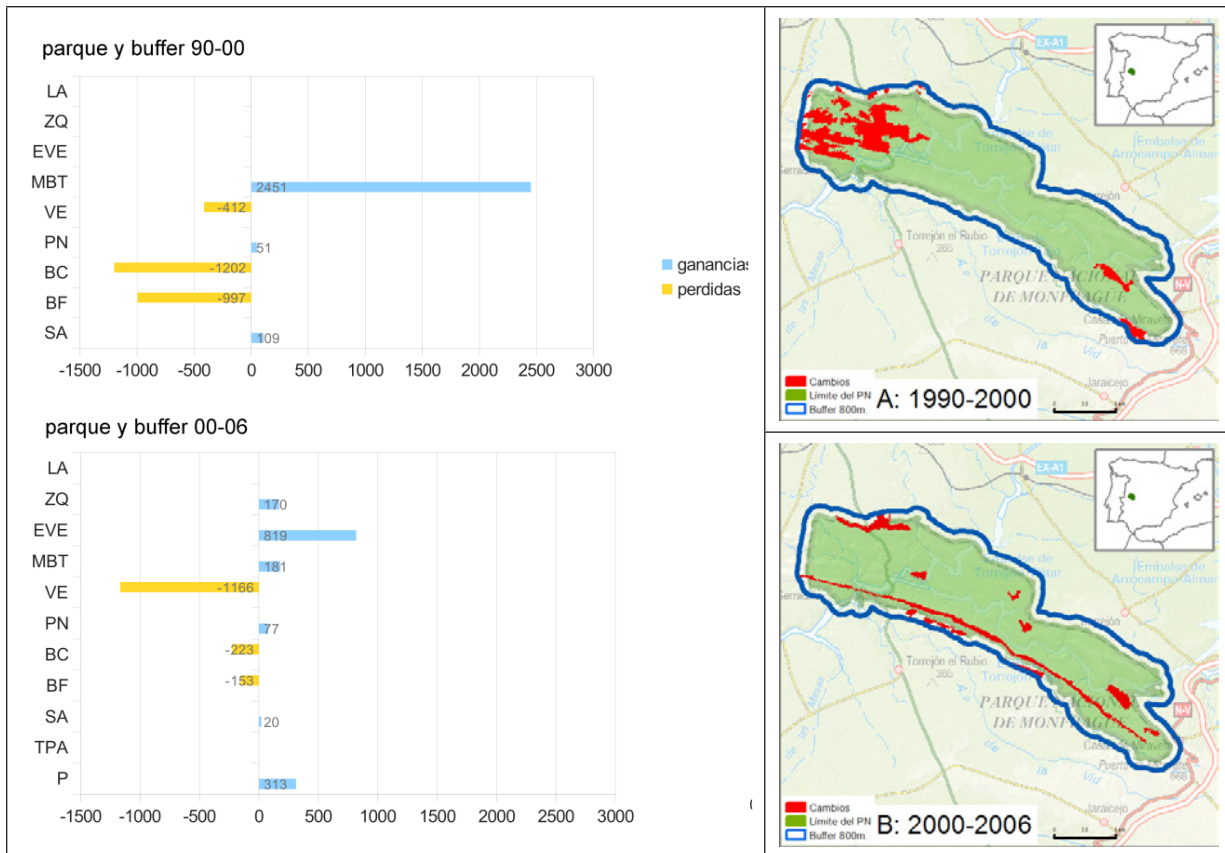
Fuente: Elaboración propia. Base cartográfica España 1:500.000, CNIG.

3.4. Monfragüe

Es importante destacar que en el caso de Monfragüe (Figura 5, Tablas 11 y 12) las distinciones entre el área del parque y el área fuera del parque son artificiales en cuanto a cambios históricos considerados aquí (1990-2006) puesto que el parque no se convirtió en parque nacional hasta 2007, aunque gozó anteriormente de cierto grado de protección como parque natural. Por lo tanto, los resultados de este análisis nos permiten observar las dinámicas más importantes antes de su incorporación a la red de PPNN. Llama la atención que la gran mayoría de transiciones se produjeran durante el periodo 2, cuando Monfragüe ya era considerado Parque Nacional.

En ambos periodos se apreció un aumento importante de las zonas de matorral, tanto dentro del parque como fuera del mismo, acompañado por una fuerte disminución de BF y BC, que redujeron su superficie en 790 ha (18%) y 1425 ha (70,6%), respectivamente. Por otro lado, dentro del parque, durante el periodo 2, se produjo una gran pérdida de VE en favor de EVE, que quizás se debe a un error en la clasificación, ya que O-E=2,50 (Tabla 12).

Figura 5: Monfragüe; cambios en los usos del suelo 1990-2000 (periodo 1, arriba) y 2000-2006 (periodo 2, abajo). Izq.: pérdidas y ganancias (ha). Dcha.: mapas de cambios.



Fuente: Elaboración propia. Base cartográfica España 1:500.000, CNIG.

Tabla 11. Monfragüe; variación de superficie (ha, %) por categoría del suelo (1990-2006), área de estudio: parque y buffer.

Categoría	1990 (ha)	1990 (%)	2000 (ha)	2000 (%)	2006 (ha)	2006 (%)
TLS	76	0.30	76	0.30	38	0.15
TRP	123	0.48	123	0.48	123	0.48
P	0	0.00	0	0.00	313	1.23
TPA	59	0.23	59	0.23	59	0.23
SA	2917	11.46	3026	11.89	3046	11.97
BF	4732	18.59	3735	14.67	3582	14.07
BC	2017	7.92	815	3.20	592	2.33
PN	322	1.27	373	1.47	450	1.77
VE	10219	40.15	9807	38.53	8641	33.95
MBT	3106	12.20	5557	21.83	5738	22.54
EVE	505	1.98	505	1.98	1324	5.20
ZQ	0	0.00	0	0.00	170	0.67
LA	1377	5.41	1377	5.41	1377	5.41
Totales		100.00		100.00		100.00

Fuente: elaboración propia.

En el periodo 2 la zona sufrió un incendio forestal que produjo la pérdida de 170 ha de matorral (139 ha dentro del parque, 31 ha fuera). El fuerte incremento de esta categoría (MBT) entre 1990 y 2006 es por lo tanto doblemente preocupante debido al elevado riesgo de incendio que este incremento supone.

En cuanto al espacio agrario, se detectaron varios cambios significativos. En primer lugar, la categoría más abundante, sistemas agroforestales, experimentó fuera de la zona del parque leves aumentos tanto en el periodo 1 (109 ha) como en el periodo 2 (77 ha). En el periodo 2 aumentaron las praderas en 313 ha, 60 ha dentro del parque y 253 ha en la zona buffer. Otras categorías de explotación agrícola, que cuentan con pocas hectáreas de suelo con respecto a las abundantes áreas de vegetación o los sistemas agroforestales, también experimentaron cambios. En el caso de las tierras de labor en secano dentro del parque, se perdieron 38 ha (50%) entre 2000 y 2006. Las 123 ha de cultivos en regadío, mayoritariamente fuera del parque, se mantuvieron estables a lo largo del periodo de estudio. La pérdida de zonas de cultivos y el aumento de zonas de vegetación natural puede corresponder a cambios en el enfoque de la actividad agraria asociados con modificaciones en el régimen de subsidios de la Política Agrícola Común (PAC) de la Unión Europea (UE).

Tabla 12. Monfragüe; principales transiciones sistemáticas en términos de ganancias.

Zona de estudio	Periodo	Transición	Diferencia entre valor observado y esperado	Diferencia dividida entre valor esperado
Parque	1	BF a MBT	2.63	0.91
	1	BC a MBT	4.49	3.51
	2	BF a MBT	0.11	0.36
	2	BC a MBT	1.15	16.57
	2	VE a P	0.18	1.26
	2	VE a EVE	2.50	1.28
	2	TLS a PN	0.21	171.98
	2	MBT a ZQ	0.57	2.93
Buffer	1	BC a MBT	1.89	7.65
	1	MBT a SA	1.26	5.72
	2	BF a MBT	0.83	4.55
	2	VE a P	2.26	2.36
	2	VE a SA	0.39	0.91
	2	MBT a ZQ	0.37	6.76

Fuente: elaboración propia.

3.5. Picos de Europa

En el parque de los Picos de Europa y su zona colindante (Figura 6 y Tablas 13 y 14) ha aumentado de manera significativa el área ocupada por BF entre 1990 y 2006, desde 22102 ha en 1990 a 22478 ha en 2006, un aumento de 376 ha (1,7%). En el periodo 1, la mayoría de las hectáreas convertidas en bosque lo fueron en detrimento de PN, pero en el periodo 2, PN, EVE y MBT son los contribuyentes más importantes.

La categoría que más hectáreas ha perdido en el periodo de estudio entero es EVE, que perdió 923 ha (7%) de su superficie entre 1990 a 2006, en favor, principalmente, de LM y R. Por otro lado, en la zona limítrofe, se ha visto la recuperación de una zona quemada entre 1990 y 2000 y un aumento ligero de P entre 2000 y 2006. En resumen, los cambios se caracterizan principalmente por un aumento de bosque y transiciones entre diferentes categorías de vegetación natural.

Hay que destacar el hecho de que la mayor parte de las transiciones más importantes ocurrió en el periodo 2.

Tabla 13. Picos de Europa; variación de superficie (ha, %) por categoría del suelo (1990-2006), área de estudio: parque y buffer.

