



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

**ANÁLISIS DE LA SILVOGÉNESIS SECUNDARIA EN
EL ÁMBITO PORN DEL PARC NATURAL DE LA
SERRA CALDERONA ENTRE 1957 Y 2018.
PRINCIPALES TENDENCIAS DE EVOLUCIÓN.**

Trabajo Final de Máster presentado por Guillermo García Pascual

Universitat Politècnica de València

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural

Máster en Ingeniería de Montes. Curso 2019 - 2020

Tutor:

Dr. Rafael Delgado Artés

Cotutora:

María José Modesto Alapont

Valencia, 27 de Julio de 2020

RESUMEN

Los cambios socioeconómicos ocurridos a partir de la primera mitad del siglo XX en las zonas rurales de la cuenca del Mediterráneo han marcado la evolución del paisaje de media montaña de estas regiones. El abandono de las actividades agroforestales, tales como los cultivos en terrazas de secano, el pastoreo extensivo o la recolección de leñas, han permitido que la vegetación forestal experimente procesos de expansión y densificación con una nula presión antrópica. En este contexto, se estudia la dinámica en la evolución de las coberturas forestales en el ámbito PORN del Parque Natural de la Serra Calderona, al ser este un espacio representativo de dichos paisajes. El estudio se realiza para el periodo 1957 - 2018, estudiando los vuelos de 1957, 2008, 2018. Dado que en 1957 se realiza el primer vuelo fotográfico que cubre la totalidad del parque y fue el momento donde se empezaron a dar las primeras etapas del abandono rural se considera un momento óptimo como imagen inicial. Los datos se toman aplicando técnicas de fotointerpretación con el fin de clasificar el paisaje en usos y coberturas, para posteriormente estudiar las transiciones ocurridas en el paisaje durante el periodo estudiado e identificar las principales tendencias de cambio y los procesos más relevantes en la configuración del paisaje. Los resultados muestran como se ha producido una expansión de las coberturas forestales densas, principalmente sobre terrenos agrícolas abandonados y terreno forestal abierto, además, el abandono agrícola también se ha identificado como un proceso sistemático. A pesar de la expansión forestal, los incendios forestales han tenido la capacidad de dirigir la evolución del paisaje en el corto plazo (2008 - 2018) y han sido la única causa de generación de espacios abiertos. El paisaje ha pasado de una homogeneidad dominada por espacios agrícolas y un monte poco vegetado, a un estado con una heterogeneidad mayor, pero que, en caso de seguir con la tendencia actual, podría llegar un estado de homogeneidad paisajística dominado por el arbolado y el matorral.

Palabras clave: fotointerpretación; dinámica paisajística; silvogénesis; evolución forestal en parques naturales; tendencias de evolución bosque mediterráneo.

ABSTRACT

Socioeconomical changes occurred during the first half of the 20th century in rural areas of the Mediterranean basin have been the leading cause of evolution of the midrange mountain landscape in these regions. Abandonment of traditional economical activities, such as, rainfed cultivation, extensive grazing or firewood collection have allowed forest vegetation to expand and densify free from anthropic pressure. In this context, dynamics of forest vegetation in the

Natural Park Serra Calderona are studied. The research is made for the period 1957 – 2018, assessing aerial images from 1957, 2008 and 2018. Because 1957 is the first full extent aerial photography of the studied area and sets the beginning of the abandonment of the rural areas it is considered an optimal baseline. Data acquisition is based on photointerpretation with the aim of classifying the landscape in its uses and land coverage, allowing for changes in the landscape occurred during the studied period to be analyzed, hence making it possible to identify systematic changes as well as the main tendencies driving landscape evolution. Results shown an expansion of dense forest vegetation, mainly on abandoned agricultural land and open forest. Moreover, agricultural abandonment has been identified as a systematic process. Despite woodland's expansion, wildfires have had the ability to manage landscape evolution in the short term (2008 – 2018) being the only cause of open space creation. The Landscape of Serra Calderona has changed from a homogeneous set of crops and low density forests to a more heteronomous system due to the the increase of woodland and thicket surface. Nonetheless, current tendencies could lead landscape to a state of homogeneity with dense timberlands as the predominant land cover.

Keywords: photointerpretation; landscape dynamics; forest evolution in natural parks; evolution tendencies of Mediterranean forest.

Autor: Guillermo García Pascual

Fecha: Valencia, 27 de Julio de 2020

Tutor Académico: Dr. Rafael Delgado Artés

Cotutora: María José Modesto Alapont

ÍNDICE

Resumen.....	2
ABSTRACT	2
1. Introducción.....	1
2. Objetivos	2
3. Materiales y métodos	3
3.1. Área de estudio	3
3.1.1. Marco geográfico	3
3.1.2. Relieve.....	5
3.1.3. Marco climático.....	8
3.1.4. Hidrología.....	10
3.1.5. Marco forestal.....	11
3.1.6. Marco demográfico.....	14
3.2. Materiales y métodos para el análisis de la distribución espacial de los usos, coberturas y sus cambios	16
3.2.1. Categorías fotointerpretadas	16
3.2.2. Adquisición de la información. Procesado y fotointerpretación de imágenes aéreas.....	19
3.2.3. Análisis de la distribución de usos y coberturas y sus cambios.....	22
4. Resultados y Discusión	26
4.1. Estimación del error de muestreo	26
4.2. Evolución de la cobertura forestal en el Parque Natural Serra Calderona.....	27
4.3. Persistencias y cambios normalizados	31
4.4. Identificación de las transmisiones aleatorias y sistemáticas	35
5. Conclusiones.....	37
6. Bibliografía.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Mapa de altitudes del PORN de la Serra Calderona. En rojo se representan las mayores cotas, mientras que en azul las menores. Fuente: elaboración propia a partir del Modelo Digital del Terreno de la Comunitat Valenciana.</i>	<i>5</i>
<i>Figura 2: Tipos y unidades de paisaje presentes en el ámbito PORN del Parque Natural Serra Calderona. Fuente: Galiana et al. (2007).</i>	<i>7</i>
<i>Figura 3: Litología del ámbito PORN del Parque Natural Serra Calderona. Fuente: IGME (2010).</i>	<i>8</i>
<i>Figura 4: Temperatura media anual (izquierda) y precipitación media anual (derecha) en el PORN del Parque Natural Serra Calderona. Fuente: ICV (2009).</i>	<i>9</i>
<i>Figura 5: Climodiagramas de las estaciones climatológicas de Sagunto (izquierda) y Segorbe (derecha) para el periodo 1990 - 2020. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de la Red SIAR.</i>	<i>10</i>
<i>Figura 6: Termotipos presentes en el PORN del Parque Natural Serra Calderona. Fuente: Rivas-Martínez (1987).</i>	<i>10</i>
<i>Figura 7: Distribución del suelo forestal, no forestal y de los montes gestionados por Consellería en el PORN del Parque Natural Serra Calderona. Fuente: Elaboración propia a partir de la cartografía del PATFOR (2012).</i>	<i>12</i>
<i>Figura 8: Series de vegetación presentes en el PORN del Parque Natural Serra Calderona. Fuente: Rivas-Martínez (1987).</i>	<i>13</i>
<i>Figura 9: Parcelas de muestreo empleadas para la fotointerpretación de los usos y coberturas. Fuente: elaboración propia.</i>	<i>20</i>
<i>Figura 10: Representación de una parcela de muestreo donde aparecen diferentes teselas de usos y coberturas. Cada color representa un uso o cobertura diferente. Fuente: elaboración propia.</i>	<i>21</i>
<i>Figura 11: Plantillas para la estimación de la Fcc de las coberturas de Forestal Arbolado (FA) y Forestal Matorral. Fuente: Van Laar y Akca (2007).</i>	<i>22</i>
<i>Figura 12: Proporción que representan las categorías forestales de nivel II dentro de la combinación Forestal de nivel I y cultivos abandonados. 1957 se representa arriba izquierda, 2008 arriba derecha y 2018 abajo. Fuente: elaboración propia.</i>	<i>28</i>
<i>Figura 13: Incremento absoluto de las categorías Forestales y en Tránsito a Forestal de nivel II en el PORN de la Serra Calderona. El amarillo representa a los cultivos abandonados, el azul claro al matorral, el azul oscuro al arbolado y el gris a los pastizales y afloramientos rocosos Fuente: elaboración propia.</i>	<i>30</i>
<i>Figura 14: Dominancia de las parcelas de muestre en función de las categorías forestales de nivel II y el resto de las categorías de nivel I. La escala de las parcelas es mayor para su mejor visualización. Fuente: elaboración propia.</i>	<i>31</i>

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Municipios incluidos en el PORN de la Serra Calderona y proporción del mismo que contienen. Fuente: elaboración propia.</i>	4
<i>Tabla 2: Extremos y Perímetros de la zona PORN de la Serra Calderona. Fuente: elaboración propia.</i>	4
<i>Tabla 3: Superficie forestal y no forestal y su reparto entre la zona de influencia (PORN) y el Parque Natural (PRUG) de la Serra Calderona. Fuente: Cartografía PATFOR (2012).</i>	11
<i>Tabla 4: Evolución de la población en los municipios presentes total o parcialmente en la zona de estudio. Fuente: Portal Estadístico de la Generalitat Valenciana</i>	15
<i>Tabla 5: Afiliaciones a la Seguridad Social por sectores económicos en los municipios presentes en el PORN del Parque Natural Serra Calderona. Fuente: Portal Estadístico de la Generalitat Valenciana.</i>	15
<i>Tabla 6: Categorías de nivel I y nivel II propuestas para la clasificación del territorio estudiado. Fuente: elaboración propia.</i>	17
<i>Tabla 7: Matriz de cambio empleada para evaluar las transiciones de categorías entre dos tiempos muestreados. Cada valor representa el número de parcelas que en el Tiempo A pertenecían a la clase i y en el Tiempo B a la clase j. Fuente: Gitau et al. (2010).</i>	23
<i>Tabla 8: Matriz de cambio empleada para evaluar las transiciones de categorías entre dos tiempos muestreados. Cada valor representa la proporción de parcelas que en el Tiempo A pertenecían a la clase i y en el Tiempo B a la clase j. Fuente: Gitau et al. (2010).</i>	23
<i>Tabla 9: Error relativo obtenido en el muestro para las categorías de nivel I en base a los resultados de la fotointerpretación del PORN del Parque Natural Serra Calderona. Fuente: elaboración propia.</i>	26
<i>Tabla 10: Error relativo obtenido en el muestreo para las categorías forestales y en tránsito a forestal de nivel II en base a los resultados de la fotointerpretación del PORN del Parque Natural de la Serra Calderona. Fuente: elaboración propia.</i>	27
<i>Tabla 11: Superficie ocupada por las categorías forestales de nivel II en cada momento, así como sus incrementos relativos y absolutos en los diferentes periodos fotointerpretados en el PORN del Parque Natural Serra Calderona. Fuente: elaboración propia.</i>	29
<i>Tabla 12: Número de parcelas y proporción sobre el total (entre paréntesis) que presentan dominancia de cada una de las categorías de nivel II a partir del muestreo por fotointerpretación del Parque Natural de la Serra Calderona. Fuente: elaboración propia.</i>	30

<i>Tabla 13: Matriz de cambio de las categorías forestales de nivel II con el resto de las categorías de nivel I para el periodo 1957-2008. Fuente: elaboración propia.</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 14: Matriz de cambio de las categorías de nivel II para el periodo 1957 - 2018. Fuente: elaboración propia.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 15: Matriz de cambio de las categorías de nivel I para el periodo 2008 - 2018. Fuente: elaboración propia.....</i>	<i>33</i>

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la Serra Calderona aparece en la mente de la población valenciana como uno de los espacios protegidos más icónicos del País Valenciano. En este territorio confluyen comunidades vegetales de gran interés, formaciones morfológicas abruptas de elevado valor paisajístico, espacios con una especial relevancia para la fauna y, en concreto, para las aves, así como un amplio abanico de bienes culturales: yacimientos arqueológicos, castillos, masías, monasterios forman parte de la impronta dejada por las sociedades que han pasado por este entorno (Conselleria de Territori i Habitatge, 2003).

La Serra Calderona se declara espacio protegido con la publicación del *DECRETO 77/2001, de 2 de abril, por el que se aprobó el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de la Sierra Calderona*, donde se reconoce toda la superficie correspondiente a la zona protegida y su zona de influencia (área PORN), de cerca de 45.000 ha. Posteriormente se redacta y publica el *DECRETO 46/2006, de 31 de marzo, del Consell de la Generalitat, por el que se aprueba el Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural de la Sierra Calderona*, que desemboca en una zonificación más concreta y que reconoce la zona denominada como Parque Natural, de 18.000 ha.

La Serra Calderona no es un entorno estático, como otros espacios mediterráneos su paisaje está en constante evolución y se conforma en base a los procesos geomorfológicos, la evolución y alteración de las formaciones vegetales y los cambios en la gestión del territorio llevado a cabo por las sociedades que se relacionan con su entorno (Regato *et al.*, 1999). Este elemento es clave ya que, las actividades humanas implican acciones que alteran los paisajes, los cuales representan una mezcla entre los procesos sociales y ecológicos (Turner, 1989).

El desmoronamiento del sistema económico tradicional agroforestal de las zonas rurales mediterráneas, llevado a cabo durante milenios, pasa a ser el principal factor de cambio del paisaje a partir de la segunda mitad del siglo XX y pone a disposición de las dinámicas naturales una extensión que históricamente que no lo estaba (Soriano y Ortells, 2001). Esto provoca, en la Serra Calderona, al igual que en otras zonas del mediterráneo, un proceso de expansión de la superficie forestal que todavía hoy sigue desarrollándose. Esta expansión de la superficie forestal se valora, según las estadísticas sectoriales, en 3.300 ha/año en la Comunitat Valenciana y su causa principal es el abandono de las superficies agrícolas (PATFOR, 2012), aunque esta recuperación de la vegetación varía en función de las condiciones ambientales y la gestión del terreno previa y posterior al abandono (Lasanta y Vicente-Serrano, 2007).

En el contexto de los Parques Naturales valencianos se han realizado pocos estudios centrados en la evolución de la vegetación natural y cómo han afectado a su paisaje este nuevo paradigma, conjuntamente a las medidas tomadas en relación a la conservación de estos espacios. Sin embargo, a nivel estatal son diversos los estudios en este ámbito, y los resultados obtenidos ponen de manifiesto el alto nivel de desconocimiento que se tiene en las trayectorias y dinámicas de la vegetación tras el abandono de tierras debido a la complejidad de las condiciones sociales y ecológicas propias de este evento socioeconómico (Errea et al., 2015).

El estudio de los usos y coberturas mediante la interpretación de fotografías aéreas es una herramienta muy adecuada para caracterizar los paisajes y explicar la formación de las estructuras actuales (Jiménez *et al.*, 2015), especialmente cuando se trata de estudiar amplios períodos de tiempo previos a la teledetección satelital. Por ello, en este trabajo se pretende identificar los procesos principales de silvogénesis que se han dado en el seno del Parque Natural Serra Calderona y su zona PORN empleando como método la fotointerpretación de las imágenes aéreas de 1957, 2008 y 2018 para la clasificación del paisaje en una serie de categorías propuestas las transiciones entre ellas.

2. OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo es el estudio de la evolución de la cobertura forestal dentro del límite PORN del Parque Natural de la Serra Calderona durante el periodo 1957 – 2018, en el contexto descrito.

