

ESTUDIO MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (GIS) DE LA EVOLUCIÓN DE LA VEGETACIÓN NATURAL EN CANTABRIA. APROXIMACIÓN AL CASO DEL VALLE DE POLACIONES DURANTE EL PERIODO 1953-2010

VICTOR LALLANA LLORENTE

Departamento de Geografía, urbanismo y ordenación del territorio. Universidad de Cantabria.

Grupo de investigación Geografía Histórica del Paisaje.

Avenida Los Castros s/n 39006(Santander).

lallanav@unican.es

RESUMEN

La evolución y los cambios en las formaciones vegetales son, sin lugar a dudas, uno de los rasgos más visibles de la interacción entre naturaleza y actividad humana sobre el territorio. En este trabajo, aprovechando las potencialidades que ofrecen los Sistemas de Información Geográfica para analizar patrones de cambio en un marco espacial determinado, se ha planteado un estudio en el que se analiza la evolución y cambios ocurridos en las formaciones vegetales para tres momentos concretos (1953-1986-2010) en un área que abarca en torno al valle de Polaciones (Cantabria). Se trata de un estudio diacrónico basado en imágenes aéreas y fundamentado en un análisis de las coberturas y usos de suelo presentes en el territorio con diferentes niveles jerárquicos de desagregación, lo que permite tanto su análisis estadístico como su representación cartográfica mediante los Sistemas de Información Geográfica.

Palabras clave: Análisis multitemporal, coberturas de suelo, usos de suelo, fotografía aérea, análisis diacrónico, superficies de cambio.

STUDY BY GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS) OF THE EVOLUTION OF NATURAL VEGETATION IN CANTABRIA. APPROACH TO THE CASE OF THE VALLEY POLACIONES DURING THE PERIOD 1953-2010.

ABSTRACT

Developments and changes in the vegetation are, without doubt, one of the most visible features of the interaction between nature and human activity on the territory. In this paper, exploiting the

Lallana, V. (2015): "Estudio mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cantabria. Aproximación al caso del valle de polaciones durante el periodo 1953-2010", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 119-152. ISSN: 1578-5157

potential offered by GIS to analyse patterns of change in a given spatial framework, has been raised a study in the evolution and changes in the vegetation for three specific moments which have been analysed (1953 -1986-2010) in an area covering around Polaciones valley (Cantabria). This is a diachronic study based on aerial imagery and grounded on an analysis of the coverage and land uses in the territory with different hierarchical levels of disaggregation, which allows both statistical analysis and their mapping through Geographic Information Systems.

Keywords: Multitemporal analysis, land cover, land uses, aerial photography, diachronic analysis, exchange surfaces.

1. Introducción:

El paisaje constituye un polisistema resultado de la confluencia de lo social y lo ecológico, es decir, de los procesos naturales y la actividad humana. Aunque nos encontremos en espacios poco transformados, la acción del hombre puede resultar determinante en la configuración final de los paisajes actuales. Este es el caso de muchos espacios naturales, en particular aquellos situados en ámbitos de montaña, como el que nos concierne en este artículo, el valle de Polaciones, ubicado en las denominadas Montañas Cantábricas Centrales.

Actualmente, los espacios de montaña están cambiando y la presión que venían tradicionalmente soportando ha ido modificándose, especialmente a partir de la segunda mitad del siglo XX. El paso del tiempo ha generado un progresivo cese o reducción de las prácticas de aprovechamiento del medio natural que han jugado durante siglos un papel protagonista en la ordenación del espacio y en la configuración del paisaje y el territorio, tendiendo hacia una redefinición de la dinámica natural que no implica necesariamente la vuelta a la situación previa original, sino la aparición de una nueva realidad territorial y paisajística apoyada en el pasado inmediato.

El estudio que aquí se presenta tiene como objetivo principal analizar, cuantificar, cualificar y determinar qué cambios en la cobertura y usos de suelo se han producido y han ido afectando al paisaje vegetal de la zona de estudio a partir de la segunda mitad del siglo XX, obteniéndose una imagen pasada, así como una representación, de la evolución y estado actual de la estructura y composición vegetal del área de análisis.

Todo ello se plantea, a partir de un estudio diacrónico mediante fotografía aérea y apoyado en los Sistemas de Información Geográfica, en un intervalo temporal de 57 años, desde 1953 y hasta 2010, del cual se posee información geográfica precisa sobre el área de trabajo en tres momentos concretos (1953-1983 y 2010). Se trata de un periodo de análisis, en líneas generales, caracterizado por el cambio de una economía tradicional y muy centrada en el sector primario a una sociedad cada vez más terciarizada. A ello habría que unir una pérdida poblacional fruto del éxodo rural y un envejecimiento progresivo. Esta realidad territorial está viendo como el progresivo abandono de las actividades, especialmente la ganadería, está dando paso a una "actividad" natural, dominada por los procesos de avance sucesional dentro del ciclo vegetal, que culmina con la recolonización vegetal de antiguas zonas ganadas por el hombre para el desarrollo de sus actividades.

Lallana, V. (2015): "Estudio mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cantabria. Aproximación al caso del valle de polaciones durante el periodo 1953-2010", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 119-152. ISSN: 1578-5157

Cabe mencionar que los conceptos de uso de suelo (*land use*) y el de cobertura del suelo (*land cover*) manejados en este estudio son términos que van unidos pero no son iguales ya que el conocimiento de la cobertura del suelo (LC) no define necesariamente el uso de suelo (LU) (Lambin y Geist, 2001). Así LC se ha definido como "la (bio)cubierta física observada en la superficie del territorio" (Di Gregorio y Jansen, 2000), mientras LU, se refiere al modo de explotación de estos activos biofísicos (Cihlar y Jansen, 2001). Sin embargo, para referirnos con mayor facilidad en las descripciones, se utilizarán de un modo conjunto como cambios en la cobertura/usos de suelo (LCLU) o simplemente coberturas.

2. Estado de la cuestión.

La distribución espacial y temporal de los cambios de cubierta y usos de suelo en el paisaje, así como sus causas e implicaciones, han sido ampliamente estudiados en todo el mundo (Reid et al., 2000; Achard et al., 2006; Seabrook et al., 2007; Townsend et al. 2009; Pellerosso et al., 2009). Diversos trabajos, a distintas escalas temporales y espaciales, se han centrado en los factores tanto ambientales como humanos desencadenantes de los cambios, concluyendo la enorme incidencia que el hombre tiene en estos procesos de cambio (Serneels y Lambin, 2001; Sluiter y de Jong, 2007). Otra parte importante de los estudios se centra en la localización y cuantificación de los cambios de uso/cobertura de suelo, comprobando como la topografía, los suelos, la accesibilidad, la situación y evolución socioeconómica entre otras variables, condicionan a escala local estos cambios (Mertens y Lambin, 1997; Pan et al., 1999; Rogan et al., 2003; Crews-Meyer, 2004), modificando de un modo importante las condiciones ambientales y paisajísticas a través de la aparición de nuevos fenómenos de cambio como los procesos de revegetación.