Categoría	1990 (ha)	1990 (%)	2000 (ha)	2000 (%)	2006 (ha)	2006 (%)
P	931	1.22	931	1.22	947	1.24
TPA	1410	1.84	1410	1.84	1414	1.85
BF	22102	28.88	22343	29.20	22478	29.37
BM	4272	5.58	4272	5.58	4265	5.57
PN	4289	5.47	3948	5.16	4088	5.34
LM	14220	18.58	14220	18.58	14304	18.69
MBT	5030	6.57	5046	6.59	5130	6.70
R	11196	14.63	11196	14.63	11653	15.23
EVE	13128	17.16	13118	17.14	12205	15.95
ZQ	6	0.01	0	0.00	0	0.00
T	40	0.05	40	0.05	40	0.05
Totales		100.00		100.00		100.00

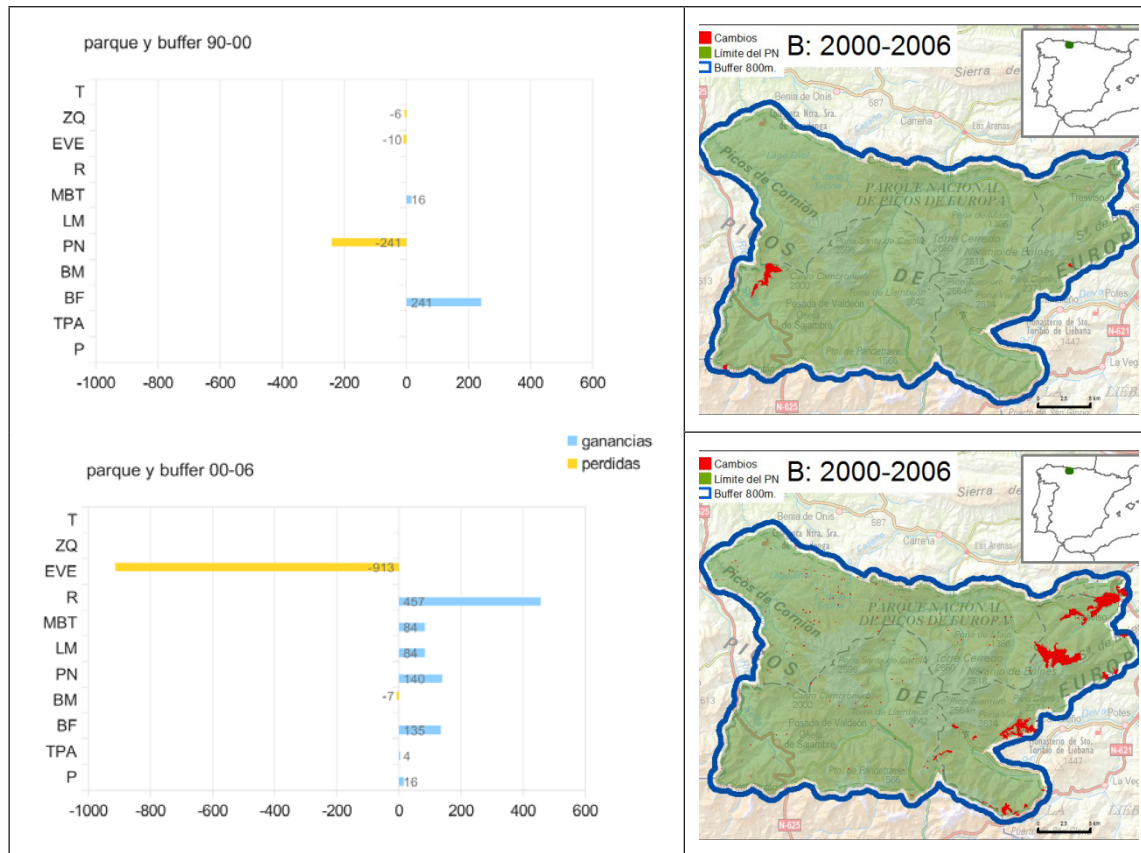
Fuente: elaboración propia.

Tabla 14. Picos de Europa; principales transiciones sistemáticas en términos de ganancias.

Zona de estudio	Periodo	Transición	Diferencia entre valor observado y esperado	Diferencia dividida entre valor esperado
Parque	1	PN a BF	0.30	11.28
	2	EVE a BF	0.09	1.81
	2	EVE a LM	0.27	2.33
	2	EVE a R	0.59	3.54
	2	LM a PN	0.23	4.29
	2	LM a MBT	0.12	3.06
Buffer	1	PN a BF	0.25	17.81
	1	ZQ a MBT	0.05	1925.50
	2	PN a BF	0.09	3.55
	2	MBT a BF	0.15	4.03
	2	PN a P	0.15	22.83
	2	EVE a LM	0.72	3.68
	2	EVE a MBT	0.10	1.48
	2	LM a PN	0.16	2.48
2	LM a MBT	0.15	1.09	

Fuente: elaboración propia.

Figura 6: Picos de Europa; cambios en los usos del suelo 1990-2000 (periodo 1, arriba) y 2000-2006 (periodo 2, abajo). Izq.: pérdidas y ganancias (ha). Dcha.: mapas de cambios.



Fuente: Elaboración propia. Base cartográfica España 1:500.000, CNIG.

3.6. Sierra Nevada

En el Parque Nacional de Sierra Nevada (Figura 7, Tablas 15 y 16) los cambios más importantes se apreciaron entre 1990 y 2000. Dentro del parque, destacan la creación de nuevas áreas de cultivos en secano (47 ha de TLS), la disminución de áreas de BC y el aumento de BM y MBT. El riesgo de incendio en esta zona es también evidente; a pesar de la recuperación de 52 ha de las áreas anteriormente quemadas, un nuevo incendio entre 1990 y 2000 provocó la pérdida de 30 ha de VE.

En las zonas limítrofes lo más destacable fue una serie de cambios en los terrenos agrícolas, con aumento de TLS (10 ha), F (69 ha) y TPA (45 ha), y la pérdida de 17 ha de terrenos en regadío que se convirtieron en MC. Aunque individualmente de poca importancia, estos cambios conjuntamente reflejan un aumento de actividad agraria entre 1990 y 2000. Las zonas de bosque aumentaron ligeramente, mientras las dos categorías más importantes de vegetación, VE y MBT, disminuyeron entre 1990 y 2000. Se apreció también la recuperación de 33 ha de suelo previamente quemado.

Los únicos cambios de interés en el periodo 2 se observaron dentro del área del parque, y consistieron en un leve aumento de las zonas de bosque (BC y BF), con lo cual cabría sugerir que los motivos que provocaron los cambios observados en el periodo 1 no han mantenido esa tendencia a partir del año 2000.

El mayor interés de este parque en base a los cambios observados se centra en la gran diferencia entre las dinámicas de cambio dentro del parque y las que sucedieron en las zonas limítrofes. Es también importante observar que este parque es el único de todos los estudiados en el que ocurrieron dos incendios dentro del periodo de estudio. Aunque la zona inicialmente quemada se recuperó, un segundo incendio ocurrido poco tiempo después afectó a una zona cercana aunque no adyacente. Parte del área quemada recuperada después de incendio 1, se encuentra en la zona de buffer. También es notable que, a diferencia de la mayoría de los otros parques investigados, dos zonas de suelo artificial, extracción minera y tejido urbano discontinuo, se encuentren dentro del parque y en la franja limítrofe.

Tabla 15. Sierra Nevada; variación de superficie (ha, %) por categoría del suelo (1990-2006), área de estudio: parque y buffer.

Categoría	1990 (ha)	1990 (%)	2000 (ha)	2000 (%)	2006 (ha)	2006 (%)
TUD	42	0.04	42	0.04	41	0.04
ZEM	40	0.04	40	0.04	40	0.04
TLS	128	0.11	185	0.16	185	0.16
TRP	349	0.31	332	0.29	331	0.29
F	134	0.12	208	0.18	208	0.18
O	55	0.05	55	0.05	55	0.05
MC	315	0.28	332	0.29	333	0.29
TPA	2509	2.22	2574	2.27	2577	2.28
BF	5016	4.43	5016	4.43	5088	4.50
BC	28174	24.90	28288	25.00	28328	25.04
BM	1883	1.66	2067	1.83	2060	1.82
PN	279	0.25	298	0.26	298	0.26
VE	37398	33.05	37144	32.83	37142	32.82
MBT	9942	8.79	9721	8.59	9617	8.50
R	1320	1.17	1320	1.17	1319	1.17
EVE	25493	22.53	25501	22.54	25501	22.54
ZQ	76	0.07	30	0.03	30	0.03
Totales		100.00		100.00		100.00

Fuente: elaboración propia.

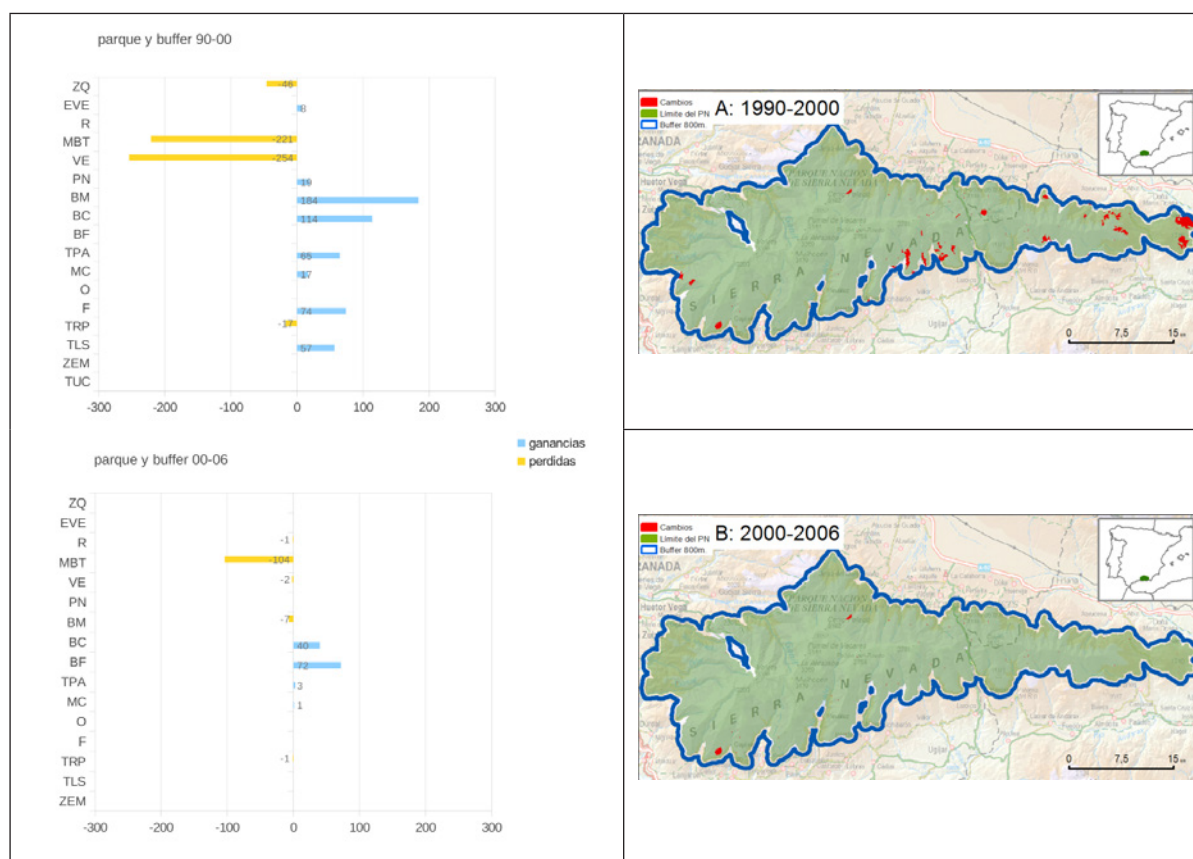
Tabla 16. Sierra Nevada; principales transiciones sistemáticas en términos de ganancias.