Para alcanzar este objetivo general se fijan objetivos con un mayor grado de concreción:

- Determinar si la fotointerpretación de una muestra del 1% del territorio estudiado puede ser un método válido para el estudio de la evolución de los usos y coberturas en un territorio de la entidad de este Parque Natural.
- Evaluar si las diferentes amplitudes temporales estudiadas (50, 60 y 10 años) permiten identificar los diferentes procesos de evolución del paisaje, en cuanto a cambios de usos y coberturas se refiere.
- Monitorizar los cambios de los diferentes usos y coberturas, conocer cómo se ha desarrollado la evolución del territorio y sus patrones a diferentes escalas temporales.
- Identificar la existencia y determinar los procesos de cambio de usos y coberturas sistemáticos.
- Proyectar la evolución futura del paisaje en el escenario actual, junto con las problemáticas futuras que ello puede suponer.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio

El ámbito de estudio del presente trabajo se corresponde con la superficie incluida en la ordenación territorial que se recoge en el *Decreto 77/2001, de 2 de abril, del Gobierno Valenciano, por el que se aprueba el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de la Serra Calderona*. En este territorio se da la confluencia de factores descritos en la introducción que han marcado la trayectoria que ha seguido el paisaje mediterráneo: cambios socioeconómicos, abandono de las explotaciones agroforestales, procesos de silvogénesis e incendios forestales recurrentes, entre otros, han dado forma durante las últimas décadas a los terrenos incluidos en el PORN del Parque Natural, hasta conformar el paisaje observable hoy en día. Además, este espacio ha sido objeto de un especial tratamiento de protección ambiental, lo cual puede aportar algún tipo de peculiaridad a su evolución forestal.

En contraposición a la llanura predominantemente agrícola que rodea al Parque Natural, La Serra Calderona es actualmente un terreno con una clara vocación forestal, pero no por ello se halla totalmente desprovisto de la presencia de cultivos agrícolas. Estos cultivos son principalmente explotaciones agrícolas de secano (formadas mayoritariamente por plantaciones de algarrobos, olivos y almendros) que se intercalan con los terrenos forestales, dando por ello lugar a un paisaje en mosaico agroforestal. La proximidad a las zonas litorales y, por ende, a grandes núcleos de población, ha generado una fuerte presión urbanizadora sobre los sectores cercanos al Parque Natural más orientales. (Galiana *et al.*, 2007).

3.1.1. Marco geográfico

El Parque Natural Serra Calderona cuenta con una superficie de 18.019 ha. La zona PORN ocupa 44.947 ha e incluye las superficies designadas como Área de Influencia Socioeconómica (Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge, 2010).

La mayor parte de los municipios incluidos en el PORN pertenecen a la provincia de Valencia, siendo estos: Albalat dels Tarongers, Algímia d'Alfara, Estivella, Gàtova, Gilet, Marines, Nàquera, Olocau, Sagunt, Segart, Serra y Torres-Torres. Por otra parte, el Parque Natural afecta a la provincia de Castellón, con superficie incluida en los municipios de Altura y Segorbe. Esta superficie perteneciente a la Provincia de Castellón se encuentra toda incluida en la comarca del Alto Palancia, mientras que la superficie perteneciente a la Provincia de Valencia se distribuye entre las comarcas del Camp de Morvedre y el Camp del Túria (Tabla 1).

En cuanto a la distribución territorial del Parque Natural, en la provincia de Valencia se encuentra el 54% de la superficie del PORN, el 46% restante pertenece a la provincia de Castellón. En cuanto a las comarcas, el Camp de Morvedre representa el 20% del PORN, el Camp del Túria el 34% y el Alto el 46%.

Tabla 1: Municipios incluidos en el PORN de la Serra Calderona y proporción del mismo que contienen. Fuente: elaboración propia.

Comarca	Municipio	Superficie del Término Municipal (ha)	Superficie incluida en el PORN (ha)	% PORN	% Municipio
<i>Alto Palancia</i>					
	Altura	12.950	12.389	28	96
	Segorbe	10.610	8.441	19	80
<i>Camp de Morvedre</i>					
			8.775	20	
	Albalat dels Tarongers	2.130	1.730	4	81
	Algimia d'Alfara	1.450	1.162	3	80
	Estivella	2.090	1.638	4	78
	Gilet	1.130	599	1	53
	Sagunt	13.240	2.054	5	16
	Segart	660	660	1	100
	Torres-Torres	1.180	932	2	79
<i>Camp del Túria</i>					
			15.342	34	
	Gátova	3.040	3.040	7	100
	Marines	3.570	2.930	7	82
	Náquera	3.870	1.020	2	26
	Olocau	3.740	2.797	6	75
	Serra	5.730	5.555	12	97

El extremo oriental de la zona de estudio se encuentra a 5km del litoral y linda al sur con la llanura valenciana, dominada por los cultivos agrícolas de regadío. Al norte, la Serra Calderona queda delimitada por el valle del río Palancia, el mismo valle que marca el límite meridional de la Serra d'Espadà, al oeste la zona de influencia queda delimitada por la línea divisoria de los términos municipales de Altura y Jérica.

Tabla 2: Extremos y Perímetros de la zona PORN de la Serra Calderona. Fuente: elaboración propia.

Longitud		Perímetro (km)	
<i>Extremo occidental</i>	<i>0º 39' W</i>	<i>PORN</i>	<i>115</i>
<i>Extremo oriental</i>	<i>0º 18' W</i>	<i>PRUG</i>	<i>194</i>
Latitud			
<i>Extremo septentrional</i>	<i>39º 52' N</i>		
<i>Extremo meridional</i>	<i>39º 37' N</i>		

3.1.2. Relieve

La Serra Calderona forma parte del Sistema Ibérico como una de las estribaciones más orientales del mismo, siendo el último eslabón del sinclinal que se inicia en Javalambre (Doménech, 1992). Ésta es una formación montañosa alineada con dirección NO-SE, cuyas cotas máximas rondan los 1000 msnm y se encuentran en los sectores más noroccidentales de la misma (Figura 1). La cota máxima se alcanza en el Montemayor (1015msnm), seguido por el Pico del Gorgo (907 msnm), el pico de Rebalsadors (878 msnm), l'Oronet (742 msnm) y el Garbí (601 msnm) (Galan, 2018). La altitud va decreciendo paulatinamente al acercarse al litoral, donde a escasos 5 km se hunde en la llanura litoral (Conselleria d'Agricultura, 2017).

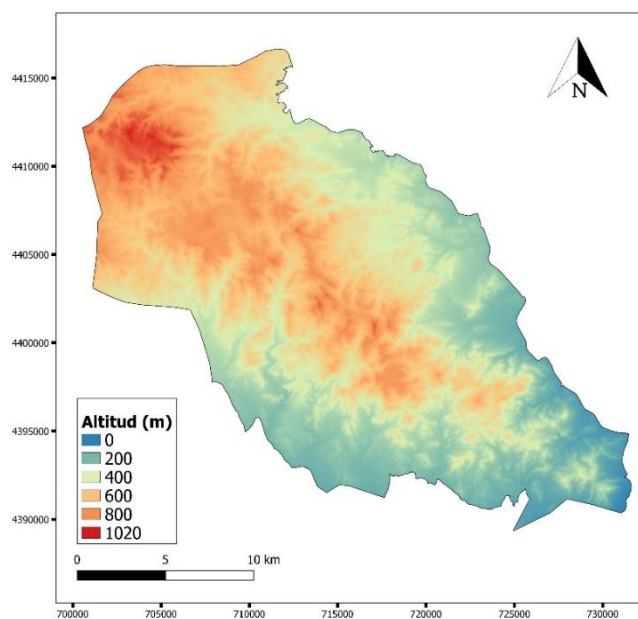


Figura 1: Mapa de altitudes del PORN de la Serra Calderona. En rojo se representan las mayores cotas, mientras que en azul las menores. Fuente: elaboración propia a partir del Modelo Digital del Terreno de la Comunitat Valenciana.

Galiana *et al.* (2007) identifican cinco unidades paisajísticas dentro del ámbito PORN del Parque Natural Serra Calderona (Figura 2):

- **Muelas occidentales:** unidad paisajística ubicada al noroeste de la zona de estudio. Es un área mayormente montañosa, sin picos destacables por su altitud y pendientes bastante moderadas, con gran número de muelas. Los materiales que dominan esta región del parque son las calizas y dolomías. El uso agrícola era común en el pasado, pero el abandono de los cultivos de secano ha dado pie a la recolonización del terreno por masas de *Pinus halepensis*, *Quercus ilex*, y coscojares (formaciones dominadas por *Quercus coccifera*). Este sector del parque ha sufrido reiterados incendios, reduciendo de forma notoria las áreas arboladas.

- **Sierras con rodenos y barrancos cultivados:** la zona central de la Serra Calderona está formada por una alineación de crestas que generan picos escarpados donde “la erosión diferencial sobre las areniscas triásicas, sometidas a intensa fracturación ha originado un relieve abrupto y complejo” (Diputació Provincial de València, 1986). Los materiales que afloran en este sector del parque dotan a la Serra Calderona de un valor especial en su contexto geográfico, dado que las argilitas y areniscas generan un ámbito vegetal de carácter silicícola que permite el establecimiento de especies singulares a nivel provincial como el alcornoque (*Quercus suber*) que forma masas mixtas con *Pinus pinaster*.
- Los usos agrícolas se concentran en terrazas agrícolas próximas a los núcleos de población y están compuestos por plantaciones de secano de almendros y olivos, aunque el abandono de cultivos también se ha dado de forma generalizada.
- **Llanos agrícolas de piedemonte:** zonas agrícolas presentes al sur y al este de las zonas montañosas del PORN, donde los cultivos cítricos son el uso principal del suelo. Aparecen también núcleos de población.
- **Vertientes agroforestales:** son zonas donde el entramado paisajístico está formado por un mosaico de masas forestales y cultivos leñosos de secano en terrazas. Las masas forestales arbóreas están protagonizadas por pinares de *Pinus halepensis*. Los cultivos cítricos de regadío, han tomado durante la primera mitad del siglo XX el principal protagonismo en las zonas más bajas frente a los cultivos tradicionales de secano, gracias a la aplicación de la bomba de impulsión, que permitió su puesta en riego.
- **Pequeñas hoyas agrícolas:** zonas poco pobladas, pero donde la agricultura tiene una gran importancia en el paisaje. Son llanos interiores a zonas forestales con cultivos de almendro y olivo.

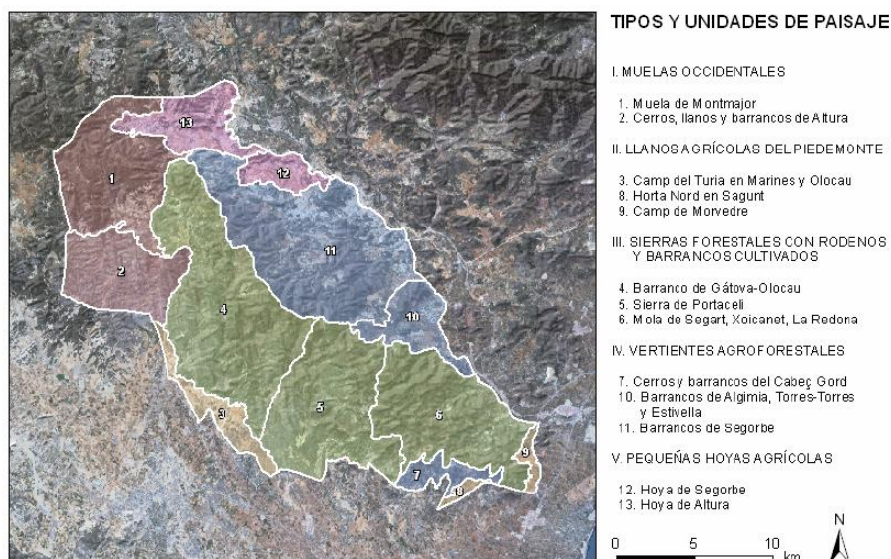


Figura 2: Tipos y unidades de paisaje presentes en el ámbito PORN del Parque Natural Serra Calderona. Fuente: Galiana et al. (2007).

3.1.2.1. Litología y suelos

Los materiales predominantes en la zona de estudio son afloramientos pertenecientes al triásico (IGME, 2010). Aparecen con gran protagonismo las dolomías, margas y calizas del triásico medio y los conglomerados, areniscas y lutitas del triásico inferior (Muschelkalk). Estos materiales aparecen principalmente en las unidades “Sierras con rodenos y barrancos cultivados” y en las “Vertientes agroforestales” anteriormente citadas.

En el sector de las “Muelas occidentales” los materiales predominantes son las alternancias de calizas y margas, margas y margocalizas, las dolomías, calizas y brechas y las calizas microcristalinas con sílices y calizas oolíticas, todos ellos materiales del Jurásico. Los sectores más próximos a las llanuras litorales y las zonas de menor altitud presentan materiales típicos de la deposición fluvial cuaternaria, con presencia de limos, gravas, arenas y materiales no consolidados.

La gran diversidad de materiales litológicos [Figura 3] que aparecen en el área de estudio, así como la complejidad tectónica y un intenso encajamiento de la red fluvial, han dado lugar a una importante variedad de suelos (García-Fayos, 1991). Las unidades edáficas formadas a partir de materiales silíceos son abundantes a escala del PORN, una singularidad si se evalúa el territorio a escala provincial o regional, por lo que la Serra Calderona se constituye como una peculiaridad dentro del contexto geológico y edáfico del litoral oriental ibérico.

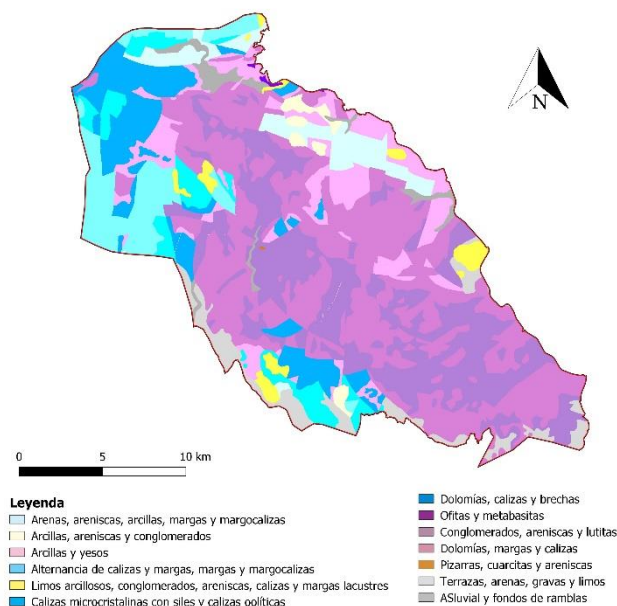


Figura 3: Litología del ámbito PORN del Parque Natural Serra Calderona. Fuente: IGME (2010).

3.1.3. Marco climático

El clima tiene un claro carácter mediterráneo. La temperatura media anual se ve afectada por los gradientes de altitud y la continentalidad o litoralidad (Figura 4), de manera que en las áreas más próximas al litoral la temperatura media anual alcanza valores de hasta 5 °C más que en las zonas más interiores.

Las precipitaciones oscilan entre los 400 y los 600 mm, con una gran variabilidad interanual típica del clima mediterráneo. La zona de estudio pertenece al ombroclima definido por Rivas-Martínez (1983) como seco.

Las mayores temperaturas medias anuales tienen valores comprendidos entre los 16 y los 17 °C. Las temperaturas medias mínimas, en el extremo noroeste de la zona de estudio, tienen valores entre los 12 - 13 °C. En la zona occidental, donde las altitudes son mayores, la temperatura media de las mínimas alcanza su mínimo valor (12 °C) y las mínimas anuales descienden hasta los -5 °C. La media de las máximas alcanza los 18 °C y las máximas anuales toman valores de hasta 33 °C. Por otra parte, en las zonas más orientales las medias de las mínimas tienen valores próximos a los 17 °C, con mínimas anuales de -1 °C, con una media de las temperaturas máximas de 21°C y una temperatura máxima anual 34°C.

La distribución espacial de las precipitaciones se ve afectada por su dirección NW-SE. En la vertiente norte y en las zonas occidentales se acumulan más precipitaciones, debido en parte, a las masas de aire húmedo (impulsadas por el viento Gregal, principalmente) que provienen

del mar Mediterráneo desde el noreste, avanzando hacia el suroeste (Camarasa-Belmonte, 1993). La influencia de la Serra d'Espadà ejerce un cierto efecto de sombra pluviométrica (Föhn) por su preferencia a la hora de captar las borrascas en primera línea al viento Gregal (NW), lo que hace que la Serra Calderona tenga matices climáticos más secos y continentales que la de Espadán (García-Fayos, 1991).