Las metodologías empleadas a lo largo del tiempo han ido variando. La metodología clásica y en la cual se encaja esta investigación parte de la información recogida en mapas elaborados a partir de fotointerpretación (Gerard et al. 2010), imponiéndose en las últimas décadas la utilización de imágenes de satélite diacrónicas (Vicente-Serrano et al, 2005; Hayes et al., 2008). La fotografía aérea supone aún hoy en día una fuente recurrente y de gran utilidad para los estudios de evolución del paisaje y los LCLU que, a su vez, se ha visto potenciada recientemente si cabe aún más, por los grandes y rápidos avances tecnológicos e informáticos que se vienen produciendo en las últimas décadas gracias a los Sistemas de Información Geográfica. Esta fotografía aérea, como fotografía que se realiza en vertical sobre un ámbito o fragmento de territorio, lejos de mostrar una realidad territorial interpretada y simplificada, nos muestra de la forma más objetiva posible todos y cada uno de los componentes del paisaje, sus cualidades y sus interrelaciones particulares (Fernández 2000).

En este sentido, cabe destacar numerosos estudios de ámbito internacional (Dunn et al., 1990; Green et al., 1994; Simpson et al., 1994; Ihse, 1995; Zheng et al., 1997; Kadmon et al., 1999; Gautam et al., 2003; Tasser et al., 2007; Gerard et al. 2010; Morgan et al., 2010) que recurren a la percepción remota y en los que se cuenta con series de fotografías aéreas y satelitales para hacer un análisis objetivo de los procesos de cambio en el territorio.

Lallana, V. (2015): "Estudio mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cantabria. Aproximación al caso del valle de polaciones durante el periodo 1953-2010", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 119-152. ISSN: 1578-5157

Dentro del ámbito nacional, los estudios sobre los LCLU han proliferado desde los años 60, centrados en mayor medida en los ámbitos montañosos debido a las profundas transformaciones socioeconómicas y territoriales que han sufrido estos espacios, así como la importancia ambiental y paisajística que suponen. Resultan destacables las obras de (Ubalde et al. 1999; Vicente-Serrano et al., 2000, 2004; Vega, 2003; Panareda, 2004; I Fargas, 2004; I Linde, 2006; Bielsa et al. 2005; Lasanta et al. 2005, 2007; Vila Subirós et al. 2009) que desarrollan su trabajo en torno a las montañas del Pirineo, Prepirineo y sierras costero catalanas. Otros ámbitos destacados de análisis han sido, por ejemplo, el Sistema Ibérico (Lasanta et al. 2001; Arnáez et al., 2008; Vadillo et al., 2008; Flaño et al., 2010); la cuenca del Duero y el Tajo (Morán-Tejeda, 2012; Plieninger, 2006) o las sierras y costas levantinas (Martínez Pérez et al., 2000; Llopis, 2005; Buades, 2011).

3. Material y método

3.1. Descripción del área de estudio.

El valle de Polaciones es una cuenca intramontana situada en el curso alto del río Nansa, en el extremo suroriental de Cantabria ([Figura 1](#)). Cuenta con una superficie en torno a los 90 km² y supone uno de los espacios más rústicos y aislados de Cantabria, conservando aún en gran medida la descripción que de él se hizo en el Diccionario de Madoz, como una "tierra rodeada de elevadas montañas, con densos bosques vírgenes y tierras de labor en los declives y llanuras...", con dos grandes sierras que lo enmarcan, Peña Labra y el Cordel por el Sur y Peña Sagra por el Norte, en el conjunto de las Montañas Cantábricas Centrales ([Figura 2](#)).

Este espacio de montaña cuenta con dos ámbitos muy contrastados desde el punto de vista de su recubrimiento vegetal. El más amplio corresponde con las características de una montaña media que posibilita un gran desarrollo de formaciones forestales. Un segundo ámbito, de carácter periglaciario, con un clima más extremo, abarca las partes altas de las vertientes en las principales alineaciones montañosas que contornean la cuenca. Las especies arbóreas dominantes en el bosque son principalmente *Fagus sylvatica*, que domina prácticamente el dosel arbóreo desde la baja vertiente hasta el límite forestal, franjas estrechas de *Betula alba* en las partes culminantes, aprovechando su adaptación a las condiciones ambientales de mayor rigurosidad, así como *Quercus petraea* y *Quercus pyrenaica*, que a menudo crean formaciones mixtas con *Fagus sylvatica* o pequeños bosquetes en las vertientes con orientaciones soleadas.

Los principales caracteres socioeconómicos del valle han estado históricamente ligados a la actividad ganadera, la cual ha jugado un papel determinante en la configuración territorial mediante la transformación de áreas de bosque en pasto para el ganado, evolucionando de la mano de los propios cambios de las técnicas y formas de manejo de dicha actividad, así como de la intensidad de la misma.

Lallana, V. (2015): "Estudio mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cantabria. Aproximación al caso del valle de polaciones durante el periodo 1953-2010", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 119-152. ISSN: 1578-5157

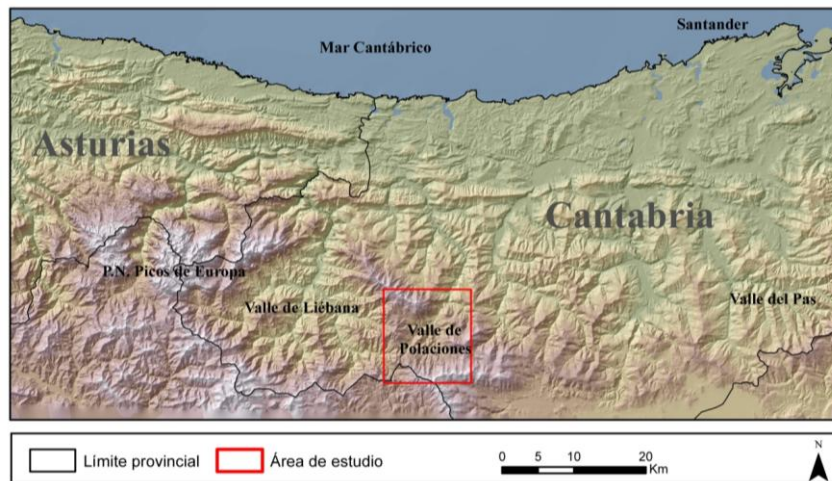


Figura 1. Localización del área de estudio dentro del ámbito cantábrico.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IGN.