Zona de estudio	Periodo	Transición	Diferencia entre valor observado y esperado	Diferencia dividida entre valor esperado
Parque	1	PN a TLS	0.05	651.53
	1	MBT a BC	0.12	5.23
	1	MBT a BM	0.14	11.99
	1	BC a MBT	0.16	1.53
	1	ZQ a PN	0.06	1640.35
	2	MBT a BF	0.08	11.32

Zona de estudio	Periodo	Transición	Diferencia entre valor observado y esperado	Diferencia dividida entre valor esperado
Buffer	1	MBT a F	0.18	5.71
	1	MBT a BC	0.57	4.35
	1	MBT a BM	0.05	2.12
	1	TRP a MC	0.06	79.27
	1	VE a TPA	0.12	2.87
	1	BC a BM	0.05	0.95
	1	ZQ a PN	0.09	1145.83

Fuente: elaboración propia.

Figura 7: Sierra Nevada; cambios en los usos del suelo 1990-2000 (periodo 1, arriba) y 2000-2006 (periodo 2, abajo). Izq.: pérdidas y ganancias (ha). Dcha.: mapas de cambios.



Fuente: Elaboración propia. Base cartográfica España 1:500.000, CNIG.

3.7. Tablas de Daimiel

En las Tablas de Daimiel (Figura 8, Tablas 17 y 18) los cambios producidos consisten en la transformación de 28 hectáreas de MC en TRP en el periodo 1 (1990-2000), produciéndose todos fuera del parque aunque dentro del área protegida bajo el PRUG. Entre estas fechas también se transformaron 26 hectáreas de HZP en TLS. Teniendo en cuenta los conocidos problemas de agua en este parque nacional, la transformación de cultivos en secano en regadío no es un cambio deseable. Del mismo modo, la pérdida de 26 hectáreas de humedales (4 ha dentro del parque)

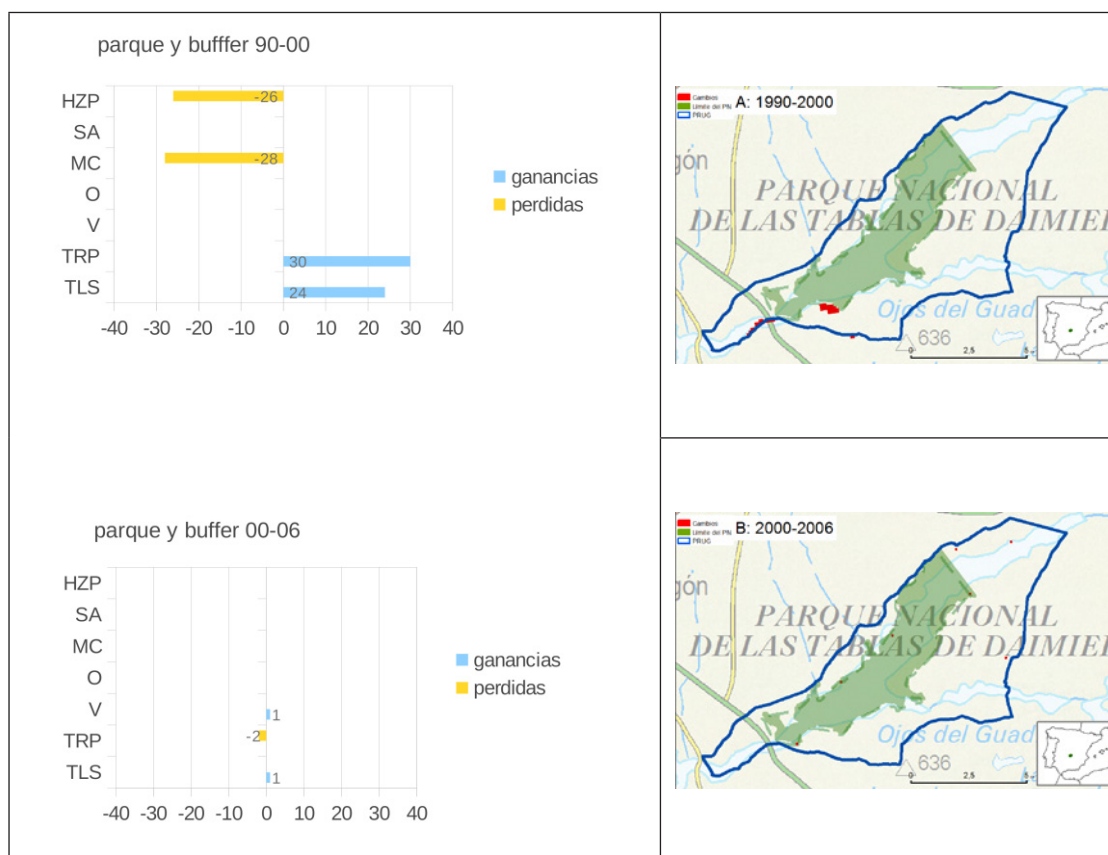
para cultivos en secano es probablemente indicativa de la vulnerabilidad del parque a la pérdida de agua subterránea como consecuencia de la sobre-explotación de este recurso en las zonas colindantes. No obstante, ninguna de estas tendencias se presentó en el análisis del periodo 2, lo que interpretamos como un indicador positivo en cuanto a conservación se refiere.

Tabla 17. Tablas de Daimiel; variación de superficie (ha, %) por categoría del suelo (1990-2006), área de estudio: parque y buffer.

Categoría	1990 (ha)	1990 (%)	2000 (ha)	2000 (%)	2006 (ha)	2006 (%)
TLS	714	9.95	738	10.29	739	10.30
TRP	1991	27.75	2021	28.17	2019	28.14
V	1287	17.94	1287	17.94	1288	17.95
O	6	0.08	6	0.08	6	0.08
MC	303	4.22	275	3.83	275	3.83
SA	174	2.43	174	2.43	174	2.43
HZP	2699	37.62	2673	37.26	2673	37.26
Totales		100.00		100.00		100.00

Fuente: elaboración propia.

Figura 8: Tablas de Daimiel; cambios en los usos del suelo 1990-2000 (periodo 1, arriba) y 2000-2006 (periodo 2, abajo). Izq.: pérdidas y ganancias (ha). Dcha.: mapas de cambios.



Fuente: Elaboración propia. Base cartográfica España 1:500.000, CNIG.

Tabla 18. Tablas de Daimiel; principales transiciones sistemáticas en términos de pérdidas.

Zona de estudio	Periodo	Transición	Diferencia entre valor observado y esperado	Diferencia dividida entre valor esperado
Parque	1	HZP a TLS	0.12	1.19
PRUG	1	MC a TRP	0.32	1.49
	1	HZP a TLS	0.35	5.30

Fuente: elaboración propia.

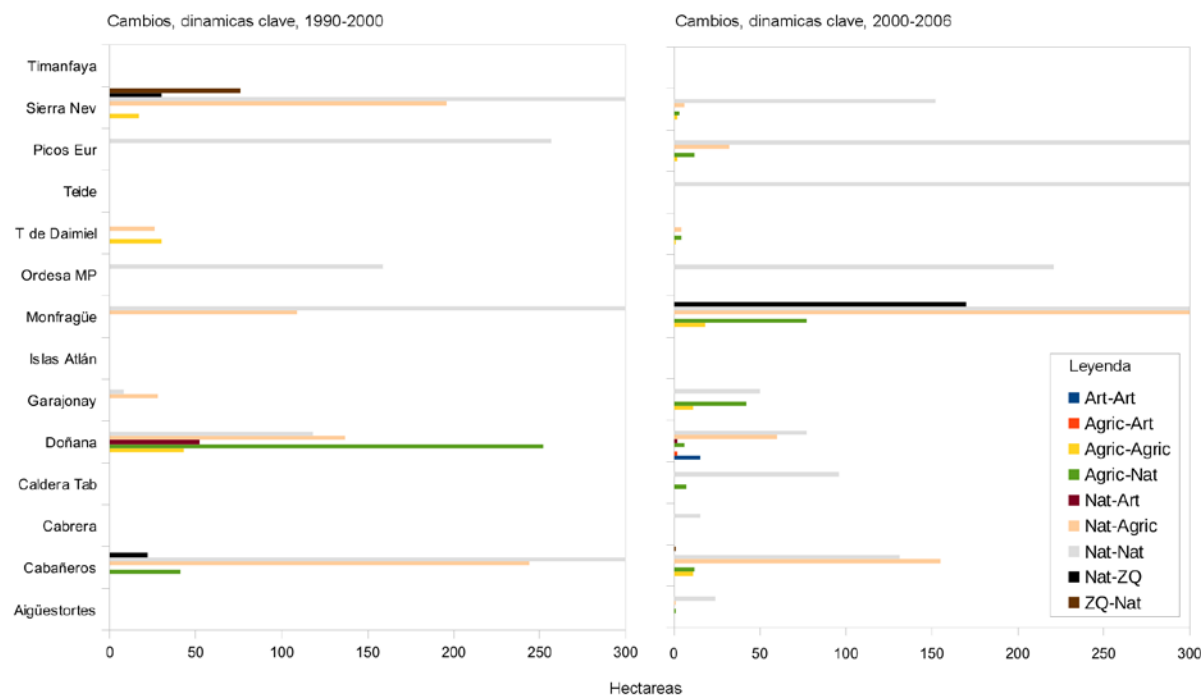
4. Discusión: las dinámicas de cambio en la red de parques nacionales

Los resultados presentados aparentan cierta complejidad, pero en realidad, la mayoría de los cambios corresponden a solo nueve tipos distintos. Estas nueve “dinámicas clave” de cambio son:

1. de artificial a artificial, 2. de agrícola a artificial, 3. de agrícola a agrícola, 4. de agrícola a natural, 5. de natural a artificial, 6. de natural a agrícola y 7. de natural a natural). Lógicamente, no se dio ningún cambio de artificial a agrícola ni de artificial a natural. Aunque teóricamente posible, estos cambios no suelen darse. A estos 7 tipos de transición, se le añadieron otros 2 utilizando la categoría “área quemada” del nivel 3 de CLC. Estas transiciones fueron: “de área quemada a natural” y “de natural a área quemada”.