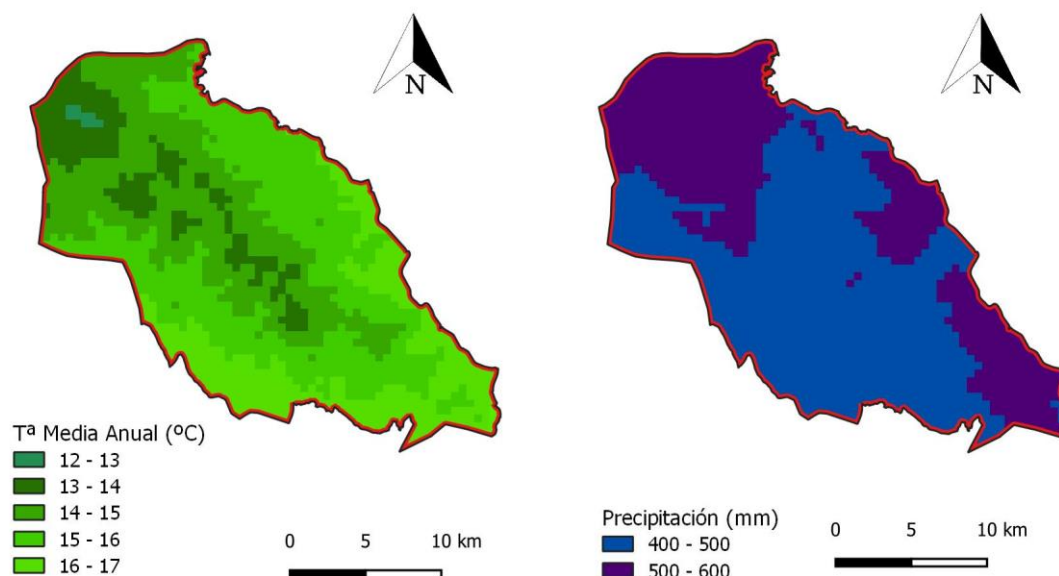


Figura 4: Temperatura media anual (izquierda) y precipitación media anual (derecha) en el PORN del Parque Natural Serra Calderona. Fuente: ICV (2009).

Las precipitaciones se concentran en otoño y primavera, con mayor acento en el primer máximo a más litoralidad, mientras que durante el verano son escasas especialmente en el litoral. La media de precipitaciones de verano se encuentra entre los 50 y los 70 mm, siendo mayores en el sector noroccidental, donde alcanzan los 100 mm, mientras que en otoño las precipitaciones alcanzan los 200 mm en la zona más interior. De acuerdo con los datos de la estación climatológica de Segorbe, el periodo seco según el criterio de Gausson tiene una duración de 3 meses y se da desde la mitad de mayo hasta la mitad de agosto (Figura 5). Mientras que, la estación climatológica de Sagunto, más litoral, muestra en sus datos que el periodo seco estival tiene una duración de 4 meses (desde el inicio de mayo hasta el final de agosto).

Globalmente, el Parque Natural Serra Calderona y su área de influencia se clasificarían como bioclima Mediterráneo pluviestacional oceánico (Rivas-Martínez *et al.*, 2017). Los termotipos

presentes (Figura 6) son mesomediterráneo (75% de la superficie) y termomediterráneo (25% del PORN).

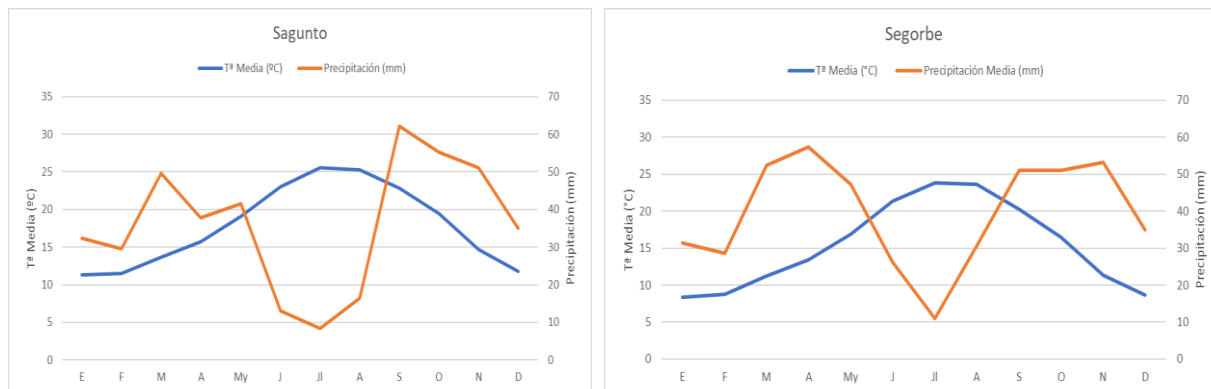


Figura 5: Climodiagramas de las estaciones climatológicas de Sagunto (izquierda) y Segorbe (derecha) para el periodo 1990 - 2020. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de la Red SIAR.

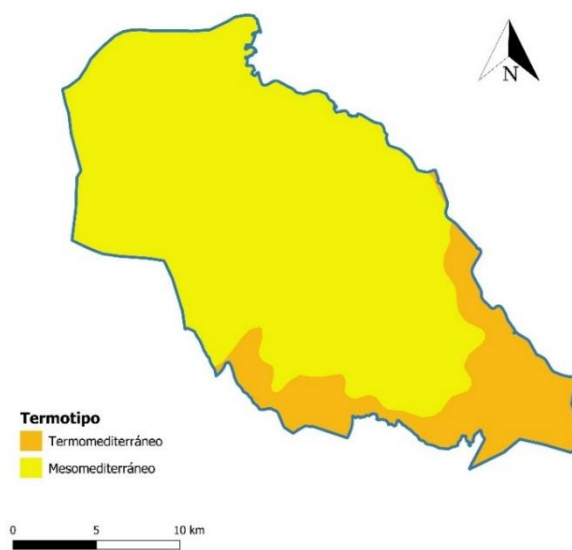


Figura 6: Termotipos presentes en el PORN del Parque Natural Serra Calderona. Fuente: Rivas-Martínez (1987).

3.1.4. Hidrología

El espacio se encuentra encofrado entre tres redes hidrológicas actuando como elemento divisor entre ellas. Al norte de la estribación se encuentra la cuenca del río Palancia, mientras

que al sur entra en contacto con la cuenca del río Túria y con la cuenca de drenaje del barranco del Carraixet.

Aunque la Serra Calderona no presenta cursos de agua permanentes, aparecen un gran número de barrancos y ramblas que transportan agua de forma intermitente y que son los elementos principales de la hidrología superficial. Dado lo abrupto del terreno, las lluvias torrenciales generan en los cursos de agua escorrentías de gran intensidad, conocidas como *flash-flood* que aparecen de forma imprevista con grandes cantidades de erosión superficial. Estos eventos hidrológicos se han visto favorecidos secularmente por el intenso pastoreo y la falta de cubierta vegetal que ha existido tradicionalmente en el Parque Natural hasta que se iniciaron los procesos de recolonización forestal (Camarasa-Belmonte, 2012).

3.1.5. Marco forestal

De acuerdo con el Plan de Acción Territorial Forestal de la Comunitat Valenciana (CITMA, 2012), el ámbito del PORN de la Calderona está compuesto por 11.200 ha de uso no forestal y por 38.000 ha forestales entre la zona PRUG y la zona PORN (Tabla 3).

Tabla 3: Superficie forestal y no forestal y su reparto entre la zona de influencia (PORN) y el Parque Natural (PRUG) de la Serra Calderona. Fuente: Cartografía PATFOR (2012).

	Forestal		No Forestal	
	Hectáreas	%	Hectáreas	%
PORN	18.000	67	9.000	33
PRUG	16.000	88	2200	12

Según el porcentaje de terreno forestal, se generan zonas bien diferenciadas: una zona compuesta por el PRUG y por el cuadrante noroeste del PORN dominada por los paisajes abruptos y los paisajes forestales; y otra zona más próxima a los núcleos de población y a las llanuras agrícolas donde el paisaje agroforestal mediterráneo compuesto por un significativo mosaico de cultivos de secano y enclavados forestales cobra protagonismo.

La titularidad de los terrenos en el ámbito del parque es en un 70% privada. Los montes gestionados por la Conselleria suman un total de 12.000 ha, 7.000 de ellas en la zona PRUG con una nula presencia de este tipo de montes en la mitad norte de la zona de estudio (Figura 7).

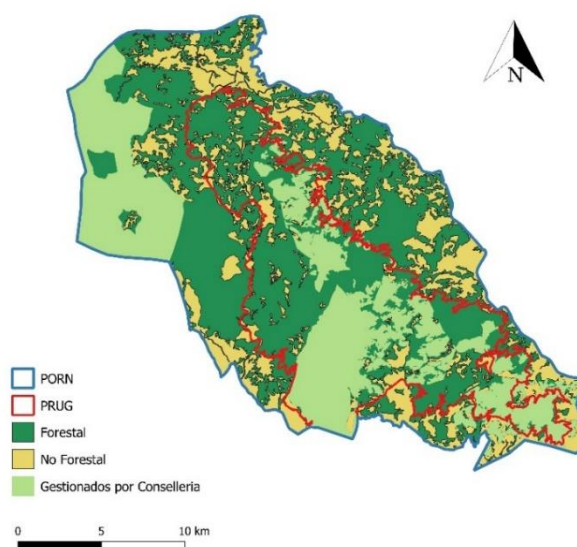


Figura 7: Distribución del suelo forestal, no forestal y de los montes gestionados por Consellería en el PORN del Parque Natural Serra Calderona. Fuente: Elaboración propia a partir de la cartografía del PATFOR (2012).

La titularidad y la gestión de los montes es un factor que tiene una gran influencia sobre el estado de los terrenos forestales; Jiménez (1994) apunta a la estructura minifundista de la propiedad en los montes valencianos como una de las causas explicativas del estado de conservación de estos, factor que ha facilitado su abandono, con un incremento forestal, generando espacios más continuos y homogéneos (Escrig y Del Campo, 2013).

Se identifican siete series de vegetación en el ámbito de estudio (Rivas-Martínez, 1987), representadas en la Figura 8, todas ellas son series climatófilas.

Sobre el piso termomediterráneo se describen comunidades vegetales climácicas arbustivas de lentiscares acompañadas de coscoja (30a) y arbóreas de encinares (27c). Mientras que, en el piso Mesomediterráneo se identifican dos comunidades dominadas por *Quercus rotundifolia* (22ba, 22b), una comunidad arbustiva con la máxima acumulación de biomasa en la especie *Q. coccifera*, pero con presencia de un variado número de especies arbustivas mediterráneas (29b) y una comunidad de alcornoques que se halla relegada a dos pequeñas localizaciones, de gran rareza para el contexto geográfico de la Serra Calderona (23b) y de la provincia de Valencia.

Según el Mapa Forestal de España a escala 1:50.000 (MAAM, 2006), el 43% del ámbito PORN se clasifica como terreno arbolado. Únicamente el 6% de la superficie arbolada está ocupada dominada por frondosas, un 88% de las masas arboladas corresponden a formaciones dominadas por coníferas y un 6% son masas arboladas mixtas de coníferas y frondosas. En

cuanto a las clases naturales de edad, el 47% del arbolado se encuentra en la clase de edad de fustal, el 24% en latizal, el 24% pertenece a la clase de monte bravo y el 5% a repoblado.

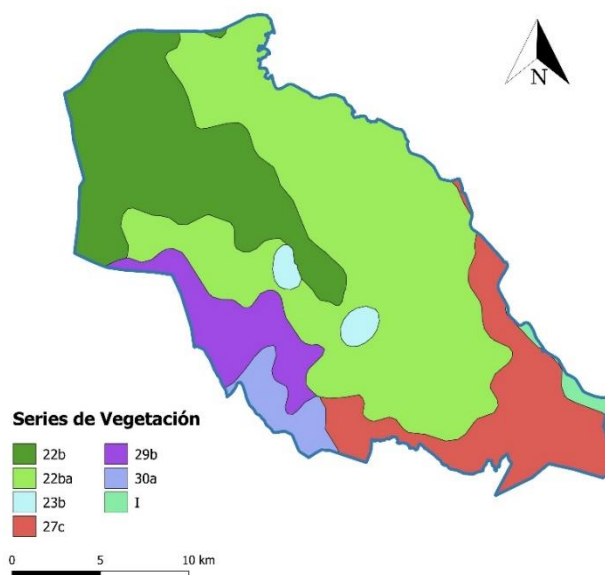


Figura 8: Series de vegetación presentes en el PORN del Parque Natural Serra Calderona. Fuente: Rivas-Martínez (1987).

Existe una gran diferencia entre las series de vegetación potencial descritas hasta ahora para la zona de estudio y la vegetación que se ha desarrollado a lo largo de la historia e incluso gran parte de la prehistoria en el ámbito de la Serra Calderona y en general en el ámbito mediterráneo. Según la teoría de la sucesión, las coníferas del mediterráneo actuarían como serie secundaria de una clímax superior, pero lo cierto es que los modelos de gestión territorial agroforestal y pecuarios del mediterráneo a lo largo de la historia han hecho que esta clímax teórica sea más una excepción que una regla, que ha dado lugar a que el mediterráneo sea considerado un paisaje cultural (Ayanz *et al.*, 2002) con un gran valor ambiental, principalmente radicado en esa estructura de mosaico agroforestal.

Después de siglos de intensa presión, la transformación demográfica del siglo XIX (Cervera *et al.* 2015) llevó a un mínimo de bosques, una situación diametralmente opuesta a la actual, debido al abandono rural masivo que se ha dado en la segunda mitad del siglo XX (Delgado, 2015).

En la actualidad, los pinares de *P. halepensis* ocupan un 84% de la superficie arbolada total y un 34% del área de estudio. *P. pinaster* aparece dominando únicamente 225 ha, pero forma parte de pinares mixtos junto a *P. halepensis* en 400 ha. Las masas boscosas dominadas por

frondosas están principalmente representas por encinares (*Q. ilex*) y por alcornoques (*Q. suber*). Los encinares ocupan 300 ha, mientras que los alcornoques dominan las formaciones arbóreas en otras 300 ha. Estas especies también generan masas mixtas junto a *P. halepensis* y *P. pinaster* en 1.000 ha.

3.1.6. Marco demográfico

El monte mediterráneo se ha visto alterado por la actividad antrópica desde hace milenios. Las actividades agrícolas, ganaderas y la explotación de los bosques han moldeado los bosques hasta que, a finales del siglo XIX, la mayor parte del bosque mediterráneo habían desaparecido, por la intensa presión agraria (Jiménez, 1994). Para la evolución de los montes mediterráneos ha sido de especial importancia la evolución de la linde entre los bosques con los pastos permanentes y cultivos, así como la intensidad de los aprovechamientos forestales (Cervera *et al.*, 2015). La actividad humana sobre los montes determinó su morfología y su estado, muy diferente del que conocemos hoy en día. A partir del siglo XX la actividad humana, o mejor dicho, la falta de actividad humana en el medio rural (Alonso y Furió, 1997) permitieron la expansión actual de las masas forestales.

Los municipios incluidos en el PORN de la Serra Calderona se encuentran en comarcas que se engloban bajo la influencia del área metropolitana de Valencia. Esto es un factor determinante a la hora de explicar cómo se vieron afectados por las migraciones interior-litoral y los cambios socioeconómicos que se dieron en la segunda mitad del siglo XX. No obstante, las comarcas que afectan al Parque Natural no alcanzaron las grandes pérdidas de efectivos demográficos de las comarcas más interiores (Hermosilla, 1992). Algunos de los municipios inscritos en el área de estudio experimentaron incluso un incremento sustancial de la población, como Altura y Segorbe, por la emigración industrial y en mayor medida, Sagunto, por la inmigración industrial. En la Tabla 4 se representan los datos de población referentes a los municipios que están presentes total o parcialmente en el área de estudio.