Lallana, V. (2015): "Estudio mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cantabria. Aproximación al caso del valle de polaciones durante el periodo 1953-2010", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 119-152. ISSN: 1578-5157

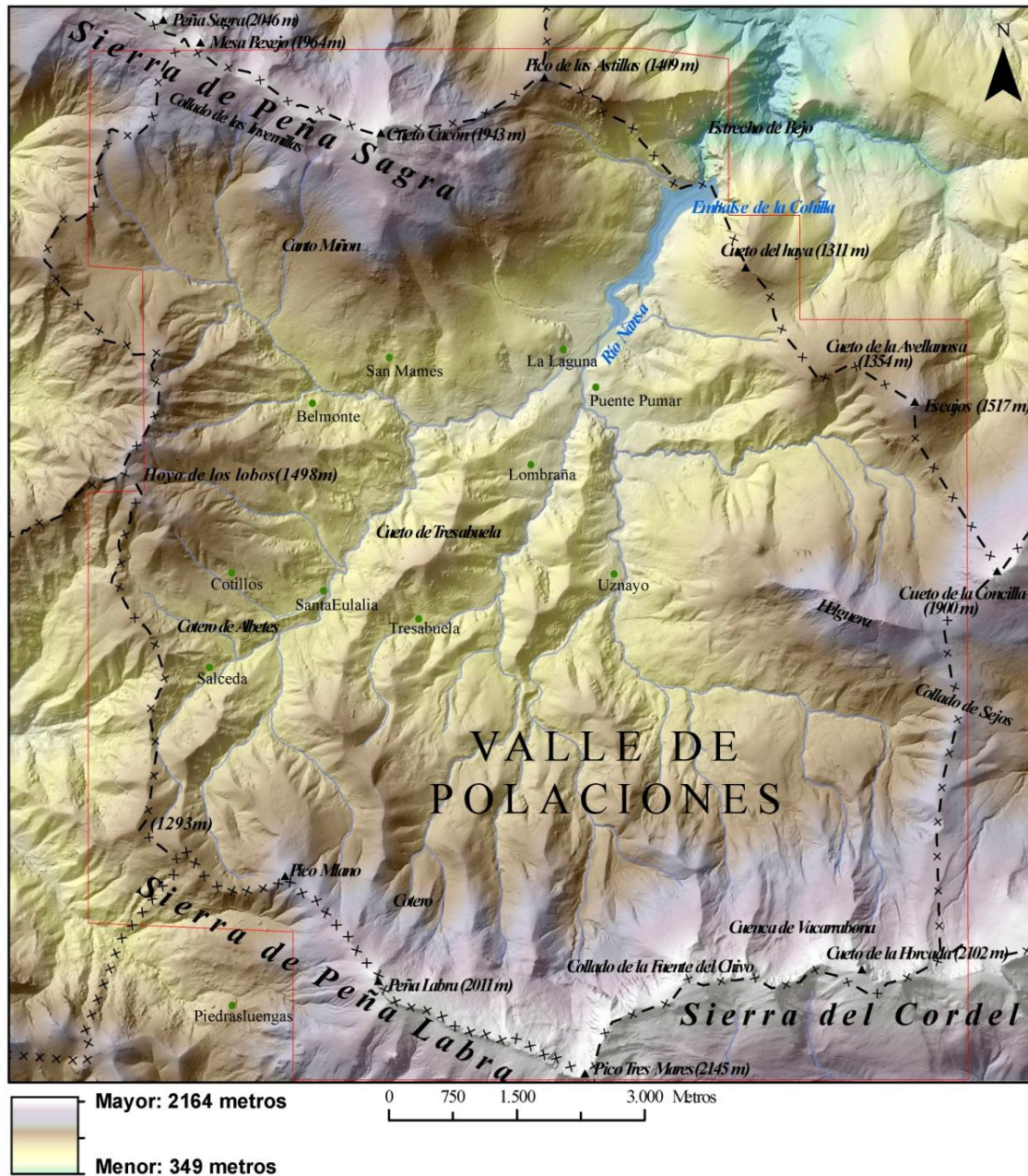


Figura 2. Principales rasgos del área de estudio.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Centro de Descargas del IGN, Modelo Digital de Elevaciones Lidar con paso de malla de 5 m.

Lallana, V. (2015): "Estudio mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cantabria. Aproximación al caso del valle de polaciones durante el periodo 1953-2010", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 119-152. ISSN: 1578-5157

3.2. Material.

Los datos de los que se ha dispuesto para lograr tales objetivos proceden de diferentes organismos públicos, tratándose principalmente de fotografías aéreas, así como recursos cartográficos que han ayudado a cumplimentar la información territorial analizada.

- Vuelo fotogramétrico del Catastro de la Riqueza Rústica de la Comunidad Autónoma de Cantabria de año 1953: Vuelo fotogramétrico de la Comunidad Autónoma de Cantabria correspondiente al año 1953. No se conoce la fecha exacta, ni la escala de vuelo ya que no se ha heredado ninguna documentación, siendo esta de aproximadamente 1:15000.
- Vuelo fotogramétrico del Gobierno de Cantabria, perteneciente al año 1983: Se dispone de 46 imágenes a escala 1:8.000 no georreferenciadas.
- Ortofotografías de los vuelos PNOA 2010 (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea) procedentes del Instituto Geográfico Nacional, con tamaño de pixel de 0.22 metros (8 bits) en formato TIFF, con los correspondientes ficheros de georreferenciación en formato TFW y en formato ECW georreferenciado. Escala 1:5000 y sistema de referencia geodésico ETRS89. Proyección UTM en el huso 30. Ficheros con cuatro bandas RGB y NIR (rojo, verde, azul e infrarrojo cercano).
- Mapas de cultivos y aprovechamientos. Se ha dispuesto del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de España a escala 1:50.000 del año 1987, generado sobre la base de fotografía aérea de 1983. Fue elaborado por el antiguo Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (MAPA), y se trata de cartografía a nivel nacional sobre los usos y aprovechamientos del suelo. También se ha contado con el Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de España a escala 1:50.000 de los años 2000-2010, generado por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM), siendo la actualización de la anterior versión del Mapa de Cultivos y Aprovechamiento (MCA) de los años 1980-1990. Esta cartografía se ha empleado para corregir y contrastar la información fotointerpretada y digitalizada.
- Inventarios Forestales. También fue posible disponer de la información de los diferentes inventarios forestales existentes, un proyecto realizado con carácter decenal que revisa la situación de los terrenos forestales a nivel nacional. Fueron empleados al igual que en el caso anterior para la revisión y contraste de las superficies fotointerpretadas y digitalizadas, tanto en torno al año 1964-1974(1^{er} IFN), el año 1986-1996 (2^o IFN), así como de 1997-2007(3^{er} IFN).
- Trabajo de campo. La realización de inventarios de vegetación, así como la identificación de tipos de vegetación sobre el terreno, han sido herramientas útiles para la definición de algunos tipos de coberturas cartografiadas.