Las Figuras 9 y 10 muestran estos cambios en cada uno de los parques en los dos periodos considerados.

Figura 9 (izda): dinámicas de cambio clave, 1990-2000, Figura 10 (dcha): dinámicas de cambio clave, 2000-2006



Fuente: Elaboración propia.

Dinámicas 1, 2 y 5: Cambios a suelo artificial (urbanización y desarrollo de infraestructuras).

Se observaron muy pocos cambios relacionados con urbanización (Art-Art, Agr-Art, Nat-Art), solo en el entorno del parque nacional de Doñana (Figura 3) se detectaron estos tipos de cambios.

Dinámicas 3, 4 y 6: Cambios relacionados con la actividad agraria.

Actividades agrícolas están presentes dentro, o en el entorno próximo, de la mayoría de los parques.

Se pueden identificar dos tendencias claras:

1. Intensificación (dinámicas 3 y 6), representada aquí por cambios desde clases naturales a clases agrícolas, principalmente,

Nuevas áreas de TLS en Cabañeros en ambos periodos dentro del parque; en Doñana, en el periodo 2 dentro del parque; en Sierra Nevada en el periodo 1 dentro del parque, y en las Tablas de Daimiel durante el periodo 1 fuera y dentro del parque. También, durante el periodo 1, nuevas zonas de O en las afueras de Cabañeros y de V en las afueras de Garajonay.

- Nuevos cultivos en regadío (TRP y F, en Doñana en el periodo 1 fuera del parque, F en el periodo 1 en las afueras de Sierra Nevada y TRP en el periodo 1 en las afueras de las Tablas de Daimiel)
- Nuevas zonas de P, en Doñana en el periodo 1, dentro del parque; en Monfragüe, en el periodo 2, dentro y fuera del parque, en Picos de Europa, en el periodo 2 fuera del parque.

2. Abandono (dinámica 4), representado por la transición desde categorías relacionadas con la agricultura o la ganadería a categorías de vegetación natural. En el periodo 1 se pueden observar lo que probablemente representa el abandono de parte de la actividad agrícola y la transición consecuente a áreas naturales en Doñana y Cabañeros. En el periodo 2 este tipo de cambio es también notable en otros parques, p.e. Garajonay, Monfragüe, Picos de Europa y otros. En concreto, es notable:

- Conversión de TLS en VE en Cabañeros, en el periodo 1, dentro del parque, cambio de TLS a PN en Monfragüe, dentro del parque, en el periodo 2. La conversión de TLS y V en BF en Garajonay, en el periodo 2, principalmente en la zona buffer.
- Conversión de SA en PN, en Monfragüe, en el periodo 2.
- Supuesta conversión de 252 ha de TPA en Humedales y Zonas Pantanosas en la zona buffer de Doñana se atribuye a un error.

Dinámica 7: cambios entre categorías naturales

Se observaron unos cambios muy importantes, >1000 ha (10 km²), dentro de las categorías naturales, especialmente en los parques de Cabañeros, Monfragüe, Picos de Europa y Sierra Nevada. La mayoría de estos cambios consiste en cambios ente VE y MBT, quizá relacionados con la dificultad existente para diferenciar entre estas dos clases en las imágenes obtenidas por satélite. Algunos cambios, como por ejemplo la transición (entre otros cambios naturales-naturales) de 20 km² de Bosque a MBT *dentro* de los límites de Monfragüe, son, cuando menos, sorprendentes.

Dinámicas 8 y 9: Incendios forestales

Se observa la presencia de incendios forestales en los parques de Cabañeros, Monfragüe y Sierra Nevada (Nat-ZQ), y recuperación de vegetación después de un incendio en Sierra Nevada (ZQ-Nat) y Picos de Europa.

Humedales

Por último, los humedales (humedales y zonas pantanosas, marismas y salinas) están representados solo en tres parques; Doñana, Las Tablas de Daimiel y los Picos de Europa. Aunque se han incluido en las categorías naturales en la clasificación de dinámicas, su destacada importancia para la biodiversidad les hace merecedores de una nota por separado. En Daimiel, se han convertido 26 hectáreas de HZP a TLS entre 1990-2000. En Doñana, la conversión de 252 ha de TLS en HZP entre 1990 y 2000 es claramente un error de clasificación. Por otro lado, parece más seguro la conversión de 14 hectáreas de HZP a vegetación natural, 8 ha a marismas o salinas, y 14 ha a agua. Aunque la evidencia es escasa, tanto en Daimiel como en Doñana, la tendencia se inclina hacia la pérdida de zonas húmedas, no al contrario. La desecación o contaminación de los humedales en Daimiel y en Doñana es probablemente la amenaza más grave a la que se enfrentan. En ambos casos será importante controlar a largo plazo la explotación del agua para usos agrícolas y la explotación ilegal de agua a través de pozos.

Cambios extraños o de difícil interpretación

Existen algunos cambios de difícil explicación. Un caso sería la transformación de 252 ha de TPA en HZP, como aparentemente ha sucedido en el entorno de Doñana entre 1990 y 2000. Investigando la ubicación precisa de este cambio no queda mucha duda de que se trata de un error de clasificación en una de las fechas. Se trata de un terreno ocupado, al menos parcialmente, por arrozales clasificados erróneamente como humedales. El cambio anteriormente mencionado de 20 km² de Bosque a MBT dentro de los límites del parque de Monfragüe, puede ser resultado de un incendio. En términos generales, los cambios entre zonas de bosque y vegetación y de matorral a vegetación esclerófila o viceversa, no parecen ser muy fiables, y es posible que se trate de errores de clasificación temática entre los dos tipos de vegetación. Pero igualmente, hay que aceptar la posibilidad de que sean reales, provocados por motivos desconocidos. Por esta razón, entre otras, se recomienda trabajar con agentes locales conocedores de la zona antes de extraer conclusiones relevantes para futuras políticas de gestión (Hewitt *et al.* 2014).

Limitaciones de CLC

CLC presenta obvias limitaciones, como se evidencia en este estudio y en muchos otros que se han realizado utilizando esta base de datos (Gallego 2000, Felicísimo y Sánchez Gago, 2002, Catalá Mateo *et al.* 2008, Hewitt y Escobar 2011, Díaz y Gutiérrez 2013). Pero la percepción de que CLC no es válido para este tipo de análisis es fácilmente refutable mientras se quiera comparar distintas fechas para la detección de cambios a una escala razonable, ya que no existe otra base de datos más apta para la tarea.

La elección de un área de estudio para la siguiente fase del proyecto DUSPANAC

En el trabajo aquí presentado, los 14 PPNN han sido sometidos a un análisis detallado de cambios de los usos del suelo entre 1990-2006. La aplicación de los indicadores anteriormente señalados

permite clasificar los 14 parques en función de los cambios provocados sobre el periodo de estudio y el dinamismo observado (Tabla 19).

Destacaron los parques de Cabañeros, Doñana, Garajonay, Monfragüe, Picos de Europa, Sierra Nevada y las Tablas de Daimiel. Estos 7 parques contaban con cambios significativos observables en CLC (Indicador 1), y en todos los casos, los cambios se observaron entre los grandes grupos de usos del suelo, artificial, agrícola y natural (humedales incluidos). Doñana destacó en este sentido, con transformaciones Natural-Artificial, Natural-Agrícola, y Agrícola-Natural. Sierra Nevada y las Tablas de Daimiel solo contaban con transformaciones Natural-Agrícola, mientras Cabañeros, Garajonay y Monfragüe mostraron cambios entre suelo Agrícola y Suelo Natural (Indicador 3). Todos estos parques, menos Garajonay y Sierra Nevada, experimentaron importantes cambios (Indicador 2). En estos parques se observaron cambios en los dos periodos examinados (Indicador 4). Todos los cambios podrían implicar algún grado de desacuerdo entre distintos agentes territoriales, mayoritariamente entre el sector agrícola y el de la conservación. En Doñana una posible fuente de conflicto entre la conservación y el uso turístico podría detectarse por la construcción de una zona de acampamento (IDR) de 52 ha en el litoral adyacente al área protegida al noroeste de Matalascañas (Indicador 5). Hay una clara amenaza de incendio forestal, con índices de pérdida de vegetación debido a incendios o recuperación de vegetación después de incendios en Cabañeros, Monfragüe y Sierra Nevada (Indicador 6). En estos parques, excepto en Garajonay, el aumento ligero de usos agrícolas, pastos o agroforestal, si se consideran incompatibles con el espacio natural, podrían suponer un riesgo para los valores naturales, los servicios de ecosistemas o los hábitats, aunque se necesitaría un estudio más profundo para poder confirmarlo (Indicadores 7 y 8). A la luz de los análisis, Doñana resulta apreciablemente amenazada en este aspecto por motivos relacionados con el desarrollo urbanístico y con la intensificación agrícola cerca de la zona de máxima protección. Estos 6 parques, exceptuando Tablas de Daimiel, registran un número muy elevado de categorías de uso/ocupación del suelo. Doñana supera claramente a los demás, con 25 categorías distintas en tan solo 730 km² (Indicador 9), debido en parte a la diversidad de espacios naturales, pero también a la gran cantidad de distintas actividades humanas (13 de estos 25 usos son antrópicos) que tienen lugar en el entorno más próximo al parque (Indicador 8). En Cabañeros, Doñana, Garajonay, Sierra Nevada y las Tablas de Daimiel se observaron diferencias entre la zona núcleo (parque nacional) y las zonas limítrofes. Los cambios, mayoritariamente aunque no exclusivamente, sucedieron en la zona buffer (Indicador 10).