La brusca reconversión de la economía de la segunda mitad del siglo XX da lugar a que los bosques sufran una menor presión, lo que favorece su expansión y densificación (Coll *et al.*, 2017). Diversos trabajos ponen de manifiesto la relevancia histórica del pastoreo tradicional y la agricultura de secano en las zonas de media montaña mediterránea, mientras que los incrementos demográficos rurales del siglo XIX promovieron grandes roturaciones de tierras forestales para su puesta en cultivo (Soriano y Ortells, 2001; Giménez-Font y Marco-Molina, 2017). El punto de inflexión se produce a partir de la década de 1950, en que la actividad agroforestal pierde relevancia a un ritmo elevado, hasta llegar al punto en el que se encuentra

hoy en día (Tabla 5), en que supone menos del 5% de los afiliados a la seguridad social en los municipios estudiados. Este nuevo paradigma ha promovido un nuevo paisaje, con la aparición de terrenos agrícolas abandonados, espacios sobre los que la vegetación forestal desarrolla los procesos de colonización (PATFOR, 2012; Lasanta, 2007; Vicente-Serrano *et al.*, 2006).

Tabla 4: Evolución de la población en los municipios presentes total o parcialmente en la zona de estudio. Fuente: Portal Estadístico de la Generalitat Valenciana

	1950	1970	1991	2019
<i>Altura</i>	3.091	2.895	2.985	3.528
<i>Segorbe</i>	7.317	7.342	7.435	8.978
<i>Albalat dels Tarongers</i>	713	629	559	1.232
<i>Algímia d'Alfara</i>	942	898	867	1.011
<i>Estivella</i>	1.221	1.181	1.071	1.456
<i>Gilet</i>	823	1.025	1.184	3.324
<i>Marines</i>	654	872	2.964	1.828
<i>Nàquera</i>	1.024	1.267	1.449	6.577
<i>Olocau</i>	828	559	568	1.771
<i>Sagunt</i>	26.932	47.026	55.957	66.140
<i>Segart</i>	184	149	136	163
<i>Serra</i>	1.913	1.671	1.420	3.124
<i>Torres Torres</i>	521	430	375	637

Tabla 5: Afiliaciones a la Seguridad Social por sectores económicos en los municipios presentes en el PORN del Parque Natural Serra Calderona. Fuente: Portal Estadístico de la Generalitat Valenciana.

	Total		Agricultura		Industria		Construcción		Servicios	
	Afiliaciones S.S.	%	Afiliaciones S.S.	%	Afiliaciones S.S.	%	Afiliaciones S.S.	%	Afiliaciones S.S.	%
<i>Altura</i>	824	100,0	103	12,5	150	18,2	158	19,2	413	50,1
<i>Segorbe</i>	3052	100,0	143	4,7	794	26,0	233	7,6	1.882	61,7
<i>Albalat dels Tarongers</i>	169	100,0	11	6,5	15	8,9	27	16,0	116	68,6
<i>Algímia d'Alfara</i>	268	100,0	41	15,3	41	15,3	35	13,1	151	56,3
<i>Estivella</i>	402	100,0	36	9,0	89	22,1	17	4,2	260	64,7
<i>Gilet</i>	423	100,0	11	2,6	29	6,9	39	9,2	344	81,3
<i>Marines</i>	527	100,0	22	4,2	278	52,8	62	11,8	165	31,3
<i>Nàquera</i>	3193	100,0	31	1,0	1219	38,2	324	10,1	1619	50,7
<i>Olocau</i>	331	100,0	8	2,4	100	30,2	19	5,7	204	61,6
<i>Sagunt</i>	16726	100,0	497	3,0	4040	24,2	1028	6,1	11161	66,7
<i>Segart</i>	26	100,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0	26	100,0
<i>Serra</i>	518	100,0	24	4,6	57	11,0	65	12,5	372	71,8
<i>Torres Torres</i>	93	100,0	26	28,0	7	7,5	6	6,5	54	58,1

3.2. Materiales y métodos para el análisis de la distribución espacial de los usos, coberturas y sus cambios

Para cumplir con los objetivos del TFM, se ha realizado una fotointerpretación del paisaje en 3 momentos diferentes, aplicando una categorización ajustada a los mismos. Las coberturas se pueden definir como una porción del territorio que se caracteriza por sus propiedades biofísicas (sustrato rocoso, bosque, superficie de agua, etc.), mientras que los usos se relacionan con actividades humanas con una dimensión funcional (Gutiérrez-Hernández *et al.*, 2016).

Sobre las coberturas de carácter forestal se ha evaluado la Fcc, entendiéndose esta como el porcentaje de superficie ocupada por la proyección vertical de las copas (Gill *et al.*, 2000), aplicado también vegetación arbustiva, con el fin de evaluar la evolución de las coberturas forestales.

Se han escogido las imágenes aéreas de los vuelos 1956-57, 2008 y 2018. El vuelo de 1957 tiene un gran valor al cubrir toda la zona y situarse temporalmente al inicio de los procesos de abandono de las actividades rurales basadas en la biomasa del medio natural (Cervera *et al.*, 2015).

3.2.1. Categorías fotointerpretadas

La clasificación del territorio en coberturas y usos del suelo y el estudio de su evolución temporal permiten entender la naturaleza de las interacciones de la sociedad con el entorno físico, a la vez que permiten conocer las dinámicas espaciotemporales de los ecosistemas estudiados (Ruiz-Luna y Berlanga-Robles, 1999). La clasificación del territorio requiere de la elección de las categorías, que “deben ser capaces de aportar información sobre la configuración actual del paisaje” (Buades y Marco, 2011) a la escala adecuada (Turner 1989).

La elección de las categorías de coberturas y usos del suelo se ha basado en las definidas por Delgado (2015), basadas, a su vez, en otros trabajos de clasificación del territorio tales como CORINE Land Cover del programa europeo Copernicus o el Sistema de Ocupación del Suelo en España del IGNE.

La categorización empleada es jerárquica, distinguiéndose dos niveles de información que permiten estudiar los cambios en el territorio a dos escalas diferentes. El nivel I está formado por clases de carácter general, mientras que las categorías de nivel II, de mayor detalle, desagregan las categorías de nivel I y tienen como fin identificar los procesos forestales de cambio. Dados los objetivos de este trabajo, las coberturas forestales y en tránsito a forestal

se estudiarán en un nivel II de mayor detalle, mientras que los usos agrícolas, urbanos y otros se estudiarán en un nivel I, con menor detalle. Las categorías propuestas, así como su desagregación aparecen en la Tabla 6.

Tabla 6: Categorías de nivel I y nivel II propuestas para la clasificación del territorio estudiado. Fuente: elaboración propia.

Nivel I Coberturas y usos generales	Nivel II Coberturas y usos específicos
1. Forestal	1.1. Forestal arbolado (FA) 1.2. Forestal matorral (FM) 1.3. Pastizales y afloramientos rocosos (PArP)
2. Agrícola abandonado	2.1. Agrícola abandonado (HL)
3. Agrícola (Ag)	
4. Urbano (U)	
5. Otros (O)	

3.2.1.1. Coberturas forestales

La categoría de forestal de nivel I se otorga a aquellas coberturas donde aparecen formaciones vegetales reconocidas como forestales en las normativas sectoriales aplicables. Este trabajo tiene como fin principal el estudio de la evolución de las coberturas forestales, por lo que se prescinde de criterios no relacionados con la vegetación. Esta categoría de nivel I se desagrega en otras categorías jerárquicamente inferiores, correspondientes a las diferentes formaciones vegetales fotointerpretables.

Forestal Arbolado (FA)

El *3er Inventario Forestal Nacional* (MITECO, 2006) identifica como terreno arbolado aquel donde aparecen especies con porte arbóreo con carácter dominante y que al menos ocupa un 5% de Fcc sobre el total de la parcela. Se toma como límite inferior el empleado en el IFN3 para aceptar la presencia de arbolado sin tener en cuenta el concepto de dominancia, a partir de este umbral mínimo los valores de la Fcc aumentan en intervalos de un 10%.

Matorral (FM)

El matorral mediterráneo es una formación arbustiva claramente identificable por fotointerpretación. En el ámbito de estudio aparecen como especies destacables las matas de *Q. coccifera*, tomillares y romerales, formaciones abiertas de *Anthyllis cytisoides*, *Ulex parviflora* o *Chamaerops humilis* entre otros.

Estas formaciones se presentan tapizando el suelo con diferentes densidades. Para la evaluación de esta categoría se han empleado cuatro divisiones, que se corresponden con los cuartiles posibles de la Fcc entre el 0 y el 100%.

Pastizales y afloramientos rocosos (PARP)

Los pastizales son comunidades vegetales naturales compuestas por vegetación herbácea con mayor o menor densidad que se agosta anualmente y que, tradicionalmente, han sido aprovechados por el ganado (San Miguel, 2001). Se incluyen en esta categoría las superficies estructuralmente forestales donde el suelo está desprovisto de vegetación, temporal o parcialmente. La inclusión en una misma categoría de los dos tipos de coberturas tiene su justificación en la dificultad, o incluso imposibilidad de distinguir una de otra de forma eficaz empleando la fotointerpretación. Pero a su vez, sí son fácilmente distinguibles del resto de coberturas definidas.

Para la evaluación de esta, no se establecen escalas de valoración, si no que se asignará la Fcc restante después de valorar el arbolado y el matorral. Será pues, toda la Fcc de la superficie que no esté ocupada por arbolado o por matorral y esté considerada como forestal.

3.2.1.2. Coberturas agrícolas abandonadas en tránsito a forestal

Desde el momento en que un terreno tradicionalmente agrícola ve cesada su actividad sobre él hasta el momento en el que ese terreno presenta una clara vocación forestal, ocurren una serie de cambios en la composición de su vegetación que en muchas ocasiones generan confusión sobre si son terrenos forestales o no.

La vegetación que aparece en este tipo de terrenos en el ámbito mediterráneo varía en función del tiempo transcurrido desde el abandono de los cultivos. Esto genera unos espacios que mantienen características agrarias, pero que muestran signos de una incipiente vegetación forestal y que generan un conflicto a la hora de clasificarlos en una categoría u otra.

La fotointerpretación ha llevado a la decisión de generar una única categoría de nivel II llamada “Herbazal leñoso (HL)”, transversal a la categoría de nivel I (Tránsito a forestal).

3.2.1.3. Usos agrícolas

Aunque en la fotointerpretación se ha llegado a distinguir un nivel II en los usos agrícolas, se considera sólo un nivel I, en orden a la claridad de los resultados. Se consideran agrícolas aquellos terrenos con uso agrícola activo, sin señales evidentes de abandono, como falta de labranza e invasión de vegetación no agrícola.

3.2.1.4. Usos urbanos

En esta categoría se incluyen todos aquellos usos donde se perciba actividad urbana, ya sea para uso residencial, industrial o infraestructuras. Se ha considerado interesante la inclusión de esta categoría debido a que en las últimas décadas se ha visto incrementada la demanda de viviendas y servicios en las proximidades de terrenos forestales, siendo un síntoma de en qué dirección evolucionan las relaciones entre la sociedad y los entornos rurales. Esta nueva realidad tiene varias implicaciones sobre la gestión del medio ambiente y se considera importante su evaluación (Galiana *et al.*, 2007).

3.2.1.5 Otros usos

En esta categoría se engloban las muestras sobre el territorio que no encajan en ninguna de las categorías descritas anteriormente. Estas coberturas y usos pueden ser de origen natural o de origen antrópico. Algunos ejemplos son: masas de agua, canteras, movimientos de tierras, taludes, superficies en obras y similares.

3.2.2. Adquisición de la información. Procesado y fotointerpretación de imágenes aéreas

La fotointerpretación se ha realizado sobre el 1% del territorio mediante un muestreo sistemático en parcelas cuadradas, con centro en la malla del mapa de escala 1:25.000 del Instituto Geográfico Nacional. Con dimensiones de 100 x 100 metros y distan 1 km entre ellas Figura 9, con lo que se obtiene una densidad de muestreo de 1 ha por kilómetro cuadrado (1%). Se ha escogido el muestreo sistemático debido a los buenos resultados obtenidos en el

muestreo por fotointerpretación en diversos estudios (McRoberts *et al.*, 1992) así como por ser un método sencillo de aplicar sobre cartografía o fotografía aérea (Ambrosio *et al.*, 1993).

El número de parcelas muestreadas sobre el ámbito de estudio ha sido de 451, pero la suma de sus superficies no se corresponde exactamente al 1% del ámbito de estudio (448 ha), debido a que algunas de las parcelas se ven cortadas por los límites del PORN.



Figura 9: Parcelas de muestreo empleadas para la fotointerpretación de los usos y coberturas. Fuente: elaboración propia.

Una vez dispuesta la red de parcelas sobre las imágenes aéreas, se asigna a cada parcela un código numérico y se procede a la fotointerpretación de las imágenes de 1957, 2008 y 2018. El entorno GIS empleado para la gestión de la información georreferenciada ha sido QGIS 3.4.8, software en el que se han cargado las imágenes aéreas, creado la red de parcelas de muestreo, realizado la fotointerpretación, estudiado otros servicios cartográficos que pudieran ser de interés y generado los mapas y figuras relacionados con el estudio.

La fotointerpretación es una técnica que requiere adiestramiento y entrenamiento. Previo a la clasificación de las parcelas del ámbito de estudio se realizaron sesiones intensivas de fotointerpretación con distintos fotointérpretes. Para reducir la subjetividad, se han realizado sesiones de control a lo largo de todo el proceso, donde se discutían las clasificaciones realizadas y se comparaban los resultados obtenidos con las clasificaciones, hasta conseguir un consenso en el resultado de los muestreos.

Para la clasificación del paisaje en coberturas de nivel I se ha optado por la división de las parcelas en teselas (Figura 10), entendidas como “unidades homogéneas y elementales del paisaje” (Gurrutxaga y Lozano, 2008).

Para la consideración de una tesela en una parcela de muestreo, esta debe ocupar un mínimo de 0,25 ha, siguiéndose así el mismo criterio de exclusión que el empleado para las parcelas que son cortadas por los límites de la zona de estudio: se desechan las parcelas que presenten una superficie inferior a 0,25 ha, ya que nunca podrán contener al menos una tesela de 0,25 ha. Si aparecen teselas que no cumplen la superficie mínima su superficie se le asigna a la tesela de mayor área presente en su parcela de muestreo.

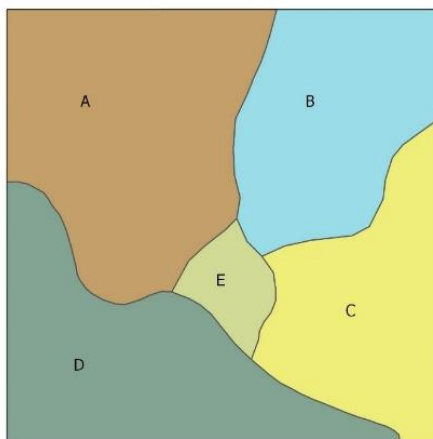


Figura 10: Representación de una parcela de muestreo donde aparecen diferentes teselas de usos y coberturas. Cada color representa un uso o cobertura diferente. Fuente: elaboración propia.

En las coberturas forestales o en tránsito a forestal, es normal encontrar teselas con mezclas dispersas de diferentes categorías. En este caso, las Fcc se asignan siguiendo el siguiente protocolo:

- En primer lugar, se evalúa la Fcc del arbolado sobre la tesela.
- Seguidamente se evalúa la Fcc del matorral sobre la tesela.
- Por último, se asigna a la superficie no cubierta por arbolado ni matorral la categoría PARP o HL, según sea el caso.