3.4. Metodología de estudio

El hecho de poder disponer de un conjunto de archivos históricos de fotografía aérea que abarcan el conjunto del área de estudio, supone disponer de información privilegiada acerca de cuál era el estado exacto en el que se encontraba el paisaje y el territorio en un momento histórico determinado. Sin embargo, para poder realizar los cálculos, interpretaciones y análisis que nos lleven a la obtención de unos resultados ha sido necesaria la realización de una serie de procedimientos previos que se detallan a continuación. Todo ello ha sido planteado mediante el empleo de herramientas aplicadas SIG, basadas tanto en la georreferenciación, fotointerpretación y digitalización de la información como en herramientas de análisis espacial para la clasificación y jerarquización de LCLU.

3.4.1. Tratamiento de la información. Proceso de georreferenciación, elaboración de mosaico y corrección y ajuste de la georreferenciación.

La minimización de errores geométricos, debidos a la proyección cónica de las fotografías, se trató mediante el recorte de las imágenes empleando Adobe Photoshop CS6, aplicando a cada una de las imágenes, un recorte de aproximadamente el 20% por cada uno de los extremos. En el caso de zonas montañosas éste fue menor para no perder el solape entre fotogramas contiguos al ser referenciados, debido a las variaciones que introduce la altitud.

Una vez resuelto este problema, las imágenes pueden servir para el propósito de estudio; no obstante, cabe remarcar que siguen teniendo cierta deformación que será corregida en los procesos posteriores. El proceso siguiente consistió en una minuciosa georreferenciación, de las imágenes tanto de 1953 como de 1983, empleando el software ArcGIS 10.1 sobre las ortofotografías de 2010, ([Figura 3](#)). Sobre este proceso, el Instituto Geográfico Nacional (IGN) ha puesto recientemente en su web a disposición de los usuarios una gran cantidad de material relativo a fotografía aérea histórica referenciada, pudiendo omitirse este paso.

En el proceso de georreferenciación de los fotogramas de 1953 y 1986 se tomaron al menos 50 puntos de control para cada uno de los fotogramas. En el momento de seleccionar los puntos de control se ha intentado que estuvieran distribuidos uniformemente sobre todo el ámbito o superficie de la imagen y que coincidieran con objetos geográficos no susceptibles de experimentar cambios en el tiempo.

Para la corrección geométrica de cada una de las imágenes, se ha aplicado un ajuste mediante función spline, un método de deformación elástica optimizado para la exactitud local y muy adecuado si encontramos zonas de relieves acusados. Este ajuste devuelve una medida de Error Cuadrático Medio (RMS) muy cercano a 0, ya que transforma los puntos de control de origen exactamente en puntos de control de destino, siendo este ajuste muy útil si se necesitan registros de gran precisión, y siempre que se tenga la certeza de que los puntos dados son correctos. A su vez, se les asignó el sistema de referencia geodésico ETRS89 y la proyección UTM en el huso 30.

Lallana, V. (2015): "Estudio mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cantabria. Aproximación al caso del valle de polaciones durante el periodo 1953-2010", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 119-152. ISSN: 1578-5157

Una vez finalizado el proceso de corrección geométrica, los fotogramas correspondientes a los años 1953 y 1986 han podido ser unidos en un mosaico, obteniéndose dos imágenes georreferenciadas con un tamaño de pixel de 0,68 metros en el caso del mosaico de 1953 y de 1.66 metros en el caso de 1986.

Los mosaicos georreferenciados fueron comprobados geoméricamente para analizar la precisión de la georreferenciación, realizando un muestreo aleatorio de 20 puntos test sobre cada uno de ellos y aplicando una transformación polinómica de primer orden. El RMS mínimo que hemos admitido como válido debía ser inferior al tamaño de pixel de cada una de las imágenes, siendo los resultados finales en ambos casos bastante precisos ([APÉNDICE 1](#)).

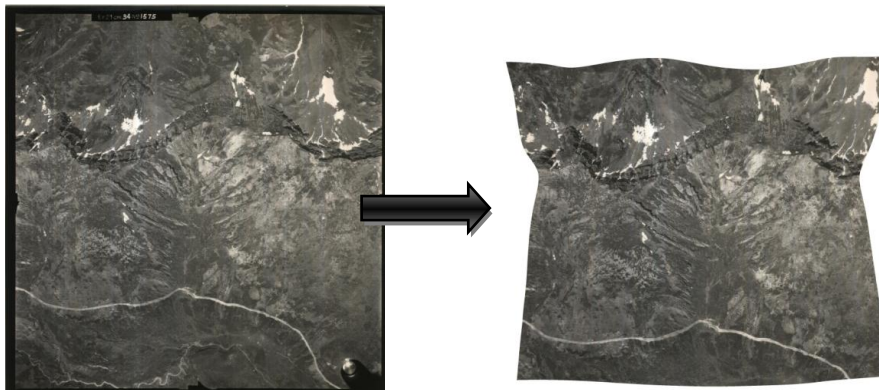


Figura 3. Izquierda: fotograma original perteneciente al vuelo de 1953 escaneado. Derecha: misma imagen recortada, georreferenciada y ajustada a la ortofotografía del PNOA 2010.

3.4.2. Fotointerpretación y digitalización de la información.

Teniendo a disposición los tres momentos históricos del área de estudio (1953-1983-2010), el proceso de trabajo se ha basado en el desarrollo de una base de datos espacial y en la digitalización en formato vectorial de las coberturas o teselas de las LCLU de los años 1953-1983-2010, apoyado en un proceso de fotointerpretación, consulta bibliográfica y cartográfica, así como trabajo de campo. Se partió de la ortofotografía actual, comprobable en campo, para posteriormente ir retrotrayéndonos hacia una realidad ya no comprobable en campo, pero sí en parte corregible a partir de la cartografía ya elaborada.

Los tres mapas fueron digitalizados sobre una base común, minimizando los desplazamientos relativos de polígonos y los problemas de desajuste que pudieran ocasionar errores derivados del proceso de georreferenciación. Fue tomada como base la tesela generada a partir de la imagen ortorrectificada del PNOA 2010. Previamente se determinaron una serie de categorías a representar siguiendo criterios paisajísticos de estructura visual de la cobertura (Serrano, 2000). El resultado tras esta fase de fotointerpretación, trabajo de campo y digitalización fue la obtención de una base de datos y una cartografía vectorial en la que se recogen las principales LCLU de los tres periodos a analizar (1953, 1983, 2010).