Aunque en todos estos parques se observaron cambios sorprendentes y significativos, el que más dinamismo mostró, según los indicadores establecidos a partir de la revisión de la literatura llevada a cabo previo al comienzo del análisis geográfico, fue Doñana. Este fue el espacio natural con más categorías (25) y el que más diversidad y continuidad temporal de cambios exhibió. Doñana destaca en una combinación preocupante con una alta tasa de cambio, cambio en las dos fechas y alta variabilidad de cambio entre los diferentes grupos de usos del suelo (artificial, agrícola, natural). La combinación de una zona limítrofe donde se ha urbanizado y se han instalado nuevos regadíos entre 1990 y 2000, a pesar de la importancia del acuífero para el suministro de las marismas, y la gran representación de muchas clases de superficie artificial, agraria, humedal y natural en el parque y su entorno más próximo convierte a Doñana en el más amenazado en lo que a la conservación del mosaico de usos del suelo se refiere. El aumento de cultivos intensivos, por muy leve que sea, es preocupante dada la conocida presión sobre los acuíferos que dan vida a las marismas y al parque y su entorno (Custodio *et al.*, 2008). Existe una situación potencialmente conflictiva entre la conservación de la naturaleza y la demanda humana a través de varios sectores, entre ellos la agricultura y el turismo. Las dinámicas observadas en este parque y en su

entorno más próximo sobre el periodo de estudio claramente sugieran una importante tendencia hacia una competición entre usos y una alta presión sobre el medio (Indicador 11).

Tabla 19: Resultados de la aplicación de los indicadores a los parques.

Los superíndices incluidos en algunas de las entradas en esta tabla deben interpretarse de la siguiente manera:
1. Desacuerdo posible entre sector agrario y sector de conservación entre cambios entre suelo natural y suelo agrícola.

2. Nuevo secano (TLS) puede suponer riesgo al entorno natural.

3. Una amplia gama de categorías agrarias o naturales.

4. La mayoría del cambio tiene lugar en la zona limitrofe (buffer), fuera del interior del parque nacional.

5. Cierta competición entre ocupación natural y uso agrícola.

6. Mucho cambio entre clases de vegetación.

7. Intensificación agrícola supone peligro al entorno natural y a servicios y hábitats.

8. Riesgo a servicios de ecosistemas por fuego.

Nº	Indicador	AIG	CBN	CBR	CLT	DON	GAR	ISA	MON	OMP	PIC	SNV	TDA	TEI	TIM
1	Cambios observables en el tiempo en CLC	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No
2	Cantidad de cambio	Poco	Mucho	Poco	Poco	Mucho	Poco	Nada	Mucho	Poco	Mucho	Poco	Poco	Mucho	Nada
3	Cambios a través de grupos, No solo entre grupos (p.e. Ag-N, No N-N)	No	Si (Agr-Nat; Agr)	No	No	Si (Agr-Nat; Agr)	Si (Agr-Nat; Agr)	No	Si (Agr-Nat; Agr)	No	Si (Agr-Nat; Agr)	Si (Agr-Nat; Agr)	Si (Agr-Nat; Agr)	No	No
4	Frecuencia de cambio	1 (2006)	2	1 (2006)	1 (2006)	2	2	0	2	2	2	2	2	1 (2006)	0
5	Cambios que pueden provocar desacuerdo entre distintos agentes territoriales	No	Si ¹	No	No	Si ¹	Si ¹	No	Si ¹	No	Si ¹	Si ¹	Si ¹	No	No
6	Incendios forestales	No	Si	No	No	No	No	No	Si	No	Si	Si	No	No	No
7	Riesgo de daño o pérdida a los valores que le hace merecedor de la figura de PN	No	Si ²	No	No	Si ⁸	No	No	Si ⁶	No	Si ⁷	Si ⁸	Si ⁸	No	No
8	Riesgo a servicios de ecosistemas (p.e. aumento de riego)	No	Si ⁹	No	No	Si	No	No	Si ⁹	No	No	Si	Si	No	No
9	Amplia gama de cats. y grupos de cats. (artif. agric, nat)	No	Si ³	No	No	Si	Si ³	No	Si ³	No	No	Si	Si	No	No
10	Diferencias entre zona limitrofe y área núcleo	No	Si ⁴	No	No	Si	Si	No	No	No	No	Si	Si	No	No
11	PRESIÓN Y COMPETICIÓN entre usos	No	Si ⁵	No	No	Si	Si	No	Si	No	No	Si	Si	No	No

Fuente: Elaboración propia.

5. Conclusiones

Se han analizado detalladamente las dinámicas de cambio de los usos del suelo en todos los parques nacionales españoles y su zona colindante. A continuación resumimos brevemente los cambios observados en todos los parques:

1. Aigüestortes y Estany de San Maurici.

Entre 1990 y 2000, no se observó ningún cambio ni en el propio parque ni en las zonas limítrofes en el ámbito del PRUG. Entre 2000 y 2006 se apreciaron cambios de poca importancia entre Pastizales Naturales (PN), Roquedo (R) y Bosque de coníferas (BC).

2. Cabañeros.

Se apreciaron cambios notables tanto dentro del núcleo del área protegida como en la zona colindante, representada por el buffer de 800m. Destacó el crecimiento de áreas agrícolas, principalmente en el periodo 1. La gran mayoría de estos cambios se produjeron dentro del parque. Hubo cambios importantes entre las clases de vegetación VE y MBT, posiblemente atribuible a error de clasificación.

3. Cabrera

No destaca ningún cambio importante durante el periodo del estudio.

4. Caldera de Taburiente

No se observó ningún cambio en periodo 1. En el periodo 2 se observó la transformación de 84 ha de espacios con EVE en BC dentro del área del parque. Fuera del parque pero dentro de la zona buffer se transformaron 12 ha de VE también en BC.

5. Doñana

Se apreció una fuerte disminución de zonas de bosque de frondosas, probablemente resultado del programa de eliminación de eucaliptales. Se aumentó la superficie agrícola, con aumento de cultivos de F y TRP. Se apreciaron nuevas infraestructuras turísticas, aunque de bajo impacto (camping) en el litoral junto al espacio protegido, y la construcción de nuevas superficies de TUC en Sanlúcar de Barrameda, dentro de la zona buffer de 800m.

6. Garajonay

Se observaron algunos cambios relacionados con la actividad agrícola fuera del parque en la zona de buffer, nuevas zonas de V, en el periodo 1. En el periodo 2, la dinámica es distinta, y se apreció el abandono de algunas zonas de cultivos, viñedo incluido. Aumentaron apreciablemente las zonas de BF, sobretodo en el periodo 2.

7. Islas Atlánticas.

No se observó ningún cambio de importancia dentro de este parque nacional.

8. Monfragüe.

En ambos periodos se apreció un aumento importante de las zonas de matorral, tanto dentro del parque como fuera del mismo, acompañado por una fuerte disminución de superficie de bosques. Se detectaron leves aumentos de sistemas agroforestales en ambos periodos. En periodo 2, las praderas aumentaron en 313 ha, 60 ha dentro del parque y 253 ha en la zona buffer. Las zonas de TLS dentro del parque perdieron superficie en el periodo 2. Las 123 ha de cultivos en regadío, mayoritariamente fuera del parque, se mantuvieron estables a lo largo de todo el periodo estudiado.

9. Ordesa y Monte Perdido.

Este parque ha experimentado escasos cambios en la ocupación del suelo entre 1990 y 2006. Se apreció una serie de cambios de difícil explicación entre clases de vegetación, como un aumento importante de VE en el periodo 1, seguido por la pérdida casi total de la misma categoría dentro del área del parque en el periodo 2.

10. Picos de Europa.

Los cambios en este parque se caracterizan principalmente por un aumento de bosque y una disminución de superficie de vegetación. En el parque y su periferia ha aumentado el área ocupada por bosques de frondosas entre 1990 y 2006 en 376 ha (1,7%).

11. Sierra Nevada.

Los cambios más importantes se apreciaron entre 1990 y 2000. Dentro del parque aumentaron las áreas dedicadas a TLS (47 ha) y disminuyeron las áreas de BC y VE. Aumentó el bosque (BM) y el matorral (MBT). Se observaron evidencias de incendio forestal con la recuperación de áreas quemadas en el periodo 1 y la aparición de nuevas áreas quemadas en el periodo 2. En el periodo 2 los cambios consisten principalmente en la evolución natural de matorral a bosque.

12. Tablas de Daimiel

Los cambios importantes en este parque tienen lugar exclusivamente en el periodo 1, fuera del parque, dentro de la zona PRUG. Los cambios consisten en la intensificación agrícola (transformación de 28 ha de mosaico de cultivos en regadío), y la pérdida (desección) de 26 ha de humedales en favor de TLS.

13. Teide

En este caso, la mayoría de los cambios se produjeron en el interior del parque, con pocos cambios en las zonas limítrofes. No se produjo ningún cambio entre 1990 y 2000. En el periodo 2, se dieron cambios en la vegetación natural, algunos de ellos de sencilla interpretación (vegetación en bosque), y otros de origen no tan claro (vegetación en vegetación escasa; roquedo en vegetación). Aventuramos errores de clasificación temática como origen de estos cambios.