En el caso de teselas en transición a forestal, puede que exista vegetación típica forestal más o menos dispersa en el interior de dicha tesela, síntoma de su estado transitorio hacia terrenos forestales. Se evalúa su Fcc tal y como se ha explicado para las teselas forestales, pero asignando la categoría de “Herbazal leñoso” (HL) a la superficie no asignada a Arbolado (FA) o Matorral (FM).

La asignación de los valores de Fcc al arbolado se ha apoyado en plantillas de identificación visual (Figura 11) de la Fcc de la vegetación diseñadas por Van Laar y Akca (2007). Las plantillas se reconocen en la bibliografía como herramientas valiosas ampliamente utilizadas

en los análisis visuales de aspectos relacionados con las coberturas forestales. Son diversos los estudios donde son empleadas para determinar la superficie ocupada por el arbolado y su Fcc (Wünsche y Palmer, 1996), (Bjorkland *et al.*, 1999), (Castillejo-González *et al.*, 2010) (Van Laar y Akca, 2007).

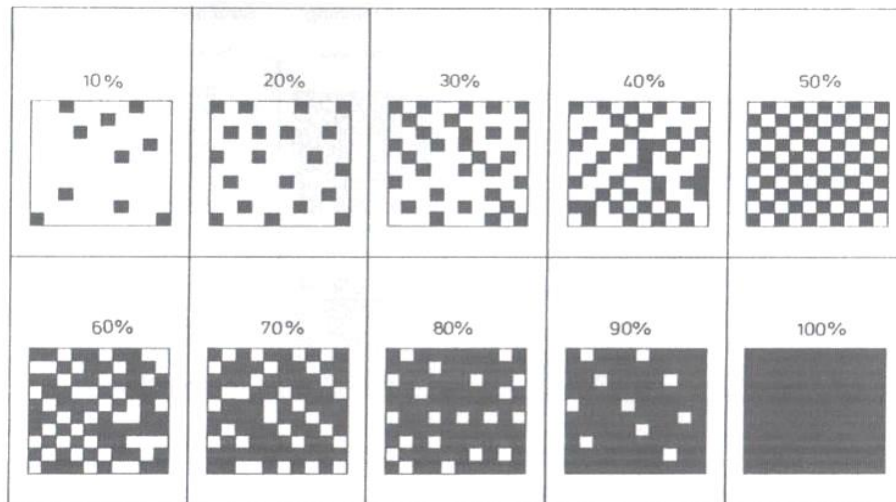


Figura 11: Plantillas para la estimación de la Fcc de las coberturas de Forestal Arbolado (FA) y Forestal Matorral.

Fuente: Van Laar y Akca (2007).

Para el estudio de las trayectorias de evolución de usos y coberturas es necesario definir una variable básica que suponga un único punto original y final de esta trayectoria: el uso o cobertura mayoritario en parcela de muestreo. El uso o cobertura dominante asignado a cada parcela será aquel que ocupe una mayor proporción superficial, tanto para las categorías de nivel I como para las de nivel II.

3.2.3. Análisis de la distribución de usos y coberturas y sus cambios

3.2.3.1. Matrices de cambio

Para analizar los cambios en los usos y coberturas dominantes en los diferentes años de muestreo, se han confeccionado matrices de cambio. Estas permiten visualizar de una forma intuitiva y sintética las tendencias en el periodo estudiado (Gitau *et al.*, 2010), comparados los años de muestreo dos a dos, pudiendo así evaluar para un par de años cuántas parcelas de la clase “i” del momento “A” han pasado a la clase “j” en el momento “B”. La matriz de cambio generada tiene la siguiente estructura (Tabla 7):

Tabla 7: Matriz de cambio empleada para evaluar las transiciones de categorías entre dos tiempos muestreados. Cada valor representa el número de parcelas que en el Tiempo A pertenecían a la clase i y en el Tiempo B a la clase j . Fuente: Gitau et al. (2010)

	Tiempo B				Total tiempo A
	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase J	
Tiempo A					
Clase 1	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{1J}	$\sum_{j=1}^J X_{1j}$
Clase 2	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{2J}	$\sum_{j=1}^J X_{2j}$
Clase 3	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{3J}	$\sum_{j=1}^J X_{3j}$
Clase n	X_{n1}	X_{n2}	X_{n3}	X_{nJ}	$\sum_{j=1}^J X_{nj}$
Total tiempo B	$\sum_{i=1}^I X_{i1}$	$\sum_{i=1}^I X_{i2}$	$\sum_{i=1}^I X_{i3}$	$\sum_{i=1}^I X_{iJ}$	Total parcelas

La matriz de cambio también se representa en función de la cantidad que supone cada una de las trayectorias respecto del total de parcelas (Tabla 8). Así, P_{32} representaría la parte del muestreo que en el tiempo A pertenece a la clase 3 y que en el tiempo B pertenece a la clase 2

Tabla 8: Matriz de cambio empleada para evaluar las transiciones de categorías entre dos tiempos muestreados. Cada valor representa la proporción de parcelas que en el Tiempo A pertenecían a la clase i y en el Tiempo B a la clase j . Fuente: Gitau et al. (2010)

	Tiempo B				Total tiempo A
	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase J	
Tiempo A					
Clase 1	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{1J}	$\sum_{j=1}^J P_{1j}$
Clase 2	P_{21}	P_{22}	P_{23}	P_{2J}	$\sum_{j=1}^J P_{2j}$
Clase 3	P_{31}	P_{32}	P_{33}	P_{3J}	$\sum_{j=1}^J P_{3j}$
Clase I	P_{I1}	P_{I2}	P_{I3}	P_{IJ}	$\sum_{j=1}^J P_{Ij}$
Total tiempo B	$\sum_{i=1}^I P_{i1}$	$\sum_{i=1}^I P_{i2}$	$\sum_{i=1}^I P_{i3}$	$\sum_{i=1}^I P_{iJ}$	1

3.2.3.2. Análisis de las matrices de cambio: persistencia y cambios normalizados

En la matriz de cambio de proporciones, a P_{ij} se le conoce como persistencia, cuando la parcela que mantiene el uso o cobertura $i=j$ entre el año A y el B" (Gitau *et al.*, 2010). La persistencia se obtiene de la diagonal de la matriz. Si la persistencia se pondera por la proporción del terreno estudiado correspondiente a dicha clase i durante el tiempo A, se obtiene la persistencia normalizada (NP_{ij}) (Delgado, 2015), su cálculo se realiza mediante la Ecuación 1.

Para $i = j$

$$NP_{ij} = \frac{P_{ij}}{\sum_{j=1}^n P_{ij}} \text{ (Ecuación 1)}$$

3.2.3.3. Identificación de las transmisiones aleatorias y sistemáticas

Según Pontius *et al.* (2004), cuando las transiciones en el territorio son aleatorias, éstas se distribuyen de forma proporcional en función de la disponibilidad de las categorías. Es decir, cuando una categoría gana superficie de forma aleatoria en el tiempo B respecto del tiempo A, se espera que esa ganancia provenga de las categorías que pierden superficie de forma proporcional a su disponibilidad en el tiempo A. La ganancia esperada de una categoría en el tiempo B en función de la disponibilidad de otra categoría en el tiempo A se expresa mediante la Ecuación 2.

$$G_{ij} = (\text{Ganancia}_j) \left[\frac{P_{i+}}{1-P_{j+}} \right] \text{ (Ecuación 2)}$$

Para $i \neq j$

Donde G_{ij} es la transición entre la clase i en el tiempo A y la clase j en el tiempo B por un proceso al azar, Ganancia_j es la ganancia bruta de la clase j , P_{i+} es la proporción total de la categoría i en el tiempo A y $1 - P_{j+}$ es la suma de la proporción de todas las categorías disponibles en el tiempo A para que la clase j gane superficie de ellas, como la clase j no puede ganar de sí misma, se resta al total. $P_{i+}/1 - P_{j+}$ indica qué proporción representa la clase i de la superficie de donde la clase j puede ganar peso en el paisaje.

Si se calcula la diferencia entre la proporción del territorio observada con clase X en el tiempo A y clase Y en el tiempo B y la misma combinación de clases de la matriz de ganancias

aleatorias (Ecuación 3), puede observarse si existen tendencias sistemáticas o si, por el contrario, las ganancias son al azar. Los valores alejados de cero en la diferencia ya sean positivos o negativos, son un indicador de sistematicidad en los cambios. A mayor valor positivo de la diferencia entre la proporción del territorio observada y la esperada por un cambio aleatorio desde la clase X a la Y, mayor superficie afectada por cambios sistemáticos de ganancia de la clase Y desde la clase X. Cuanto más negativa sea la diferencia entre lo observado y lo esperado por un cambio aleatorio desde la clase X a la clase Y en un periodo dado, mayor tendencia de la clase Y a no ganar sistemáticamente de la clase X (Pontius *et al*, 2004; Braimoh, 2005).

$$DG_{ij} = P_{ij} - G_{ij} \text{ (Ecuación 3)}$$

Igualmente pueden identificarse tendencias sistemáticas de pérdida de proporción de unas clases hacia otras. En un proceso de pérdida al azar, las pérdidas de las categorías en el tiempo A hacia las diferentes clases del tiempo B deberían de ser proporcionales al peso que tienen las categorías en el tiempo B. La pérdida esperada de una categoría i en el tiempo A hacia una categoría j en el tiempo B por un proceso al azar se calcula empleando la Ecuación 4.

$$L_{ij} = (Pérdida_i) \left[\frac{P_{+j}}{1 - P_{i+}} \right] \text{ (Ecuación 4)}$$

Para $i \neq j$

Y la diferencia entre lo observado y lo esperado por un proceso de pérdida al azar mediante la Ecuación 5:

$$DL_{ij} = P_{ij} - L_{ij} \text{ (Ecuación 5)}$$

Donde L_{ij} es la pérdida esperada por un proceso aleatorio desde i (tiempo A) hacia j (tiempo B), $Pérdida_i$ es la pérdida bruta de la clase i , P_{+j} es la proporción total del territorio en el tiempo B de la clase j , $1 - P_{i+}$ es la proporción total del territorio representada en el tiempo B por todas las clases excepto por la clase i .

Cuanto mayor sea la diferencia entre las pérdidas observadas de X hacia Y, mayor es la inclinación de X a perder de forma sistemática hacia Y. Por el contrario, cuanto más negativos sean los valores de la diferencia, mayor sistematicidad de X de no perder hacia Y, por último,

para que una transición sea sistemática, debe existir sistematicidad en las dos direcciones de esta (Pontius *et al.*, 2004) (Braimoh, 2005).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Estimación del error de muestreo

La estimación del error de muestreo en la adquisición de datos, puede dar una idea de la bondad de los resultados obtenidos. Para el cálculo del error se emplea la fórmula para poblaciones infinitas (Ecuación 6):

$$E = Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \text{ (Ecuación 6)}$$

Se ha calculado el error relativo para un nivel de confianza del 95%. Los resultados para las coberturas y usos de nivel I se muestran en la Tabla 9. Los errores de muestreo en función de las coberturas forestales y en tránsito a forestal, estudiadas con una mayor escala de detalle, de nivel II. Se muestran en la Tabla 10.

Tabla 9: Error relativo obtenido en el muestro para las categorías de nivel I en base a los resultados de la fotointerpretación del PORN del Parque Natural Serra Calderona. Fuente: elaboración propia.

Categoría nivel I	1957	2008	2018
Forestal	7,98 %	5,33%	5,55 %
Tránsito a Forestal	16,52 %	12,91 %	13,75 %
Agrícola	12,55 %	20,70 %	20,97 %
Urbano	196 %	59,49%	59,49 %
Otros	196 %	114,67%	95,78 %

El número de parcelas con presencia de cada una de las coberturas tiene una influencia importante en el error. Por tanto, para reducir este error se debería incrementar el número de parcelas muestreadas.

Tabla 10: Error relativo obtenido en el muestreo para las categorías forestales y en tránsito a forestal de nivel II en base a los resultados de la fotointerpretación del PORN del Parque Natural de la Serra Calderona. Fuente: elaboración propia.

Categoría nivel II	1957	2008	2018
FA	16,08 %	9,44 %	10,29 %
FM	11,36 %	8,49 %	8,69 %
PArP	9,05 %	9,67 %	9,52 %
HL	16,52 %	12,91 %	13,75 %

4.2. Evolución de la cobertura forestal en el Parque Natural Serra Calderona

Los resultados obtenidos indican un crecimiento forestal generalizado en el ámbito PORN de la Serra Calderona (Figura 12). La superficie representaba en 1957 el 52% del territorio, con 23.147 ha, mientras que en 2008 la Fcc forestal alcanzó 29.457 ha, un 66% del PORN. En 2018 la proporción del ámbito PORN con cobertura forestal es de un 65%, con 29.141 ha. Esto es un incremento para el periodo completo de estudio del 26%, dato coherente con lo publicado en el PATFOR (2012) sobre el incremento de la superficie forestal en la Comunitat Valenciana.

Para el estudio de la evolución de las coberturas forestales hay que descender a un nivel de detalle II.

La cobertura forestal que ha experimentado un mayor incremento ha sido el arbolado forestal (FA), que en 1957 tan solo ocupaba 2.853 ha (un 12% de la superficie forestal). En 2008 el arbolado alcanzó una extensión de 9.917 ha, un 34% del total de la superficie forestal. Durante el periodo 2008 – 2018 el arbolado pierde 1.483 ha, valor no despreciable, pues representa una pérdida del 15% del arbolado de 2008. Esta pérdida puede estar relacionada con la acción de los incendios forestales (ver ANEJO I), que han tenido una especial incidencia en esta década: el 50% de la superficie quemada en el ámbito PORN de la Calderona desde que existen registros se ha dado entre 2008 y 2018, afectando a un total de 7.135 ha, sin que haya tenido tiempo para la recuperación en muchos casos.

El balance global de FA para todo el periodo, no obstante, es de un incremento de 5.582 ha, un 196% respecto del valor inicial. Según la información temática, esta expansión la ha protagonizado principalmente *P. halepensis*, especie con una gran capacidad para colonizar espacios agrícolas abandonados (Fernández *et al.*, 2013) de acuerdo con la tendencia en toda la cuenca baja del mediterráneo (Richardson *et al.*, 2007).

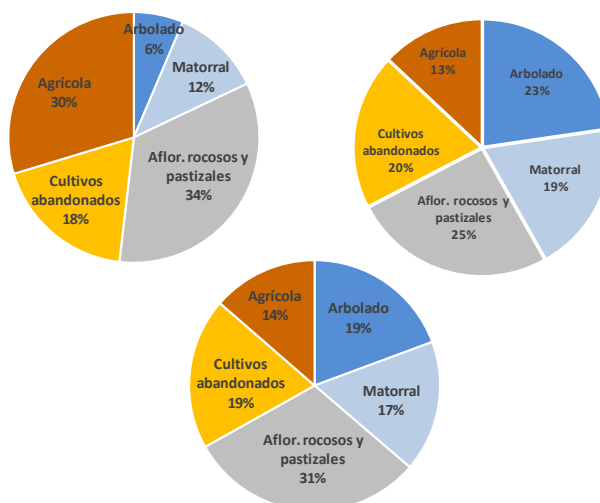


Figura 12: Proporción que representan las categorías forestales de nivel II dentro de la combinación Forestal de nivel I y cultivos abandonados. 1957 se representa arriba izquierda, 2008 arriba derecha y 2018 abajo. Fuente: elaboración propia.

La proporción que representa la categoría FM sobre la cobertura forestal no ha experimentado grandes cambios, siendo ésta un 22% en 1957, un 28% en 2008 y un 25% en 2018. Por tanto, paralelamente al crecimiento forestal de nivel I, se han observado variaciones de la Fcc de matorral en términos absolutos. Así, las formaciones de matorral se extendían sobre 5.158 ha en 1957, 8.372 ha en 2008 y 7.383 ha en el año 2018. El decremento de la Fcc de FM entre 2008 y 2018 ha sido de 989 ha, atribuible también a los incendios forestales.