Lallana, V. (2015): "Estudio mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cantabria. Aproximación al caso del valle de polaciones durante el periodo 1953-2010", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 119-152. ISSN: 1578-5157

3.4.3. Jerarquización y clasificación de elementos cartográficos.

Uno de los pasos clave para la elaboración de este tipo de cartografía comparativa reside en la buena estructura y elaboración de su base de datos, la cual debe permitir una rápida y fácil consulta de los datos que queramos obtener.

Por ello, se optó por tomar como modelo la jerarquización y categorización por niveles de información, de menor a mayor escala de detalle, quedando la base de datos final estructurada en dos niveles (Nivel 1 y Nivel 2), para cada cobertura *shapefile* elaborada (1953-1983-2010). El esquema seguido en la clasificación de las principales categorías cartografiadas de LCLU se puede observar en la [Tabla 1](#).

Tabla 1. Jerarquización y clasificación de las principales tipologías cartografiadas de LCLU.

Niveles jerárquicos					
	Tipo de cobertura		Tipo de cobertura / uso de la tierra		
			1953	1983	2010
NIVEL 1	Herbácea	NIVEL 2	Prados	Prados	Prados
			Pastos naturales	Pastos naturales	Pastos naturales
			Cultivos	-----	-----
	Arbustiva		Matorral claro	Matorral claro	Matorral claro
			Matorral denso	Matorral denso	Matorral denso
	Arbórea		Bosque claro	Bosque claro	Bosque claro
			Bosque denso	Bosque denso	Bosque denso
			Bosque cerrado	Bosque cerrado	Bosque cerrado
	Urbano		Urbano	Urbano	Urbano
	Roquedo con escasa vegetación		Roquedo con escasa vegetación	Roquedo con escasa vegetación	Roquedo con escasa vegetación
Láminas de agua	Láminas de agua	Láminas de agua	Láminas de agua		

Fuente. Elaboración propia a partir de la jerarquización y organización de la cartografía elaborada.

La representación y jerarquización de las diferentes formaciones, así como la escala de detalle a la que ha sido posible el análisis, se ha hecho considerando las limitaciones que supone trabajar con imágenes históricas, como es el caso de la imagen de 1953, tomadas con medios

Lallana, V. (2015): "Estudio mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cantabria. Aproximación al caso del valle de polaciones durante el periodo 1953-2010", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 119-152. ISSN: 1578-5157

técnicos más limitados que los actuales, con menor nivel de detalle. Por todo ello, la clasificación de mayor detalle ha sido llevada a cabo bajo un criterio de densidad y no de especie ante la dificultad de diferenciar las diversas tipologías LCLU existentes en las imágenes pretéritas. En el Nivel 1 se contempla una división básica de la cobertura del suelo en seis grandes categorías: *cobertura herbácea, cobertura arbustiva, cobertura arbórea, urbano, roquedo con escasa vegetación y láminas de agua*. Por su parte, la clasificación definida como Nivel 2 aborda principalmente aspectos relativos a la densidad y uso de las coberturas observables en las imágenes georreferenciadas. De este modo se estableció una división en once categorías: *Prados, pastos natural, cultivos, matorral claro (> 50% de densidad), matorral denso (<50% de densidad), bosque claro (20-50%), bosque denso (entre el 50 y el 75%) y bosque cerrado (<75%)*.

3.4.4. Fase de intersección y análisis comparativo.

Una vez elaborada la cartografía vectorial, se aplicaron mediante el gestor de geoprocetos de ArcGIS 10 los operadores necesarios para la obtención de superficies de cambio entre los diferentes periodos cartografiados. El geoproceto utilizado fue *Intersect*, conceptualizado como proceso de análisis espacial dentro de la tipología de solape. Mediante el mismo, operamos con dos capas, la capa de entrada y la capa de solape. Para cada geometría de la capa de entrada se calcula la intersección con las diferentes geometrías de la capa de solape, originándose un nuevo elemento por cada intersección. Este elemento adquiere los atributos alfanuméricos de las geometrías que lo originaron (de entrada y solape). Con ello, podemos observar el LCLU de un polígono en dos o tres estadios temporales diferentes, obteniendo los cruces o intersecciones de información siguientes: (1953 - 1983), (1983 - 2010) y (1953 - 2010), pudiendo realizarse sobre ellos, a su vez, cálculos y análisis estadísticos.

Una de las tareas en las que se encontró cierta dificultad fue a la hora de representar la salida cartográfica correspondiente al cruce de las coberturas *shapefile* de cada una de las formaciones. Se optó por elaborar un modelo de representación que expresara la evolución y cambio del territorio, recurriendo a una única salida cartográfica que recoge, tanto el periodo 1953-1983 como el 1983-2010, de modo que la evolución, así como los cambios acontecidos sobre el territorio, quedan plasmados en un único mapa.

Otro de los aspectos necesarios a destacar respecto al método empleado de fotointerpretación y digitalización es que este tiene asumido un cierto grado de incertidumbre en las interpretaciones, derivado de la subjetividad e interpretación propia de la persona que la elabora, limitando en cierto modo la fiabilidad y precisión de los resultados obtenidos.

4. Resultados.

La obtención de resultados constituye el último paso dentro del proceso análisis. La interpretación y representación de los mismos puede hacerse desde una doble vertiente, cuantitativa y cualitativa, las cuales resultan complementarias. Así, los resultados pueden reflejarse bien

Lallana, V. (2015): "Estudio mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cantabria. Aproximación al caso del valle de polaciones durante el periodo 1953-2010", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 119-152. ISSN: 1578-5157

gráficamente, mediante la representación de la superficie en hectáreas, ocupada por cada LCLU en los diferentes momentos, es decir, el cuánto han cambiado, o bien mediante su representación cartográfica dinámica que nos muestre el cuándo, cómo y dónde se están produciendo los diferentes cambios en la estructura de las LCLU del área estudiada.

4.1. Análisis y cuantificación general de cambios en las LCLU.

Los primeros resultados cartográficos obtenidos, tras realizar los geoprocursos de intersección de las diferentes coberturas ([Figura 5](#)), muestran de un modo general las áreas que han sufrido algún tipo de transformación en sus LCLU a lo largo del periodo comprendido entre 1953 y 2010. Estas áreas suponen el 22,72% del territorio analizado, cifra cercana a las 2150 ha, sobre las casi 11200 ha con que cuenta el área estudiada. Su distribución temporal resulta más destacada en el periodo 1953-1983, donde se produce el 15,56% de los cambios, frente al 7,16% del periodo 1983-2010, quedando localizados mayoritariamente en los sectores más deprimidos del valle así como en las vertientes bajas, próximas a los núcleos de población y sobre los terrenos topográficamente más favorables, dando lugar a grandes superficies de cambio.