14. Timanfaya.

En este parque y su entorno próximo no se ha producido ningún cambio entre 1990 y 2006.

Aunque cabría preguntarse si los pocos o ausentes cambios mostrados en los PPNN de Timanfaya, Islas Atlánticas, Aigüestortes, La Cabrera, Caldera Taburiente, Ordesa y Monte Perdido y Teide se deben a que la presión antrópica sobre estos parques haya sido menor que en los otros 6, es importante ser cauto a este respecto, debido a las anteriormente mencionadas limitaciones de los datos de CLC. En el caso de Timanfaya, por ejemplo, el reciente auge de la construcción turística en la zona sur de la isla de Lanzarote seguramente tendrá sus consecuencias para el parque nacional, en términos de aumento del número de visitantes y del empeoramiento de la calidad del entorno. En términos generales, se escucha lamentar a menudo la dirección tomada por el desarrollo de Lanzarote obedeciendo a razones puramente económicas, caminando cada vez más lejos de la visión de César Manrique, cuya fundación sigue defendiendo un modelo de turismo y desarrollo más sostenible (Fundación Cesar Manrique 2007). La explicación más probable en todos estos casos es que la escala y resolución de los datos, junto con el corto periodo de estudio (unos 20 años) no resulta adecuada para la detección de cambios significativos. También es muy probable que una fuente de datos distinta ofreciera una apreciación diferente. En el caso de Timanfaya, Teide, y la Caldera de Taburiente es probable que una clasificación de cambios en los usos del suelo a la escala y resolución de CLC sea simplemente poco adecuada para el seguimiento del medio ambiental en estos entornos.

Una opción evidente consistiría en la elaboración de nuevos mapas de usos del suelo mejor adaptados a las condiciones nacionales que CLC, que, como es sabido, responde a una clasificación de usos del suelo para el conjunto del continente europeo.

6. Agradecimientos

La investigación recogida en este artículo es fruto del proyecto DUSPANAC (Dinámicas de Usos del Suelo en los Parques Nacionales y su Entorno), subvencionado por el Organismo Autónomo de Parques Nacionales (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente) en su convocatoria de 2010. 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 recibido durante la redacción del artículo, y tanto la subvención recibida desde el proyecto COMPLEX (ref. 308601) del 7º programa marco de la Unión Europea. También queremos agradecer a Patricia Martínez Alonso del Observatorio para una Cultura del Territorio (OCT), y a dos revisores anónimos, cuyos comentarios han contribuido a mejorar este artículo.

7. Referencias bibliográficas

- Barredo, J. I. y Gómez Delgado, M. (2008) Towards a set of IPCC SRES urban land-use scenarios: Modelling urban land-use in the Madrid region. En Paegelow, M. & Camacho Olmedo, M. T. (Eds.) *Modelling Environmental Dynamics*. Springer.
- BOE (2007), Ley 5/2007, de 3 de abril, de la Red de Parques Nacionales; BOE, nº 81, de 4 de abril de 2007.
- Brink, A.B., y Eva, H.D. (2009) Monitoring 25 years of land cover change dynamics in Africa: A sample based remote sensing approach. *Applied Geography*, 29 (4), 501-512.
- Catalá Mateo, R., Bosque Sendra, J. y Plata Rocha, W. (2008) Análisis de posibles errores en la base de datos CORINE Land Cover (1990-2000) en la Comunidad de Madrid. *Estudios Geográficos*, LXIX, 81-104
- Custodio, E., Manzano, M, y Montes, C. *et al.*, (2008). Perspectiva general del papel y gestión de las aguas subterráneas en el Área de Doñana, Sudoeste de España. *Boletín Geológico y Minero*, 119 (1): 81-92. ISSN: 0366-0176
- Dale, V. H., & Beyeler, S. C. (2001). Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological indicators*, 1(1), 3-10.

- Dewan, A.M., y Yamaguchi Y. (2009) Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh: Using remote sensing to promote sustainable urbanization. *Applied Geography*, 29 (3), 390-401.
- DeFries, R., Hansen, A., Turner, B. L., Reid, R., & Liu, J. (2007). Land use change around protected areas: management to balance human needs and ecological function. *Ecological Applications*, 17(4), 1031-1038.
- Díaz, J. y Gutiérrez, J. (2013) Exploring the limitations of CORINE Land Cover for monitoring urban land-use dynamics in metropolitan areas. *Journal of Land Use Science* 2013 <http://dx.doi.org/10.1080/1747423X.2012.761736>
- EEA (2006) Urban sprawl in Europe - the ignored challenge. EEA Informe N° 10/2006. http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2006_10
- Falcucci, A., Maiorano, L., & Boitani, L. (2007). Changes in land-use/land-cover patterns in Italy and their implications for biodiversity conservation. *Landscape ecology*, 22(4), 617-631.
- Felicísimo, A., y Sánchez Gago, L. (2002), Thematic and spatial accuracy: a comparison of the Corine Land Cover with the Forestry Map of Spain. 5th AGILE Conference on Geographic Information Science, Palma de Mallorca (Spain) April 25th-27th 2002 109
- Feranec J., Jaffrain G., Soukup T., y Hazeu G.(2010) Determining changes and flows in European landscapes 1990-2000 using CORINE land cover data. *Applied Geography*, 30 (1), pp. 19-35.
- Foody, G. M., & Boyd, D. S. (1999). Detection of partial land cover change associated with the migration of inter-class transitional zones. *International Journal of Remote Sensing*, 20(14), 2723-2740.
- Fundación César Manrique (2007). *Sitio web*. www.fcmanrique.org. Consultado en septiembre de 2014.
- Gallego, J. (2000) Comparing CORINE Land Cover with a more detailed database in Arezzo, (Italy) agrienv.jrc.ec.europa.eu/publications/pdfs/CLC_ACC_AREZ.pdf.
- González Trueba, JJ y Serrano Cañadas, E. (2008) *la valoración del patrimonio geomorfológico en espacios naturales protegidos. Su aplicación al parque nacional de los Picos de Europa*, boletín de la A.G.E. N.o 47 - 2008, págs. 175-194
- Hampe, A., y Petit, R. J. (2005). Conserving biodiversity under climate change: the rear edge matters. *Ecology letters*, 8(5), 461-467.
- Hewitt, R. y Escobar, F., (2011) The territorial dynamics of fast-growing regions: Unsustainable land use change and future policy challenges in Madrid, Spain. *Applied Geography*, 31(2), pp.650-667.
- Hewitt, R., Van Delden, H. y Escobar, F., (2014) Participatory land use modelling, pathways to an integrated approach, *Environmental Modelling & Software*, 52, pp. 149-165.
- Lee, T. M., y Jetz, W. (2008) Future battlegrounds for conservation under global change. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 275(1640), 1261-1270.
- MAGRAMA 2015 "Objetivos de los Parques Nacionales". <http://www.magrama.gob.es/es/red-parques-nacionales/la-red/objetivos.aspx>
- Marland, G., Pielke Sr, R. A., Apps, M., Avissar, R., Betts, R. A., Davis, K. J., .. y Xue, Y. (2003). The climatic impacts of land surface change and carbon management, and the implications for climate-change mitigation policy. *Climate Policy*, 3(2), 149-157.
- Mas, J. F. (1999). Monitoring land-cover changes: a comparison of change detection techniques. *International journal of remote sensing*, 20(1), 139-152.
- Maucha, G. y Büttner, G., (2005). Validation of the European CORINE Land Cover 2000 database. In: Proceedings of the 25th EARSeL Symposium on Global Developments in Environmental Earth Observation from Space, 6-11 June 2005, Porto, Portugal.
- Metzger, M. J., Rounsevell, M. D. A., Acosta-Michlik, L., Leemans, R., y Schröter, D. (2006). The vulnerability of ecosystem services to land use change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 114(1), 69-85.
- Montes, C. (2007) Construir Resiliencia para Doñana en un mundo cambiante. *Revista Sostenible* 35:14-15.
- Nelson, A., & Chomitz, K. M. (2011). Effectiveness of strict vs. multiple use protected areas in reducing tropical forest fires: a global analysis using matching methods. *PLoS One*, 6(8), e22722.
- Noss, R. F. (1990). Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation biology*, 355-364.
- Ojeda, J.F., (1987) Desarrollo económico, transformación de paisajes y protección de la naturaleza en Andalucía, *Cuadernos geográficos de la Universidad de Granada*, ISSN 0210-5462, N° 16-17, 1987-1988.
- OSE (2006) Cambio de ocupación del suelo en España: implicaciones para la sostenibilidad. http://www.sostenibilidad-es.org/sites/default/files/_Informes/tematicos/suelo/suelo-esp.pdf. Consultado en enero de 2013.