En 1957 PARP era la cobertura forestal mayoritaria, con un 66% de la cobertura forestal, en 2008 se reducía a un 38% para, en 2018, aumentar hasta un 46%. La densificación de la vegetación forestal se da de forma espontánea en los procesos de silvogénesis cuando hay ausencia de perturbaciones y produce tanto la colonización de nuevos espacios abiertos por parte de las coberturas vegetales densamente vegetadas, así como un aumento de la cobertura en los espacios forestales ya existentes (Coll *et al.*, 2017). PARP ha perdido peso en el paisaje del PORN de la Calderona: 3.968 ha entre en el periodo 1957 – 2008 y 1.813 ha para el periodo completo. En este caso, los incendios forestales habrían contribuido al crecimiento de los pastizales y los afloramientos rocosos durante el periodo 2008 – 2018.

A pesar de que los incendios son la principal causa de la pérdida de la cobertura arbórea y arbustiva forestal en el clima mediterráneo (Lloret, 2004), en el ámbito del PORN de la Calderona no han sido capaces de compensar la expansión global que han experimentado las coberturas forestales densas, por mucho que sin duda la hayan ralentizado (Tabla 11). En una menor escala temporal, la gran incidencia de incendios en el periodo 2008 – 2018 ha

producido una reducción de la superficie forestal ocupada por coberturas densas, con el consiguiente incremento de PArP. Ello parece entrar en conflicto con lo observado para el periodo completo de estudio, lo cual pone de relieve la importancia de una escala temporal y espacial con amplitud suficiente para realizar el de la evolución forestal (Wu y Qi, 2000) y cómo el cambio de escala puede llevar a resultados contradictorios en un mismo territorio.

En lo referente al uso agrícola, se constata su reducción. En 1957 representaba un 30% de la superficie del ámbito PORN, con un total de 13.255 ha. En 2008 la superficie agrícola representaba sólo 13% del área de estudio, menos de la mitad de su extensión inicial, de acuerdo con lo ocurrido en otras zonas mediterráneas de interior, donde la actividad agrícola se ha reducido incluso más de un 50% desde mediados del Siglo XX (Soriano y Ortells, 2001), permitiendo la colonización de la vegetación forestal (Cerdà *et al.*, 2012).

La Tabla 11 muestra los balances de los tres momentos. En los procesos de densificación del bosque (Poyatos *et al.*, 2003) se constata cómo el arbolado presenta crecimientos mucho más acentuados que el matorral (Figura 13), tanto en términos absolutos como relativos. A pesar de que en 1957 la Fcc del arbolado era prácticamente la mitad de la Fcc de matorral, el incremento de FA ha duplicado en términos absolutos el de FM y su crecimiento neto ha sido cinco veces mayor. Por otra parte, también se refleja la estabilidad de la superficie de HL, que indica que el gran incremento del abandono agrícola del periodo ha sido absorbido por la expansión forestal sobre estos terrenos (crecimiento forestal externo). A pesar del declive agrícola, la cobertura de cultivos agrícolas abandonados mantiene el número de parcelas dominadas, con el 20% de las parcelas durante los 3 momentos.

Tabla 11: Superficie ocupada por las categorías forestales de nivel II en cada momento, así como sus incrementos relativos y absolutos en los diferentes periodos fotointerpretados en el PORN del Parque Natural Serra Calderona. Fuente: elaboración propia.

	FA	FM	PArP	HL	Agrícola
Total Fcc 1957 (ha)	2.853	5.158	15.136	8.243	13.255
Total Fcc 2008 (ha)	9.917	8.372	11.168	8.583	5.690
Total Fcc 2018 (ha)	8.435	7.383	13.323	8.519	5.925
Incremento Fcc 1957-2008 (ha)	7.065	3.214	-3.968	339	-7.800
Incremento neto 1957-2008 (%)	248	62	-26	4	-66
Incremento Fcc 2008-2018 (ha)	-1.483	-989	2.155	-63	-120
Incremento neto 2008-2018 (%)	-15	-12	19	-1	-3
Incremento Fcc 1957-2018 (ha)	5.582	2.225	-1.813	276	-7920
Incremento neto 1957-2018 (%)	196	43	-12	3	-67

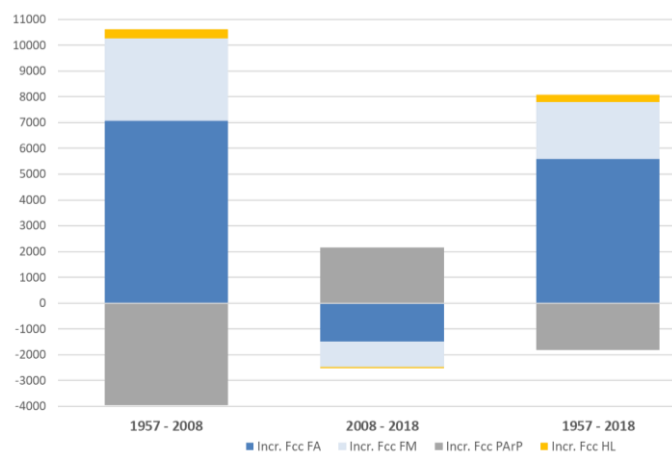


Figura 13: Incremento absoluto de las categorías Forestales y en Tránsito a Forestal de nivel II en el PORN de la Serra Calderona. El amarillo representa a los cultivos abandonados, el azul claro al matorral, el azul oscuro al arbolado y el gris a los pastizales y afloramientos rocosos Fuente: elaboración propia.

Tabla 12: Número de parcelas y proporción sobre el total (entre paréntesis) que presentan dominancia de cada una de las categorías de nivel II a partir del muestreo por fotinterpretación del Parque Natural de la Serra Calderona. Fuente: elaboración propia.

	1957	2008	2018
FA	8 (2)	91 (20)	77 (17)
FM	15 (3)	48 (11)	31 (7)
PArP	191 (42)	131 (29)	162 (36)
HL	93 (21)	103 (23)	102 (23)
Agrícola	142 (32)	67 (15)	66 (14)
Urbano	1 (0)	9 (2)	9 (2)
Otros	1 (0)	2 (0)	4 (1)
Total	451 (100)	451 (100)	451 (100)

Con la reducción del peso de los cultivos y los espacios abiertos en el territorio durante el periodo estudiado, se observa una mayor heterogeneidad actual a escala del paisaje (Figura 14). En 1957 las 3 categorías con mayor representación (una de ellas de nivel I) acumulaban el 90% de la superficie, sin embargo, tanto en 2008 como en 2018 se requiere de las cinco categorías más representadas para acumular el 90% de las parcelas. Esta mayor heterogeneidad puede ser temporal, debido a un cambio o sustitución de la dominancia de las coberturas en el territorio, dando lugar después a una mayor homogeneidad a escala de paisaje, si la situación no se revierte a medio y largo plazo.

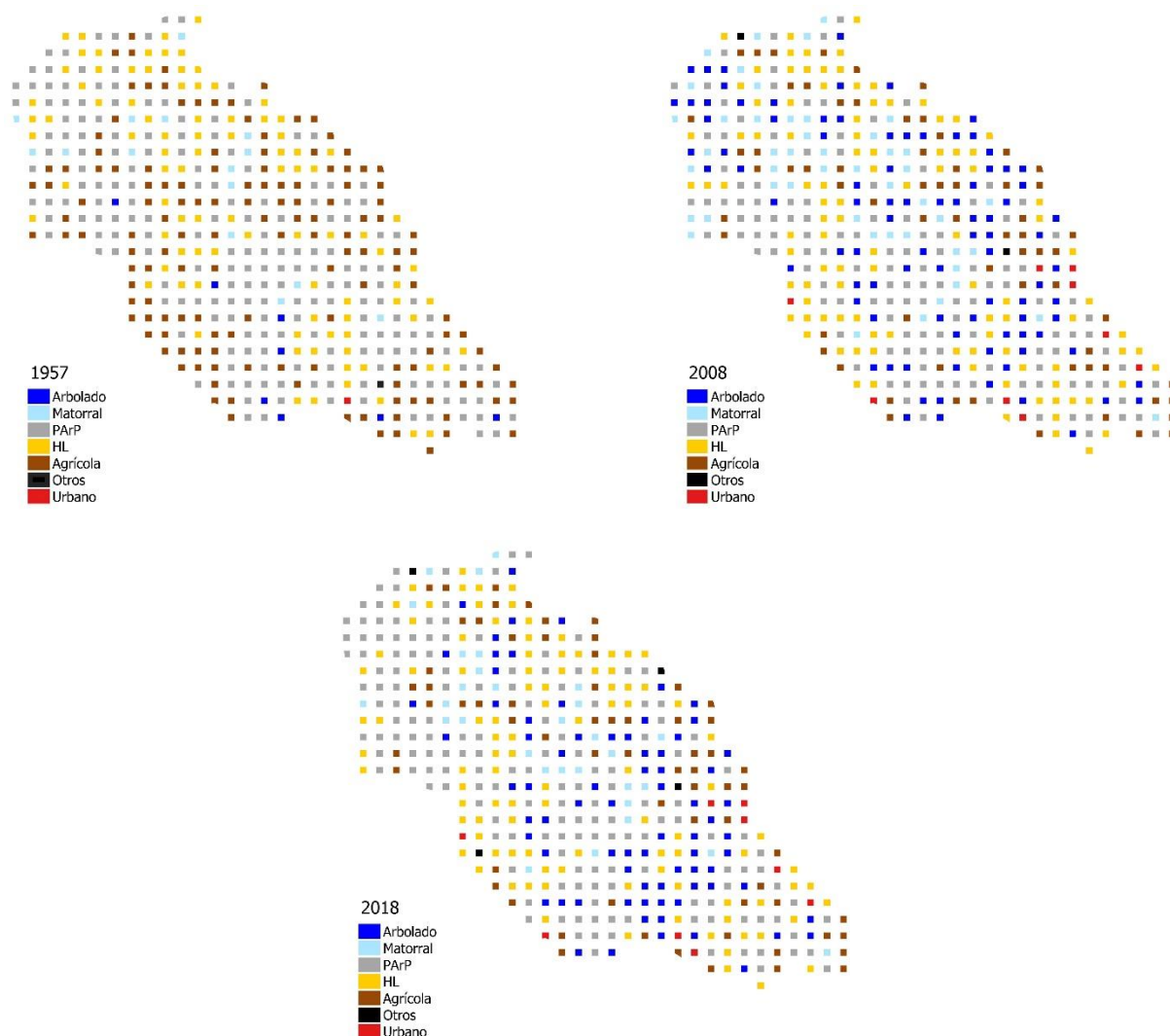


Figura 14: Dominancia de las parcelas de muestra en función de las categorías forestales de nivel II y el resto de las categorías de nivel I. La escala de las parcelas es mayor para su mejor visualización. Fuente: elaboración propia.

4.3. Persistencias y cambios normalizados

Las matrices de cambio (Tablas 13, 14 y 15) permiten observar las transiciones entre categorías a lo largo de los períodos de estudio, así como aquellas parcelas que mantienen la estabilidad en su estado

De forma general, la cobertura forestal de nivel I presenta una elevada persistencia normalizada, ya que, el 97% de las parcelas forestales de 1957 mantienen su categoría original. Sus escasas pérdidas se dan hacia las categorías de Urbano, que recibe un 1% de las parcelas forestales de 1957 y Agrícola (2% de las parcelas forestales de 1957).

Por otro lado, si se estudia el reclutamiento de nuevas parcelas forestales, el 53% proviene de los cultivos abandonados en el momento anterior y el 47% de los cultivos agrícolas, mientras que una parte considerable de las parcelas previamente abandonados se mantienen estables.

Ello ya indica una heterogeneidad en el ritmo de los procesos de silvogénesis sobre cultivos agrícolas y una lentitud de la colonización por parte de la vegetación forestal (Lasanta y Vicente-Serrano, 2007), que se verá posteriormente.

Tabla 13: Matriz de cambio de las categorías forestales de nivel II con el resto de las categorías de nivel I para el periodo 1957-2008. Fuente: elaboración propia.

		2008							Total 1957	Pérdidas
		FA	FM	PArP	HL	Ag	U	O		
1957	FA	5	1	2	0	0	0	0	8	3
	FM	6	9	0	0	0	0	0	15	6
	PArP	43	26	115	1	4	2	0	191	76
	HL	19	8	2	46	16	1	1	93	47
	Ag	18	4	11	56	47	5	1	142	95
	U	0	0	0	0	0	1	0	1	0
	O	0	0	1	0	0	0	0	1	1
	Total 2008	91	48	131	103	67	9	2	451	228
	Ganancias	86	39	16	57	20	8	2	228	

Debido al escaso número de parcelas de arbolado y matorral presentes en 1957 no se considera fiable el análisis de los cambios de dominancia hacia otras categorías. En todo caso, con los datos disponibles, las matrices de cambio muestran en un nivel II cómo el arbolado presenta una elevada persistencia (63%) además del gran incremento de su superficie ya mencionado.

Tabla 14: Matriz de cambio de las categorías de nivel II para el periodo 1957 - 2018. Fuente: elaboración propia.

		2018							Total 1957	Pérdidas
		FA	FM	PArP	HL	Ag	U	O		
1957	FA	4	1	3	0	0	0	0	8	4
	FM	3	7	5	0	0	0	0	15	8
	PArP	39	15	130	2	3	2	0	191	61
	HL	18	5	10	47	11	1	1	93	46
	Ag	13	3	13	53	52	5	3	142	99
	U	0	0	0	0	0	1	0	1	0
	O	0	0	1	0	0	0	0	1	1
	Total 2018	77	31	162	102	66	9	4	451	210
	Ganancias	73	24	32	55	14	8	4	210	

Tabla 15: Matriz de cambio de las categorías de nivel I para el periodo 2008 - 2018. Fuente: elaboración propia.

		2018							Total 2008	Pérdidas
		FA	FM	PArP	HL	Ag	U	O		
2008	FA	66	0	18	7	0	0	0	91	25
	FM	1	31	13	3	0	0	0	48	17
	PArP	7	0	124	0	0	0	0	131	7
	HL	3	0	6	82	10	0	2	103	21
	Ag	0	0	1	10	56	0	0	49	11
	U	0	0	0	0	0	9	0	9	0
	O	0	0	0	0	0	0	2	2	0
	Total 2018	77	31	162	102	43	9	4	451	81
Ganancias	11	0	38	20	10	0	2	81		

Posteriormente a 1957, el arbolado (FA) se ha expandido principalmente sobre parcelas que ya eran forestales (silvogénesis interna) y que pertenecían a PArP; el 50% de las parcelas de FA de 2018 eran dominadas por PArP en 1957, implicando un 53% del crecimiento esta categoría. El arbolado también ha protagonizado una importante expansión sobre los cultivos abandonados y sobre el suelo agrícola (silvogénesis externa), representando estas respectivamente el 25% y el 18% de las parcelas reclutadas. La colonización de parcelas de matorral por parte del arbolado supone sólo el 4% de su crecimiento en el global del periodo.

Se ha indicado la regresión del período 2008-2018 a causa de los incendios forestales, que afectan especialmente al arbolado. En tan solo 10 años FA pierde el 27% de las parcelas arboladas de 2008. Aún así, la persistencia normalizada del arbolado para el periodo completo de estudio es del 50%.

La persistencia normalizada de las formaciones arbustivas para el periodo 1957 - 2008 es de un 60%, para el periodo 2008 - 2018 de un 65% y para 1957 - 2018 un 47%. La expansión de FM se ha dado mayoritariamente sobre PArP (silvogénesis interna), una trayectoria que representa el 62% de las nuevas parcelas de FM. La trayectoria HL-FM (silvogénesis externa) representa el 21% de las nuevas parcelas y la colonización directa de parcelas agrícolas representa el 13%. Por otra parte, la ocupación de parcelas de arbolado por parte del matorral supone sólo un 2% del crecimiento global del período.