Por otro lado, y centrándonos en los resultados derivados de la clasificación realizada sobre las formaciones en su primer nivel, podemos observar diferentes aspectos que destacamos a continuación ([Figura 4](#)).

La pérdida de extensión más acusada, corresponde a las coberturas herbáceas. Esta unidad ha sido definida incluyendo los usos de cultivo, prados de siega y pastos naturales, siendo achacable principalmente este retroceso, aunque no de manera única, al progresivo abandono de los campos de cultivo y prados de siega dedicados a actividades agrícolas, fenómeno común en muchas zonas de montaña en los últimos decenios. Se trata de la unidad con menor extensión (si mantenemos al margen las coberturas "urbano", "láminas de agua" y "roquedo con escasa vegetación", por no considerarlas representativas dentro del análisis), representando en el año 1953 una extensión total sobre el territorio del 23,67% (2647 ha). Ya en el año 1983, su pérdida se hace más que notable, reduciéndose su extensión en 803 ha, y su representatividad sobre el territorio pasa a ser del 16,49% (1844 ha). Por último, en el periodo 1986-2010, la tendencia decreciente se mantiene aunque las pérdidas se atenúan ligeramente, siendo estas de 290 ha. La representatividad total sobre el territorio pasa a ser del 13,15% (1554 ha). En definitiva, las coberturas herbáceas pierden algo más de 10% del total del territorio entre el periodo 1953-2010 y supone dentro del propio tipo de cobertura, una reducción de superficie del 42,3% (1093 ha) en los últimos 60 años.

También encontramos LCLU que parecen presentar un comportamiento en cierto modo estable, siendo interesante resaltar que podemos distinguir dos patrones de comportamiento. Por un lado están las coberturas o unidades vinculadas a un hábitat concreto, como es el caso del ambiente que ocupa el roquedo con vegetación rupícola, que presenta por lo general gran estabilidad con variaciones inapreciables en periodos de tiempo de estas dimensiones, por lo que su representación en los tres estadios temporales analizados no presenta diferencias, ocupando una superficie total del 2,3% (262 ha), denominada "roquedo con escasa vegetación". En segundo lugar encontraríamos las

Lallana, V. (2015): "Estudio mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cantabria. Aproximación al caso del valle de polaciones durante el periodo 1953-2010", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 119-152. ISSN: 1578-5157

LCLU arbustivas o de matorral, que en los tres periodos de tiempo analizados no suponen variaciones muy destacables en la representatividad global de esta unidad dentro del ámbito analizado. De este modo, en 1953 supone una superficie dentro del total del territorio del 42,6% (4783 ha) y en 2010 únicamente ha supuesto una variación de superficie total del 1,47% (180 ha), representando el 41,17% (4603 ha). Sin embargo, la aparente estabilidad de los matorrales responde a un patrón diferente. Hay que considerar que la mayoría de los matorrales se sitúan en una posición central en la sucesión, siendo el estadio resultante de la evolución sobre las superficies herbáceas, pero también de la regresión fruto del aumento de la superficie de bosque, como podremos ver más adelante. Por tanto, se da la paradoja de que, aun siendo una unidad dinámica, aparenta tener un comportamiento estable a consecuencia de que las ganancias y las pérdidas de superficie se equilibran globalmente.

Por último, encontramos las LCLU arbóreas, cuyo desarrollo, como puede observarse en el gráfico, sufre una evolución inversa a la ocurrida en las coberturas herbáceas, con ganancias progresivas en los tres periodos analizados. Estas formaciones, en 1953, suponían una extensión del 31% (3466 ha). Ya en 1983, alcanza una representatividad del 38,7% (4328 ha), y para el periodo 1983-2010 pasa a ser la unidad dominante sobre el territorio, aunque con un crecimiento algo atenuado, siendo su representatividad total del 42,4% (4738 ha). En resumen, el aumento global de la superficie de bosque en todo el periodo analizado supone un incremento del 11,37% sobre el total del territorio y un aumento del 26,84% (1272 ha) dentro de la propia cobertura.

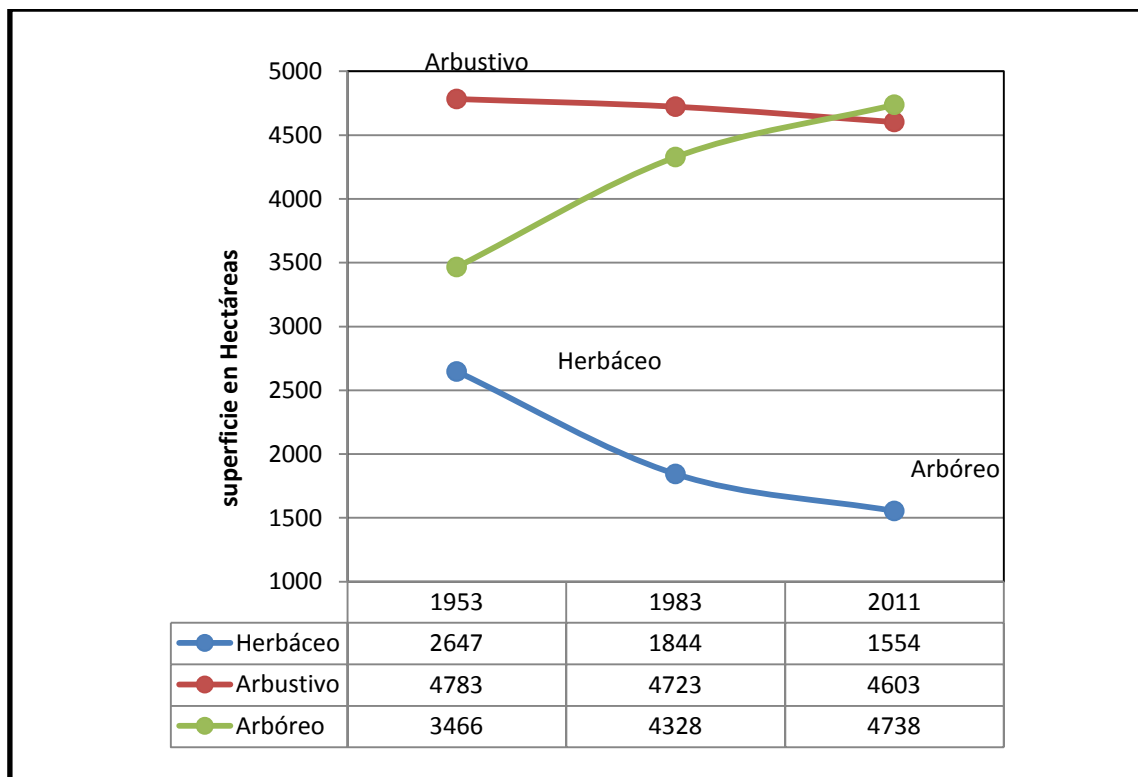


Figura 4. Evolución general de las formaciones vegetales. NIVEL 1

Fuente. Elaboración propia.