- Palomo, I., Martín-López, B., Potschin, M., Haines-Young, R., & Montes, C. (2013). National Parks, buffer zones and surrounding lands: mapping ecosystem service flows. *Ecosystem Services*, 4, 104-116.
- Petrișor, A., Grigorovschi, M., Meită1, V, Simion-Melinte, C. (2014) Long-Term Environmental Changes Analysis Using Corine Data, *Environmental Engineering and Management Journal* 13.4: 847-60.
- Plata Rocha, W., M. Gómez Delgado y Bosque Sendra, J. (2009). Cambios de usos del suelo y expansión urbana en la Comunidad de Madrid 1990-2000. Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias sociales, Universidad de Barcelona. 2009.13. <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-293.htm>. Consultado en octubre de 2009.
- Pontius, R.G. Jr.; Shusas, E. y McEchern, M. (2004) Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 101, p. 251-26.
- Pretty, J. (2002). Agri-culture: reconnecting people, nature, and land. Earthscan.
- R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rounsevell M.D.A., Reginster I., Araujo M.B., Carter T.R., Dendoncker N., Ewert F., House J.I., Kankaanpää, S., Leemans, R., Metzger, M.J., Schmit, C., Smith, P., Tuck G. (2006) A coherent set of future land use change scenarios for Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 114 (1), 57-68.
- Roy, M. (2009) Planning for sustainable urbanisation in fast growing cities: Mitigation and adaptation issues addressed in Dhaka, Bangladesh. *Habitat International* 33, 276-28.
- Schröter, D., Cramer, W., Leemans, R., Prentice, I. C., Araújo, M. B., Arnell, N. W., .. y Zierl, B. (2005) Ecosystem service supply and vulnerability to global change in Europe. *Science*, 310(5752), 1333-1337.
- Shalaby, A. Y Tateishi, R. (2007) Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt. *Applied Geography*, 27, 28-41.
- Symeonakis, E., Calvo-Cases, A., & Arnau-Rosalen, E. (2007) Land Use Change and Land Degradation in Southeastern Mediterranean Spain. *Environmental Management*, 40(1), 80-94. doi:10.1007/s00267-004-0059-0.
- Taylor, D. L. (1973). Some ecological implications of forest fire control in Yellowstone National Park, Wyoming. *Ecology*, 1394-1396.
- Tobler, W. R. (1970). A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Economic geography*, 234-240.
- Turner B.L.II, Lambin E.F., & Reenberg A. (2007) The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. *Proc Natl Acad Sci USA* 104:20666-20671.
- Wells, M. P., & McShane, T. O. (2004). Integrating protected area management with local needs and aspirations. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 33(8), 513-519.
- Wu, J. (2008); ,Changing perspectives on biodiversity conservation: from species protection to regional sustainability, *Biodivers Sci*,16,205-213.
- Wyatt, B.K., D.J. Briggs & H.M. Mounsey (1988). *CORINE: an information system on the state of the environment in the European Community*. In: H. Mounsey, ed. *Building databases for global science*. London, Taylor & Francis, pp. 378-396.
- Zorrilla-Miras, P., Palomo I., Gómez-Baggethun, E., Martín-López, B., Lomas, P., and Montes, C. (2013), Effects of land-use change on wetland ecosystem services: A case study in the Doñana marshes in southwestern Spain. *Landscape and Urban Planning*.

Anexo 1: Ejemplo datos de entrada (tabulación cruzada proporcional) para el programa calculador de cambios, anexos 2 y 3

cabpn9000.csv - LibreOffice Calc

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Sum - ha	cab_90											
2	cab_00	12	17	21	22	23	24	26	28	29	31	32	Total Result
3		12	9,49			0,21				0,16			9,86
4		17		0,11									0,11
5		21			0,11	0,02							0,14
6		22				4,71							4,71
7		23					24,18						24,18
8		24						6,76					6,76
9		26							1,05	0,09			1,14
10		28	0,10						0,07	20,58			20,75
11		29							0,08	1,92	29,61		31,60
12		31										0,31	0,31
13		32											0,44
14	Total Result	9,59	0,11	0,11	4,71	24,42	6,76	1,20	22,58	29,76	0,31	0,44	100,00
15													
16													

Para correr el programa, copiar los dos scripts (Anexo 2 y 3) a un directorio en tu sistema (tienen que estar los dos scripts dentro del mismo directorio), y crear una nueva carpeta vacía titulada “OUTPUTS” dentro de este directorio. Abrir el software R, y dar la siguiente instrucción.

```
source("csvgin.R")
```

El script “csvgin.R” correrá, dando el usuario la opción de seleccionar una carpeta donde están ubicadas tabulaciones cruzadas de archivo tipo “.csv”, en un formato exactamente igual al ejemplo mostrado arriba. Al encontrar archivos tipo “.csv” en la carpeta seleccionada el script procederá a llamar el script “readt.R” de manera automática y los archivos de salida serán generados dentro de la carpeta “OUPUTS”. El formato de las tablas de salida será igual a los ejemplos encontrados en Pontius et al. (2004) (p.e. La Tabla 2, p. 259).

Anexo 2: Script de R “csvgin.R”

```
#START SCRIPT csvgin.R
require(tcltk)
dirselect <- function()
{
tkmessageBox(message = "select crosstab file directory (all .csv files will be imported)")
dirName <- tclvalue(tkchooseDirectory())
if (!nchar(dirName)) {
tkmessageBox(message = "No directory was selected!")
} else {
# tkmessageBox(message = paste("The working directory is", dirName))
}
list(name=dirName)
}
#call the function
workdir <- dirselect()
filedir <- toString(workdir$name)
csvlist <- list.files(filedir,pattern=".csv$")
```

```
csvtab <- data.frame(matrix(vector(), 0, 2, dimnames=list(c(), c("name", "ext"))), stringsAsFactors=F)
for (f in csvlist) {
  t <- paste(filedir,"",f,sep="")
  y <- strsplit(f, "[.]")
  matr <- matrix(unlist(y), ncol=2, byrow=TRUE)
  datfr2 <- as.data.frame(matr)
  colnames(datfr2) <- c("name", "ext")
  y <- as.character(datfr2$name)
  z <- as.character(datfr2$ext)
  csvtab[f, 1] = y
  csvtab[f, 2] = z
  source("readt.R")
}
#END SCRIPT csvin.R
```

Anexo 3: Script de R “readt.R”

```
#START SCRIPT readt.R
options(scipen=999)
mydata = read.csv(f) #read in raw data
print(paste("processing table ", y, sep=""))
my <- as.table(as.matrix(mydata)) #turn raw data into a matrix
my2 <- apply(apply(my, 2, gsub, patt=".", replace="."), 2, as.numeric) #replace commas with decimals
my2[is.na(my2)] <- 0
tablen <- length(my2[1,])
filen <- paste("OUTPUTS/outfile_",y,".txt",sep="")
cat("-----",file=filen,sep="\n")
eligible = data.frame(matrix(vector(),0, 2, dimnames=list(c(), c("class", "percent"))), stringsAsFactors=F)
dfmultgain = data.frame(matrix(vector(), tablen-1, 4, dimnames=list(c(), c("gain", "proportions", "less_act_class", "units" ))),
stringsAsFactors=F) #create an empty dataframe to receive the simulation results
dfmultloss = data.frame(matrix(vector(), tablen-1, 4, dimnames=list(c(), c("loss", "proportions", "less_act_class", "units" ))),
stringsAsFactors=F) #create an empty dataframe to receive the simulation results
#create empty matrix for expected gains
dfexgain = data.frame(matrix(0, tablen, tablen))
dfexloss <- dfexgain
totalsg <- my2[tablen,]
totalsg <- totalsg[c(1:(tablen-1))]
totalsl <- my2[,tablen]
totalsl <- totalsl[c(1:(tablen-1))]
for (i in 1:(tablen-1)) {
  #calculate the totals again
  sumrows <- (sum(my2[i,])-(my2[i,1])-(my2[i,tablen]))
  sumcols <- (sum(my2[,i])-(my2[1,i])-(my2[tablen,i]))
  #replace with recalculated totals
  my2[i,tablen] <- sumrows
  my2[tablen,i] <- sumcols
  #this step to prevent negative numbers emerging. Gain and losses can be either 0 or positive, but not negative.
  sumgr <- (sum(my2[i,])-(my2[i,1])-(my2[i,i])-(my2[i,tablen])) #gains are sum of ..
  sumlr <- (sum(my2[,i])-(my2[1,i])-(my2[i,i])-(my2[tablen,i])) #losses are sum of ..
  dfmultgain[(i, 1)] = sumgr
  dfmultgain$proportions <- totalsg
  dfmultloss[(i, 1)] = sumlr
  dfmultloss$proportions <- totalsl
  dfmultgain$less_act_class[i] <- (sum(dfmultgain$proportions)) - (dfmultgain$proportions[i])
  dfmultloss$less_act_class[i] <- (sum(dfmultloss$proportions)) - (dfmultloss$proportions[i])
  dfmultgain$units[i] <- dfmultgain$gain[i]/dfmultgain$less_act_class[i]
  dfmultloss$units[i] <- dfmultloss$loss[i]/dfmultloss$less_act_class[i]
  #dfmultgain <- dfmultgain[c(2:(tablen-1)),1:4]
  #rownames(dfmultgain) = 1:nrow(dfmultgain)
  #dfmultloss <- dfmultloss[c(2:(tablen-1)),1:4]
  #rownames(dfmultloss) = 1:nrow(dfmultloss)
  for (j in 1:(tablen-1)) {
    dfexgain[j,i] <- dfmultgain$proportions[j]*dfmultgain$units[i]
    dfexloss[j,i] <- dfmultloss$proportions[j]*dfmultloss$units[i]
  }
  dfexgain[i,i] = my2[i,i]
  dfexloss[i,i] = my2[i,i]
}
for (i in 1:(tablen-1)) {
  dfexgain[1,i] = my2[1,i]
  dfexgain[i,1] = my2[i,1]
}
```

```

dfexloss[1,] = my2[1,]
dfexloss[,1] = my2[,1]
sumrowsg <- (sum(dfexgain[i,])-(dfexgain[i,1])-(dfexgain[i,tablen]))
sumcolsg <- (sum(dfexgain[,i])-(dfexgain[1,i])-(dfexgain[tablen,i]))
dfexgain[i,tablen] = sumrowsg
dfexgain[tablen,i] = sumcolsg
sumrowsl <- (sum(dfexloss[i,])-(dfexloss[i,1])-(dfexloss[i,tablen]))
sumcolsl <- (sum(dfexloss[,i])-(dfexloss[1,i])-(dfexloss[tablen,i]))
dfexloss[i,tablen] = sumrowsl
dfexloss[tablen,i] = sumcolsl
if (i>1) {
lossplots <- data.frame(matrix(vector(), tablen-3, 2, dimnames=list(c(), c("observed", "expected" )), stringsAsFactors=F) #need to
modify these to include all loss and gain data for all i
gainplots <- data.frame(matrix(vector(), tablen-3, 2, dimnames=list(c(), c("observed", "expected" )), stringsAsFactors=F)
}
} #end for loop
breakval <- 10 #set breakval to choose proportion of land use change to consider
for (i in 1:(tablen-1)) {
chosen = 0
test <- as.numeric(my2[tablen,i])
if (test >= breakval) {
chosen = 1
eligible[(i, 1) = my2[1,i]
eligible[(i, 2) = test
}
#i <- 2 #to check that the plot is correct for lu 12
lossrowex <- dfexloss[c(1:(tablen-1)),c(1:(tablen-1))] #remove last row and last column (totals)
gainrowex <- dfexgain[c(1:(tablen-1)),c(1:(tablen-1))]
lossrowobs <- my2[c(1:(tablen-1)),c(1:(tablen-1))] #remove last row and last column (totals)
gainrowobs <- my2[c(1:(tablen-1)),c(1:(tablen-1))] #remove last row and last column (totals)
#gainrowobs <- as.data.frame(gainrowobs)
lossrowexcol <- lossrowex[i,] #select only row i
lossrowobscol <- lossrowobs[,i] #select only column i
gainrowexcol <- gainrowex[,i] #select only column i
gainrowobscol <- gainrowobs[i,] #select only row i
lossrowexcol <- as.data.frame(lossrowexcol)
lossrowobscol <- t(lossrowobscol)
lossrowobscol <- as.data.frame(lossrowobscol)
gainrowexcol <- t(gainrowexcol)
gainrowexcol <- as.data.frame(gainrowexcol)
gainrowobscol <- t(gainrowobscol)
gainrowobscol <- as.data.frame(gainrowobscol)
headertab <- lossrowobs
headertabcol <- headertab[1,] #select the first row (the headertab)
headertabcol <- t(headertabcol)
headertabcol <- as.data.frame(headertabcol)
lossrowexcol[i] <- NULL #eliminate the value for that particular iteration
lossrowobscol[i] <- NULL
gainrowexcol[i] <- NULL #eliminate the value for that particular iteration
gainrowobscol[i] <- NULL
headertabcol[i] = NULL #also eliminate from the header)
headertabcol[1] = NULL #remove the first value
lossrowexcol[1] <- NULL #eliminate the header (always the first item in the list)
lossrowobscol[1] <- NULL
gainrowexcol[1] <- NULL #eliminate the header (always the first item in the list)
gainrowobscol[1] <- NULL
xnames <- as.character(headertabcol)
if (i>1) {
i_name <- as.character(my2[1,i]) #what land use are we on?
lossplots$expected = c(lossrowexcol)
gainplots$expected = c(gainrowexcol)
lossplots$observed = c(lossrowobscol)
gainplots$observed = c(gainrowobscol)
xloss <- c(as.numeric(lossplots$observed))
xgain <- c(as.numeric(gainplots$observed))
yloss <- c(as.numeric(lossplots$expected))
ygain <- c(as.numeric(gainplots$expected))
cat("-----",file=filen,sep="\n",append=TRUE)
writeline <- paste("land use gains for land use ", i_name, " from table ", y, sep="")
cat(writeline,file=filen,sep="\n",append=TRUE)
}
}