Los matorrales de la Serra Calderona, al igual que el arbolado, también se han visto afectados por los incendios forestales, durante el periodo 2008 - 2018 la trayectoria FM - PArP acumula un 77% de las pérdidas para el matorral. A diferencia del arbolado, en el matorral no ha habido reclutamiento de nuevas parcelas a partir de parcelas inicialmente dominadas por PArP durante el periodo 2008 - 2018.

Los datos ponen de manifiesto dos aspectos remarcables del comportamiento de las coberturas forestales densas durante el periodo analizado: la expansión general, interna y externa sobre las categorías deforestadas y una elevada persistencia en el territorio, con valores muy reducidos de cambios de uso del suelo hacia categorías no forestales.

Aunque en términos absolutos el arbolado se ha expandido sobre PArP en mayor grado que FM, en términos relativos la ganancia de parcelas desde PArP es más relevante para el matorral, aunque ello incide sobre el crecimiento global porque el arbolado tiene una gran parte de su expansión en HL. Ésta es una de las principales diferencias entre la dinámica de las coberturas forestales densas: el arbolado ha presentado una mayor capacidad de expansión hacia el exterior, siendo el principal causante de la silvogénesis externa y de la expansión del terreno forestal, aunque también colabora a la silvogénesis interna de forma considerable. Por el contrario, FM tiende más hacia la expansión interna, es decir, hacia la densificación de las superficies forestales libres de vegetación densa y las superficies en las cuales existía matorral, aunque de menor densidad.

En la dinámica de las dos coberturas forestales densamente vegetadas sobresalen los escasos intercambios existentes entre ambas coberturas. Este modelo de silvogénesis, donde el arbolado aparece sin pasar por la etapa de matorral contradiría lo observado en algunos estudios (Vicente-Serrano *et al.*, 2006; Vicente-Serrano *et al.*, 2000; Lasanta y Vicente-Serrano, 2007), pero estaría de acuerdo con otros autores que han observado que en terrenos que han sido sometidos a pastoreo intenso o a explotación agraria en las zonas mediterráneas y posteriormente han sido abandonados, se da la colonización del arbolado sin matorral, cuando no existe presencia de semillas de especies de matorral en el suelo (Fernández y Leiva, 1997).

Los cultivos agrícolas, que han sufrido una importante recesión, que se refleja en su baja persistencia normalizada del periodo total (37%), lógicamente, pierden principalmente hacia HL, (60% de las pérdidas), si bien se observa una parte de colonización directa por parte de las coberturas forestales densas, principalmente de FA

En la silvogénesis externa, los cultivos abandonados han presentado una elevada persistencia normalizada durante el periodo estudiado, ya que el 51% de las parcelas dominadas por esta categoría la han mantenido hasta 2018, mientras que sólo el 35% han sido colonizadas por la vegetación forestal. Diversos autores (Lasanta y Vicente-Serrano, 2007) consideran, la persistencia o lentitud de colonización forestal de los cultivos abandonados como algo característico de esta cobertura, aunque se han apreciado diferentes velocidades en la colonización.

4.4. Identificación de las transmisiones aleatorias y sistemáticas

La distinción entre qué transiciones de las que se han producido son sistemáticas o aleatorias es una cuestión importante para trazar tendencias de cambio en el paisaje y prever su dinámica futura, según Pontius *et al.* (2004).

Los resultados del estudio de las transiciones sistemáticas o aleatorias se presentan en el Anejo IV. De estas transiciones podemos extraer una serie de resultados, en forma de tendencias sistemáticas de transición.

El abandono agrícola como principal tendencia del período, queda bien reflejado en estos resultados. La categoría de cultivos abandonados (HL) tiende a ganar de forma sistemática de los cultivos agrícolas durante todo el período.

La expansión del arbolado sobre HL resulta ser otra transición sistemática durante el periodo completo. Esta expansión del arbolado sobre cultivos abandonados se identifica como un elemento formador del paisaje, que ha dirigido la evolución de la configuración espacial de la Serra Calderona durante los últimos 60 años y es la ruta que ha seguido la silvogénesis externa.

A diferencia de ello, el matorral presenta una cierta resistencia a la expansión sobre HL, una transición casi aleatoria, aunque HL sí que sufre pérdidas sistemáticas hacia el matorral. De este modo, la expansión de FM sobre HL, aunque ocurre con cierta frecuencia en el territorio, no es un proceso fuertemente sistemático, que determine la configuración del paisaje. Que los valores entre ganancias y pérdidas sean diferentes no es extraño en los estudios de paisaje que emplean este método y apuntan como causa de este fenómeno a que los factores que favorecen las pérdidas pueden ser completamente diferentes de aquellos que promueven las ganancias (Braimoh, 2005).

En cuanto a los procesos de densificación del suelo forestal, o silvogénesis interna, PArP tiende a perder sistemáticamente hacia las dos coberturas forestales densas, que a su vez presentan un proceso sistemático de ganancia sobre PArP. Aquí ambas trayectorias son decididamente sistemáticas en la evolución del paisaje y la ganancia de densidad en las masas forestales se ha producido tanto por expansión del matorral como del arbolado.

Los cultivos agrícolas, a pesar de los resultados expuestos en puntos anteriores, presentan resistencia sistemática al cambio directo hacia coberturas forestales, por lo que la tendencia sistemática para que un terreno agrícola sea colonizado por vegetación forestal (principalmente arbolado) debe pasar durante la escala de observación a la cobertura HL

(transición que sí es sistemática), para ser colonizado posteriormente, principalmente por masas arboladas, como ya se ha indicado.

La expansión de la cubierta vegetal desde la mitad del siglo XX y la falta de actividad humana sobre el medio ha propiciado la aparición de gran número de incendios (Bodí *et al.*, 2012). La apertura de nuevos espacios abiertos (PArP) proviene principalmente de los incendios forestales, tal y como se muestra en el Anejo I. Este fenómeno hace que las ganancias de PArP sobre ambas coberturas densas sean sistemáticas. En el contexto de la Serra Calderona, los incendios se han identificado como un elemento relevante en la transformación del paisaje, que aporta espacios abiertos y libres de vegetación (Galiana *et al.*, 2007).

Los datos reflejan que la tendencia sistemática a la expansión de las coberturas forestales densas, tanto externa como interna, es un proceso irreversible en el contexto actual y que tiene recorrido futuro.

Las coberturas forestales no tienden a cambiar hacia otros usos, si no que los cambios sistemáticos se dan siempre con procesos expansivos de FA y FM o mediante la reorganización interna de coberturas forestales. Una vez que una parcela ha cambiado a forestal, se mantiene como tal a pesar de que la presencia de pastizales, matorral y arbolado pueda cambiar en densidad y frecuencia.

Para entender los procesos de silvogénesis de la zona de estudio, es necesario conocer las relaciones e interacciones que existen entre el arbolado y el matorral. Los datos indican que existen transiciones sistemáticas entre FA y FM que ocurren en todos los sentidos, aunque se ha comentado que estos datos hay que tomarlos con precaución, por la baja representatividad de las coberturas forestales densas en 1957. Durante el periodo 1957 – 2008 FA tiende a dominar la interacción, con una mayor sistematicidad en la ganancia de parcelas dominadas por FM que la que presenta FM a ganar de FA. Además, la tendencia sistemática de FM de perder hacia FA es mayor que las pérdidas sistemáticas del arbolado hacia matorral. Para el periodo 1957 – 2018 ambas transiciones sistemáticas se mantienen. Este hecho indica que el arbolado y el matorral no son coberturas que se excluyen mutuamente, si no que ambas permiten la entrada de la otra durante los procesos de silvogénesis en la Serra Calderona. Que el arbolado sea capaz de establecer su dominancia sobre parcelas dominadas anteriormente por el estrato arbustivo no es de extrañar para algunos autores que indican que, el estrato arbóreo se ve beneficiado por la presencia de matorral (Rodríguez-García *et al.*, 2007), conviviendo durante décadas hasta que finalmente el arbolado se impone como estrato dominante (Rivas-Martínez, 1987) (Vicente-Serano *et al.*, 2000), aunque contraste con los datos obtenidos en otros estudios de mayor ámbito territorial (Delgado, 2015).

En la Serra Calderona llama más la atención la ganancia sistemática de dominancia del matorral sobre el arbolado, proceso que puede parecer contrario a los procesos naturales de sucesión. No obstante, ya se ha visto en el apartado 3.5. que, en la Serra Calderona, debido a su carácter termomediterráneo, algunos autores identifican las formaciones arbustivas como la vegetación potencial de algunas zonas (Rivas-Martínez, 1987; Costa, 1987). Por otra parte, podría haber procesos solapados de lucha por el nicho (Núñez, 2007) La gran capacidad de colonización de *P. halepensis* sobre espacios de garriga (Osem *et al.*, 2011) puede haber permitido al arbolado dominar en primera instancia áreas abiertas de monte, aunque posteriormente, estas masas arboladas, debido a la dureza de las condiciones del medio pueden no haber sido capaces de establecerse de forma estable (Vicente-Serrano *et al.*, 2006) y densificar su cubierta, permitiendo el establecimiento de masas arbustivas densas de especies como *Q. coccifera* y *P. lentiscus*.

5. CONCLUSIONES

A raíz de los resultados obtenidos, el tratamiento de los datos descrito en la metodología y su posterior discusión se extraen las siguientes conclusiones:

Conclusiones metodológicas

- La fotointerpretación de imágenes aéreas ha resultado un método eficaz para la caracterización de las coberturas y usos presentes en un amplio período temporal. Su nivel de detalle ha permitido evaluar satisfactoriamente la proporción del territorio ocupada por cada categoría, así como estimar su Fcc. Sin embargo, el esfuerzo de muestreo (1%) debería ser incrementado para estudios con mayores requerimientos de precisión, para la obtención de un menor error muestral con ámbitos de trabajo de similar extensión (44.800 ha) cuestión asumible para esta dimensión superficial.
- Las escalas de 50 y 60 años han sido suficientes para observar una evolución en las coberturas y usos del suelo de la Serra Calderona y han permitido observar procesos de silvogénesis, para los que se necesita una suficiente amplitud, debido a la lentitud de la evolución forestal. Aunque la escala temporal de 10 años no ha sido eficaz a la hora de captar la evolución forestal, el periodo 2008 – 2018 ha sido útil para evaluar el impacto puntual que han tenido los incendios forestales sobre la vegetación forestal.
- Se pone de manifiesto la importancia que ha tenido la escala de detalle a la hora de identificar procesos de cambio en el paisaje. Los efectos de la escala han sido percibidos tanto para la amplitud temporal y espacial como para el nivel de detalle de las categorías.

Análisis de la silvogénesis

- La evolución del paisaje de la Serra Calderona ha tendido principalmente hacia la forestación, con una importante expansión general desde 1957 de las coberturas forestales densas y una gran tendencia a la persistencia de estas coberturas. Con un mayor detalle se ha constatado y valorado la importancia del abandono de la actividad agrícola y la expansión del terreno forestal sobre estos cultivos agrícolas abandonados (silvogénesis externa). En la silvogénesis interna se ha observado y dimensionado la dinámica entre la densificación de la vegetación donde el terreno ya era forestal y el aclareo de la vegetación (hacia PARP) debido a los incendios forestales, especialmente durante la última década estudiada, como los principales procesos formadores del paisaje actual de la Serra Calderona.
- En la silvogénesis externa, el proceso dominante ha sido la colonización por parte del arbolado de los cultivos abandonados, mientras que el papel del matorral en la expansión del suelo forestal no ha sido sistemático en términos globales. En la silvogénesis interna, tanto arbolado como matorral han evolucionado de forma relevante, siendo esta la ruta seguida por el matorral para el incremento de su superficie en números absolutos y el mantenimiento en términos relativos.
- Por ello, el arbolado se muestra como una cobertura más efectiva que el matorral a la hora de colonizar el paisaje. El arbolado también ha protagonizado el mayor incremento neto en la superficie ocupada (200% desde 1957).
- En cuanto a las relaciones entre arbolado y matorral, se observa un intercambio entre coberturas que aparece identificado como sistemático y que puede ser un signo de la formación de masas pluriestratificadas. A pesar de lo observado, la poca representatividad del arbolado y del matorral en 1957 y el bajo número de parcelas que han realizado estas trayectorias impiden obtener conclusiones fiables acerca de las relaciones existentes entre las dos coberturas forestales densas, que son contradictorias, según los autores.
- Aunque la cobertura sobre la que se ha dado la mayor expansión forestal es la de los cultivos abandonados, se observa claramente su elevada persistencia en el tiempo, necesitando en general largos periodos de tiempo para permitir que la vegetación forestal más densa penetre en ellos. En muchos casos, 50 años no ha sido tiempo suficiente para que muchos de estos terrenos sean colonizados por la vegetación forestal.
- La metodología aplicada ha permitido la evaluación cuantitativa de la evolución del paisaje de la Serra Calderona. El ritmo de expansión de la superficie forestal durante el período estudiado ha sido de 100 ha/año. En un nivel II de detalle, el arbolado se ha

expandido a una velocidad de 93 ha/año y el matorral lo ha hecho a un ritmo de 38 ha/año, mientras que los espacios forestales no vegetados densamente han perdido 30 ha/año.

- La superficie de cultivos abandonados se ha incrementado a razón de 5 ha/año, mientras que los cultivos agrícolas han perdido 122 ha/año.
- En función de las tendencias evolutivas del paisaje se podría hacer una estimación de futuro sobre cómo se configurará el paisaje del PORN de la Serra Calderona, siempre y cuando se mantengan linealmente los ritmos de cambio de las coberturas y no se altere el régimen de perturbaciones, de acuerdo con la evolución climática. De acuerdo con las tendencias, en 25 años las coberturas agrícolas habrán desaparecido totalmente de la Serra Calderona, con un gran impacto tanto cultural como ecológico y paisajístico, simplificando el paisaje en mosaico característico de la montaña mediterránea. Tras 25 años de evolución del paisaje al ritmo observado, el arbolado habría ganado 2.300 ha y representaría el 24% de la zona de estudio. El matorral colonizaría 950 ha, con un peso del 19% sobre el total del paisaje, en cuanto a PARP, perdería 750 ha y pasarían a representar el 28% del Parque Natural. Los cultivos abandonados se extenderían sobre 125 nuevas hectáreas, siendo un 19% del área de estudio y los cultivos agrícolas serían reemplazados completamente del paisaje.

Diagnóstico de la problemática derivada de la actual evolución

- Asumiendo que una estimación lineal y un mantenimiento de las condiciones actuales pierde validez a medida que se prolonga el plazo de proyección de los resultados, con el ritmo de evolución obtenido en 200 años todos los espacios abiertos de la Serra Calderona estarían ocupados por vegetación forestal densa, sin espacios ralos y sub espacios transicionales, perdiendo la diversidad que caracteriza al paisaje cultural mediterráneo, reconocido universalmente como típicamente en mosaico, lo cual tendría efectos muy perniciosos desde diferentes puntos de vista.
- Aunque la actual diversidad del paisaje se ha incrementado en relación al pasado, con la expansión de las coberturas forestales densas, el retroceso agrícola y la aparición de coberturas en transición, la tendencia observada es hacia una situación de elevada homogeneidad, pero este caso dominada por las masas forestales densas. Esta realidad se podría constatar tanto por el número de especies como por la diversidad de hábitats. En un escenario donde los incendios forestales sean la única perturbación que sufra este espacio, parece difícil que este agente contribuya a la diversificación, sino a la degradación del potencial del hábitat, según diversos autores.