Lallana, V. (2015): "Estudio mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cantabria. Aproximación al caso del valle de polaciones durante el periodo 1953-2010", GeoFocus (Artículos), nº 16, p. 119-152. ISSN: 1578-5157

Lallana, V. (2015): "Estudio mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cantabria. Aproximación al caso del valle de polaciones durante el periodo 1953-2010", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 119-152. ISSN: 1578-5157

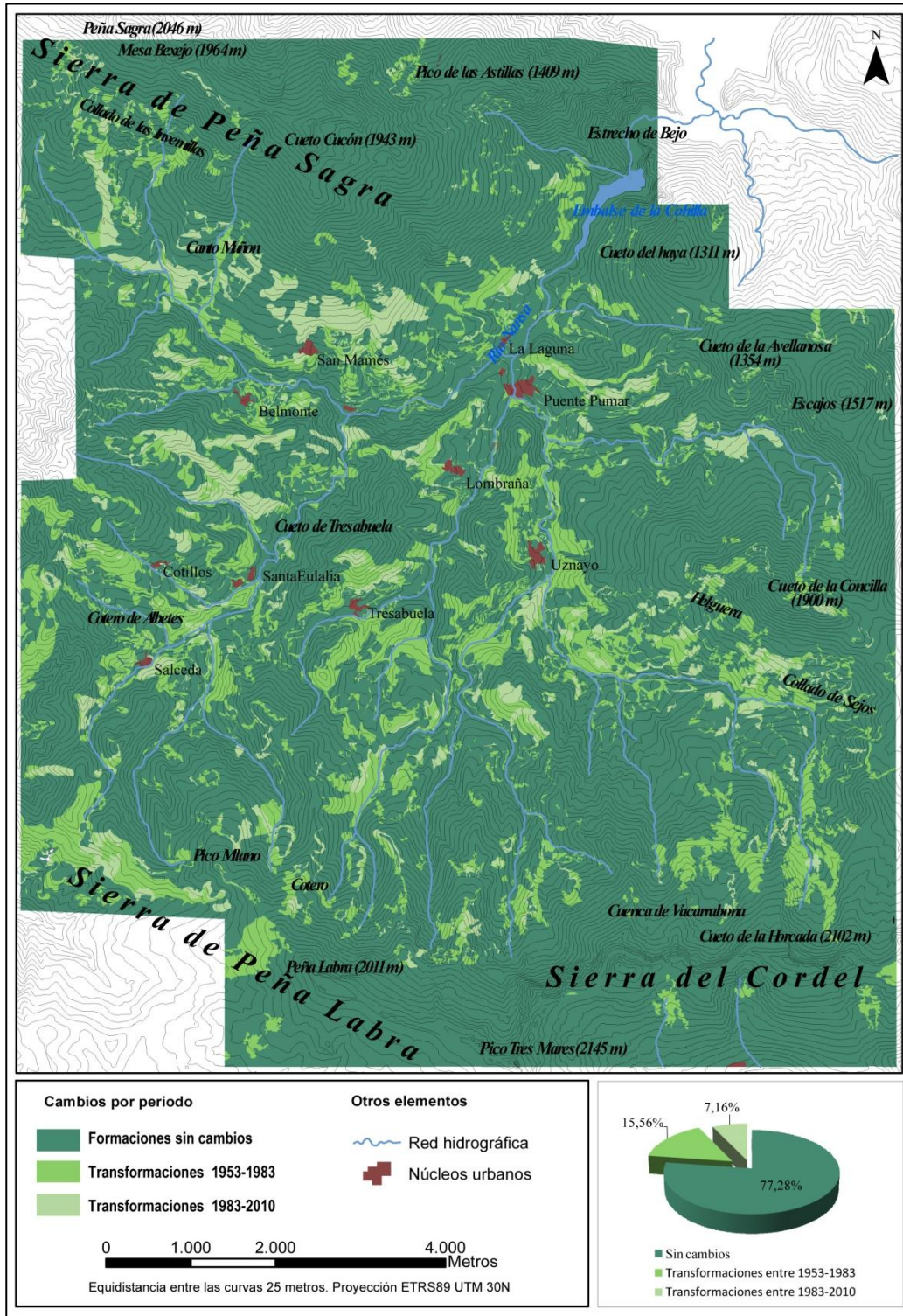


Figura 5 . Áreas transformadas frente a áreas sin transformar

Fuente. Elaboración propia a partir de datos IGN.

Una vez planteada la evolución general de la superficie de las LCLU cartografiadas, desde el nivel de desagregación más básico, que hemos definido como "NIVEL 1", podemos realizar una desagregación algo más profunda que nos muestre de un modo más concreto la evolución y tendencia de estas coberturas sobre este territorio. Para ello, la descripción se basa en un segundo nivel de clasificación, denominado "NIVEL 2".

4.2. Análisis pormenorizado de los procesos de cambio sobre las LCLU.

Este segundo análisis, se va a llevar a cabo siguiendo la misma línea, mediante gráficos de curvas de tendencia, abordando la realidad de las coberturas, herbáceas, arbustivas y arbóreas, a nivel interespecífico (Nivel 2). Cabe destacar que, fruto de la complejidad en la leyenda, la representación cartográfica de los cambios únicamente queda representada a nivel 1, siendo los cambios de nivel 2 representados en las matrices de cambio correspondientes a cada periodo, 1953-1983 y 1983-2010 (véase [tabla 2](#)).

La evolución de las superficies ocupadas por coberturas de suelo herbáceas ([Figura 6](#)), dividida en los usos de suelo (cultivo, prados, y pastos naturales), han de analizarse estableciendo una relación directa con los procesos de despoblamiento rural y el abandono de la actividad agrícola en las últimas décadas producido en toda la Península Ibérica. A partir de los datos disponibles, se observa una mayor reducción de superficie en el periodo entre 1953 y 1983, afectando de un modo significativo a los tres tipos de usos de suelo cartografiados.