```

```

cat("-----",file=filen,sep="\n",append=TRUE)

for (j in 1:(length(ygain))) {
  if (xgain[j] == ygain[j]) {
    writeline <- paste("land use ",i_name, " gain from ",xnames[j], " was ", round(xgain[j],2), " %, same as expected value (",
    round(ygain[j],2), " %)", sep="")
    cat(writeline,file=filen,sep="\n",append=TRUE)
  } else if (xgain[j] > ygain[j]) {
    writeline <- paste("land use ",i_name, " gain from ",xnames[j], " was ", round(xgain[j],2), " %, greater than expected value (",
    round(ygain[j],2), " %)", sep="")
    cat(writeline,file=filen,sep="\n",append=TRUE)
  } else if (xgain[j] < ygain[j]) {
    writeline <- paste("land use ",i_name, " gain from ",xnames[j], " was ", round(xgain[j],2), " %, less than expected value (",
    round(ygain[j],2), " %)", sep="")
    cat(writeline,file=filen,sep="\n",append=TRUE)
  } else {
  }
}
cat("-----",file=filen,sep="\n",append=TRUE)
writeline <- paste("land use losses for land use ", i_name, " from table ", y, sep="")
cat(writeline,file=filen,sep="\n",append=TRUE)
cat("-----",file=filen,sep="\n",append=TRUE)
for (j in 1:(length(yloss))) {
#reporting losses.
  if (xloss[j] == yloss[j]) {
    writeline <- paste("land use ",i_name, " loss to ",xnames[j], " was ", round(xloss[j],2), " %, same as expected value (",
    round(yloss[j],2), " %)", sep="")
    cat(writeline,file=filen,sep="\n",append=TRUE)
  } else if (xloss[j] > yloss[j]) {
    writeline <- paste("land use ",i_name, " loss to ",xnames[j], " was ", round(xloss[j],2), " %, greater than expected value (",
    round(yloss[j],2), " %)", sep="")
    cat(writeline,file=filen,sep="\n",append=TRUE)
  } else if (xloss[j] < yloss[j]) {
    writeline <- paste("land use ",i_name, " loss to ",xnames[j], " was ", round(xloss[j],2), " %, less than expected value (",
    round(yloss[j],2), " %)", sep="")
    cat(writeline,file=filen,sep="\n",append=TRUE)
  } else {
  }
}
heightloss <- rbind(xloss, yloss)
if (max(heightloss) > 1) {
heightargloss <- max(heightloss)
} else {
heightargloss <- 1
}
heightgain <- rbind(xgain, ygain)
if (max(heightgain) > 1) {
heightarggain <- max(heightgain)
} else {
heightarggain <- 1
}
if (chosen == 1) {
png(filename = paste("OUTPUTS",y,"_OE_loss",as.character(my2[1,i]),".png",sep=""),width = 800, height = 800*heightargloss,
bg="white") #creat png
mpl <- barplot(heightloss, beside = TRUE,ylim = c(0, heightargloss), names.arg = xnames,main =paste("expected versus
observed losses for land use ",i_name,sep=""),col=c("darkblue","red"),legend=colnames(lossplots)) #output barplot
dev.off()
png(filename = paste("OUTPUTS",y,"_OE_gain",as.character(my2[1,i]),".png",sep=""),width = 800, height = 800*heightarggain,
bg="white") #creat png
mpg <- barplot(heightgain, beside = TRUE,ylim = c(0, heightarggain), names.arg = xnames,main =paste("expected versus
observed gains for land use ",i_name,sep=""),col=c("darkblue","red"),legend=colnames(gainplots)) #output barplot
dev.off()
}
}
}
my2 <- t(my2) #TRANSPOSE
OEGain <- my2-dfexgain
OElloss <- my2-dfexloss
siggain<- OEGain/dfexgain
sigloss <- OElloss/dfexloss #rounding is for tossers
write.csv(dfexgain, file = paste("OUTPUTS",y,"_exgains.csv",sep=""))

```

```
write.csv(OEgain, file = paste("OUTPUTS/",y,"_observed_minus_expected_gains.csv",sep=""))
write.csv(siggain, file = paste("OUTPUTS/",y,"_significance_of_gains.csv",sep=""))
write.csv(dfexloss, file = paste("OUTPUTS/",y,"_exloss.csv",sep=""))
write.csv(OEloss, file = paste("OUTPUTS/",y,"_observed_minus_expected_losses.csv",sep=""))
write.csv(sigloss, file = paste("OUTPUTS/",y,"_significance_of_losses.csv",sep=""))
write.csv(eligible, file = paste("OUTPUTS/",y,"_eligible.csv",sep=""))
#ok - put together all of the data into a single table
finalgaintab = data.frame(matrix(0, tablen*4, tablen))
finallosstab = data.frame(matrix(0, tablen*4, tablen))
count = 1
for (i in 1:tablen) {
#table of gains
finalgaintab[count,] <- my2[i,]
finallosstab[count,] <- my2[i,]
count= count+1 #increments the row number
finalgaintab[count,] <- dfexgain[i,]
finallosstab[count,] <- dfexloss[i,]
count= count+1
finalgaintab[count,] <- OEgain[i,]
finallosstab[count,] <- OEloss[i,]
count= count+1
finalgaintab[count,] <- siggain[i,]
finallosstab[count,] <- sigloss[i,]
count= count+1
#table of losses
}
write.csv(finalgaintab, file = paste("OUTPUTS/",y,"_finalgaintab.csv",sep=""))
write.csv(finallosstab, file = paste("OUTPUTS/",y,"_finallosstab.csv",sep=""))
print ("done")
#END SCRIPT readt.R
```

Sobre los autores

RICHARD HEWITT

Doctor, Universidad de Alcalá (Tecnologías de la Información Geográfica, integración de los procesos participativos en la modelación de los usos del suelo). Máster, Universidad de Newcastle, Reino Unido (Sistemas de Información Geográfica), Licenciado en Arqueología, Universidad de Londres. Miembro del equipo técnico del Observatorio para una Cultura del Territorio, investigador en planificación espacial del territorio en James Hutton Institute, Escocia, Reino Unido. Sus líneas de investigación actuales comprenden la modelización geográfica, los procesos participativos para apoyar la toma de decisiones territoriales, y la planificación y ordenación del territorio.

FLORENCIA PERA

Titulada en el Máster de Tecnologías de la Información Geográfica por la Universidad de Alcalá y Graduada en Arqueología por la Universidad Complutense de Madrid. Colaboradora en el Observatorio para una Cultura del Territorio, dando apoyo en diversas actividades participativas. Actualmente trabaja como técnico GIS en la empresa COTESA, generando y actualizando cartografía. Sus intereses de investigación se centran en el estudio de los cambios en los usos del suelo a partir de la modelización y análisis del terreno. Otros ámbitos de interés son la programación, las bases de datos espaciales y la teledetección.

FRANCISCO ESCOBAR

Profesor titular de Análisis Geográfico Regional en el Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente de la Universidad de Alcalá. Previamente ocupó puestos de *Senior Lecturer* en RMIT University y de *Senior Research Fellow* en la University of Melbourne. Ha sido Experto Nacional en la Comisión Europea (2007-10) y profesor invitado en la Universidad de Estrasburgo (2004-05) y en el *Luxembourg Institute of Socio-Economic Research*, antes CEPS (2013-14). Su investigación se centra en el modelado territorial con autómatas celulares y en la geo-visualización y análisis espacial en Salud Pública. Más información en su página web www.geogra.uah.es/patxi