- En el contexto descrito de perturbaciones por grandes incendios, la continuidad de las masas forestales debido a su expansión y densificación, y a la pérdida de espacios desprovistos de vegetación en combinación con las consecuencias del cambio climático, puede crear un régimen de grandes incendios catastróficos en el espacio de estudio.
- La pérdida de las actividades tradicionales y la desestructuración territorial son graves problemas en la Comunitat Valenciana según diferentes autores. Como se ha visto, los cambios que estos suponen sobre el paisaje son muy relevantes y las problemáticas a las que nos enfrentamos como sociedad también. Por ello, para la conservación de espacios como la Serra Calderona sería necesaria una gestión activa de las masas forestales, actualmente hegemónicas, que evite la progresiva caída de los ciclos incendio-degradación-regeneración y que conserve el paisaje cultural mediterráneo en mosaico, asegurando el máximo de funciones ambientales, económicas y sociales posibles.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, M. y Furió, E. (1997). El desarrollo económico-rural en la Comunidad Valenciana. Potencialidades y estrangulamientos de las áreas rurales valencianas. *Agricultura y Sociedad* (84), 197 – 224.
- AMBROSIO L., ALONSO R. Y VILLA A. 1993. Estimación de superficies cultivadas por muestreo de áreas y teledetección: precisión relativa. *Estadística española*, 35(132), pp. 91-103.
- AYANZ, A, GÓMEZ, S, & CAÑELLAS, I. (2002). Las prácticas agroforestales en la Península Ibérica. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* (14) 33-38.
- BJORKLAND, R., PRINGLE, C., NEWTON, B., (1999). A stream visual assessment protocol (SVAP) for riparian landowners. *Environmental monitoring and assessment* (68) 99 – 125.
- BODÍ, M., CERDÀ, A., MATAIX-SOLERA, J., DOERR, S. (2012). Efecto de los incendios forestales en la vegetación y el suelo en la cuenca mediterránea: revisión bibliográfica. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* (58), 33 – 55.
- BRAIMOH, A. (2005). Random and systematic land-cover transitions in norther Ghana. *Agriculture, ecosystems and Environment* (113) 254 – 263.
- BUADES, J., MARCO, J. (2011). Estudio diacrónico de los usos del suelo: influencia de las superficies de cambio sobre el paisaje vegetal de la Sierra de Santa Pola. *Serie Geográfica* (17), 109 – 123.
- CAMARASA-BELMONTE, A. (2012). Hidrologia superficial: producció d'escolament i generació de crescudes. *Exposició sobre la Universitat de València i els seus entorns naturals. El Parc Natural de la Serra Calderona*. Poster.
- CASTILLEJO-GONZÁLEZ, I.L., MEDINA GUERRERO, J.M., GARCÍA-FERRER, A., MESAS-CARRASCOSA, F.J. Y SÁNCHEZ, M. (2010): Utilización de imágenes de satélite de alta resolución espacial en la determinación de la fracción de cabida cubierta en sistemas adhesionados. *Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla. Pp. 62-71.
- CERDÀ, A., GÍMENEZ, A., BURGUET, M., ARCENEGUI, V., GONZÁLEZ, F., GARCÍA-ORENES, F., PEREIRA, P. (2012). El impacto del cultivo, el abandono y la intensificación de la agricultura en la pérdida de agua y suelo. El ejemplo de la vertiente norte de la Serra Grossa en el este peninsular. *Cuadernos de Investigación Geográfica* 38, 75 -94.
- CERVERA, T., GARRABOU, R., TELLO, E. (2015). Política forestal y evolución de los bosques en Cataluña desde el siglo XIX hasta la actualidad. *Investigaciones de Historia Económica* (11) 116 – 127.
- COLL, Ll., MÁRQUEZ, A., BLÁZQUEZ, A., PLA, M., GARCÍA, M., ERRERA, P., MONTES, F., CAMARERO, J., AMEZTEGUI, A. (2017). Pasado, presente y futuro de los bosques de montaña (I): Expansión del bosque. *Proyectos de investigación en parques nacionales: 2013 – 2017*. MITECO. Madrid.
- CONSELLERIA DE INFRAESTRUCTURAS, TERRITORIO Y MEDIO AMBIENTE (2012). *Plan de Acción Territorial Forestal de la Comunitat Valenciana*. Generalitat València.
- CONSELLERIA DE MEDI AMBIENT, AIGUA, URBANISME I HABITATGE (2010). III.2. Àmbito territorial, en: *Plan de Uso Público del Parque Natural de la Serra Calderona*. Valencia, España.

- COSTA M. (1987). *La vegetació al País Valencià*. Universitat de València. València.
- DELGADO, R. (2015). *Análisis de los patrones de evolución de las coberturas forestales en la provincia de Castellón en los últimos 50 años* (Tesis Doctoral). Universitat Politècnica de València. Valencia.
- DIPUTACIÓ PROVINCIAL DE VALÈNCIA (1986). *Mapa Geocientífico de la provincia de Valencia*. Valencia, España.
- DOMÉNECH CAMPOS, A. (1992). *Descripción y Dibujos de la Sierra Calderona*. Ed. Centre Excursionista de València. Valencia.
- ERREA, M., NADAL-ROMERO, E., LASANTA, T. (2015). La complejidad de la cubierta vegetal en los campos abandonados del valle de Aísa (Pirineo Aragonés). Un análisis del papel de los tiempos de campos. *Análisis espacial y representación geográfica: innovación y aplicación*, 933 – 942.
- ESCRIG, A. y DEL CAMPO, A. (2013) Propuesta metodológica para la priorización de proyectos piloto de Pago por Servicios Ambientales. Aplicación en la Comunitat Valenciana para los servicios hidrológicos de las zonas forestales. En: 6º Congreso Forestal Español. *Montes: Servicios y desarrollo rural*. Ed: Sociedad Española de Ciencias Forestales. Vitoria-Gasteiz.
- FERNÁNDEZ, R., Y LEIVA, M. (1997). Sabanas mediterráneas: modelos de estados y transiciones. *Ecotropicos* (1997, p. 133-150).
- FERNÁNDEZ, C., SANTOJA, M., GROS, R., MONNIER, Y., CHOMEL, M., BALDY, V., BOUSQUET-MÉLOU, A. (2013) Allelochemicals of *Pinus halepensis* as Drivers of Biodiversity in Mediterranean Open Mosaic Habitats During the Colonization Stage of Secondary Succession. *Journal of Chemical Ecology* (39), 298 – 311.
- GALAN, J. (2018). *Analysis and Strategies for Sustainable Regional Planning: Sierra Calderona Strategic Plan, Spain*. Ed. Springer. Suiza.
- GALIANA, L., HERRERO, G., SOLANA, J. (2007). Caracterización y clasificación de Interfaces Urbano-Forestales mediante análisis paisajístico. El ejemplo de Sierra Calderona (Comunidad Valenciana, España), en: *IV Conferencia Internacional sobre Incendios Forestales. Sevilla* (pp. 13-17).
- GARCÍA-FAYOS, P. (1991). La vegetación silicícola de la Sierra Calderona (Comunidad Valenciana). *Lazaroa*, 12, 317-332.
- GILL, S., BIGING, G., MURPHY, E. (2000). Modeling conifer tree crown radius and estimating canopy cover. *Forest ecology and Management* (126), 405 – 416.
- GIMÉNEZ-FONT, P. Y MARCO-MOLINA, J. (2017): La dinámica del paisaje en la Serra d'Aitana (Alacant, España): síntesis de transformaciones históricas en una montaña mediterránea (1600-2010), *Estudios Geográficos*, LXXVIII/282, pp. 105-133.
- GITAU M.W., CHAUBEY I., GBUR E., PENNINGTON J.H. Y GORHAM B. (2010). Impacts of land-use change and best management practice implementation in a Conservation Effects Assessment Project watershed: Northwest Arkansas. *Journal of Soil and Water Conservation*, 65(6), pp. 353-368.
- GURRUTXAGA, M., Y LOZANO, P. (2008). Ecología del Paisaje. Un marco para el estudio integrado de la dinámica territorial y su incidencia en la vida silvestre. *Estudios geográficos*, 69(265), 519-543.

- GUTIÉRREZ-HERNÁNDEZ, O.; SENCIALES-GONZÁLEZ, J.M^a.; GARCÍA-FERÁNDEZ, L.V. (2016). Evolución de la superficie forestal en Andalucía (1956-2007). Procesos y factores. *Revista de Estudios Andaluces*, vol. 33 (1), 111-148.
- HERMOSILLA, J. (1992). Desequilibrios demográficos espaciales en el Camp de Túria y la Hoya de Buñol-Chiva. *Cuadernos de geografía*, (52), 249-266.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (2010). *Síntesis Geológica de la Provincia de Castellón a escala 1: 200.000*. Madrid.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (2010). *Síntesis Geológica de la Provincia de Valencia a escala 1: 200.000*. Madrid
- JIMÉNEZ, J.I. (1994). Presente y Pasado del monte mediterráneo en España. En: *Agriculturas mediterráneas y mundo campesino: cambios históricos y retos actuales: actas de las Jornadas de Historia Agraria: Almería*, pp. 113-134. Instituto de Estudios Almerienses. Almería.
- JIMÉNEZ, Y., PORCEL, L. y CABALLERO, A. (2015). Medio siglo en la evolución de los paisajes naturales y agrarios de Sierra Nevada (España). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* (68), 205 – 232.
- LASANTA, T., VICENTE-SERRANO, M. (2007). Cambios en la cubierta vegetal en el Pirineo Aragonés en los últimos 50 años. *Pirineos* (162), 125 – 154. Zaragoza.
- LAVADO, J., JARIEGO, A., SCHNABEL, S. y GÓMEZ, A. (2012). Análisis de la evolución histórica del arbolado de la dehesa mediante fotointerpretación y análisis OBIA. *XV Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica* 19 – 21. Madrid.
- LLORET, F. (2004). Régimen de incendios y regeneración. En: *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. pp 101-126. Ed: EGRAF S.A. Madrid.
- LUND H.G., BEFORT W.A. Y BRICKELL J.E.A.O. (1997). Forestry. *Manual of photographic interpretation*. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. Bethesda pp. 399–440.
- MARAÑÓN, T. (1997). El bosque mediterráneo. *Naturaleza de Andalucía 7: 16-50*. Digital CSIC. Ed: Junta de Andalucía.
- MCRORBERTS, R., TOMPPA, E., & CZAPLEWSKI, R. (1992). Diseños de muestreo de las evaluaciones forestales nacionales. *Antología de conocimiento para la evaluación de los recursos forestales nacionales*. FAO. Roma, Italia.
- MENA, C., ORMAZÁBAL, Y., MORALES, Y., SANTELICES, R., & GAJARDO, J. (2011). Índices de área verde y cobertura vegetal para la ciudad de Parral (Chile), mediante fotointerpretación y SIG. *Ciência Florestal*, 21(3), 521-531.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (2006). *Mapa Forestal de España a escala 1:50.000*. España.
- MONTERO, G. y SERRADA, R.; (2013). *La situación de los bosques y el sector forestal en España - ISFE 2013*.
Edit. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Lourizán (Pontevedra).
- MONTIEL, C. (1992). Titularidad y régimen de aprovechamiento de los montes catalogados en la Comunidad. *Agricultura y Sociedad*, (65), 389-413.

NÚÑEZ, J. (2013). Respuestas ecofisiológicas y demográficas de " *Quercus Ilex*" L. a alteraciones del balance facilitación/competencia del matorral en un ambiente semiárido. Tesis doctoral. Universidad de Extremadura.

SÁNCHEZ-SALGUERO, R., CAMARERO, J., DOBBERTIN, M., FERNÁNDEZCANCIO, A., VILÀ-CABRERA, A., MANZANEDO, R., ZAVALA, M. y NAVARRO-CERRILLO, R. (2013). La sequía y la gestión pasada como factores del decaimiento forestal en los bosques meridionales de *P. nigra*. 6^o Congreso Forestal Español. Vitoria Gasteiz.

NINYEROLA M., PONS X. Y ROURE JM. (2005). *Atlas Climático Digital de la Península Ibérica. Metodología y aplicaciones en bioclimatología y geobotánica*. ISBN 932860-8-7. Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra.

ORTEGA, M., BAUDIN, J. G., MONTERO, G., & VILLARROYA, M. (2008). Respuesta de *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus pinaster* Ait. a herbicidas en condiciones de vivero. *Forest Systems*, 9(1), 137-145.

OSEM, Y., LAVI, A. & ROSENFELD, A. (2011). Colonizations of *Pinus halepensis* in Mediterranean habitats: consequences of afforestation, grazing and fire. *Biol invasions* (13), 485 – 498. Ed: Springer.

PARC NATURAL DE LA SERRA CALDERONA (2017). *Memoria de gestión 2017*. Valencia, España.

PERIS-FELIPO, F. J., & JIMÉNEZ-PEYDRÓ, R. (2010). Cerambycidae (Coleoptera) diversity and community structure in the Mediterranean forest of the Natural Park of Sierra Calderona (Spain). *Frustula Entomologica*, 33, 180-191.

PONTIUS, R.G., JR., E. SHUSAS, AND M. MCEACHEM. (2004). Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 101(2004):251-268.

POYATOS, R., LATRÓN, J., LLORENS, P. (2003). Land use and land cover change after agricultural abandonment. *Mountain Research and Development* 23, 362 – 368.

REGATO, P., CASTEJÓN, M., TELLA, G., GIMÉNEZ, S., BARRERA, I., ELENA-ROSELLÓ, R. (1999). Cambios recientes en los paisajes de los sistemas forestales mediterráneos de España. *Invest. Agr.* (1), 384 – 398.

RIVAS-MARTÍNEZ, S. (1983). Pisos bioclimáticos de España. *Lazaroa*. 5, 33-43.

RIVAS-MARTÍNEZ, S. (1987). *Mapa de Series de Vegetación de España*. MAPAMA, España.

RIVAS-MARTÍNEZ, S. *et al.* (2017). Bioclimatology of the Iberian Peninsula and the Balearic Islands. En: *The Vegetation of the Iberian Peninsula, Volume 1*. Ed: Springer. Bilbao, 29 - 80.

RICHARDSON, D., RUNDEL, P., JACKSON, S., TESKEY, R., ARONSON, J., BYTNEROWICZ, A., WINGFIELD, M., PROCHEŞ, Ş. (2007). Human impacts in pine forests: past, present, and future. *Annual Reviews of Ecology, Evolution and Systematics* (38), 275-297.

RODRÍGUEZ-GARCÍA, E., JUEZ, L., GUERRA, B., & BRAVO, F. (2007). Análisis de la regeneración natural de *Pinus pinaster* Ait. en los arenales de Almazán-Bayubas (Soria, España). *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 16(1), 25-38.

RUIZ-LUNA, A., BERLANGA-ROBLES, C. (1999). Modifications in coverage patterns and land use around the Huizache-Caimero Lagoon Systems, Sinaloa, Mexico: a multi-temporal analysis using LANDSAT images. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (49), 37 – 44.

SAN MIGUEL, A. (2001). *Pastos Naturales Españoles*. Ed: S.A. Mundi-Prensa.

SORIANO, J., ORTELLS, V. (2001). Las roturaciones de tierras forestales en el siglo XVIII frente al abandono agrícola actual: El monte Pereroles de Morella (Castelló). *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros* (191), 61-79.

TURNER, M. (1989). Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual review of ecology and systematics* (20) 171-197.

VICENTE-SERRANO, S., BEGUERÍA, S. Y LASANTA, T. (2006). Diversidad espacial de la actividad vegetal en campos abandonados del pirineo central español: Análisis de los procesos de sucesión mediante imágenes LANDSAT (1984-2001). *Pirineos* (161), 59 – 84.

VICENTE-SERRANO, S., LASANTA, T. y CUADRAT, J. (2000). Transformaciones en el paisaje del pirineo como consecuencia del abandono de las actividades económicas tradicionales. *Pirineos* (155) 111-113.

Wu, J. y Qi, Y. (2000). Dealing with scale in landscape analysis: An Overview. *Geographic Information Sciences* (6), 1 – 5.

WÜNSCHE, J., Y PALMER, J. (1996). Comparison of non-destructive methods of estimating leaf area in apple tree canopies. In *VI International Symposium on Integrated Canopy, Rootstock, Environmental Physiology in Orchard Systems* 451 (pp. 701-708).