La reducción más acusada la encontramos en el caso de las superficies dedicadas a cultivos. Se localizaban en el año 1953 principalmente en las zonas aledañas a prados cercanos a los núcleos de población, destacando el pequeño cultivo de subsistencia dedicado principalmente a patata y algún cereal resistente a las condiciones climáticas del área, como pudiera ser el centeno. Estos, a medida que se produjo el éxodo rural y el abandono de actividades tradicionales, fueron desapareciendo o han pasado a formar parte de las superficies dedicadas a prados, manteniéndose si acaso pequeños huertos en torno a los hogares. Así, las 80 hectáreas presentes en el año 1953 habían desaparecido por completo ya en 1983.

Las superficies de prado dedicados a siega han venido ocupando las zonas más deprimidas del valle, sobre suelos fértiles, topografías favorables y en su mayoría orientaciones muy soleadas de rica producción de forraje. En el año 1953, estas superficies cubrían una extensión de 1777 hectáreas, lo que suponía un 15,9% del total del territorio. Esta cifra, ya hacia el año 1983 se había reducido en 500 hectáreas, y la extensión de prados para esa fecha supone únicamente el 11,4% de la extensión total del territorio. Finalmente, ya para el año 2010, la reducción de superficie sigue siendo notable, aunque de un modo más atenuado, quedando la extensión total de prados en 1033 hectáreas, un 9,2% de la superficie de estudio. Los procesos de cambio más destacados han sido la matorralización de las fincas en las que se ha abandonado su gestión, a menudo coincidentes con los prados más alejados de los pueblos, así como aquellos ubicados en topografías o espacios menos favorables, sobre sectores con pendientes acusadas superiores al 25%, o bien en aquellos puntos,

Lallana, V. (2015): "Estudio mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cantabria. Aproximación al caso del valle de polaciones durante el periodo 1953-2010", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 119-152. ISSN: 1578-5157

cuya orientación no favorece tanto la producción de forraje para el ganado (N, NE, NO). Por otro lado, la transformación de estos espacios en coberturas arboladas (arborización), supone un peso mucho menor sobre la superficie transformada, apenas 100 ha. En su mayor parte constituyen actualmente coberturas densas, compuestas por especies como el avellano o el majuelo, que se mezclan en las vertientes medias y bajas con frondosas como el haya o el roble melojo, que van recolonizando los bordes y densificándose sobre prados a modo de hileras.

Por último, en el caso de los pastos naturales, la reducción de su superficie se asocia directamente al descenso de la presión ganadera sobre estos espacios y principal motor del mantenimiento de los mismos, permitiendo la entrada de elementos florísticos que recuperan su espacio a través de la sucesión vegetal. Al igual que ha ocurrido en los casos anteriores, el descenso más acusado se produce en el periodo 1953-1983, con una reducción de 224 hectáreas, mientras que el periodo entre 1983-2010 se tiende a una cierta estabilización con una reducción tan solo de 45 hectáreas. Estas zonas de pastos, situadas en las áreas elevadas próximas a los puertos, ven mermada su extensión, fruto principalmente de la matorralización, siendo esta más acusada en los bordes o ecotonos con otras formaciones. Por su parte, siguen manteniéndose en las zonas de llanas de acumulación de material en vertientes altas, que constituyen aun actualmente, amplios ámbitos para el ganado con frescos pastos.

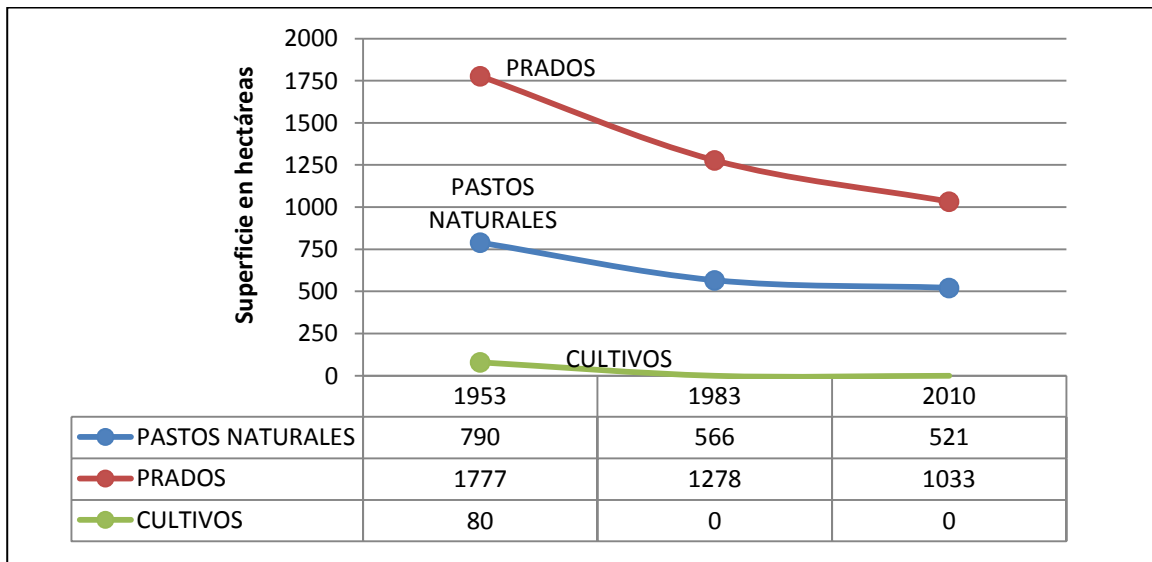


Figura 6. Evolución superficial de las formaciones herbáceas. NIVEL 2

Fuente. Elaboración propia.

La caracterización de las superficies ocupadas por LULC arbustivas (Figura 7) resulta algo confusa si lo referimos únicamente a su extensión superficial, como ya ha sido comentado. Se trata de coberturas, tanto en su aspecto de matorral más aclarado como aquel más denso y cerrado, más dinámicas de lo que sus cifras ofrecen en cuanto a su progresión o disminución en superficie por situarse en el punto intermedio de la sucesión vegetal.

Lallana, V. (2015): “Estudio mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cantabria. Aproximación al caso del valle de polaciones durante el periodo 1953-2010”, *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 119-152. ISSN: 1578-5157

El periodo que refleja un mayor dinamismo es el comprendido entre 1953 y 1983. Durante el mismo, las coberturas descritas como de matorral denso reflejan una variación en superficie de 323 ha, relacionada sobre todo con el abandono de los prados, la densificación de matorrales aclarados, cuya variación en ese periodo es de 383 ha, así como con las pérdidas que supone su integración en masas arboladas, algo más de 100 ha.

Para el periodo 1983-2010, las variaciones en superficie no resultan demasiado significativas, (véase [tabla 2](#)), con una ganancia de superficie de matorral de 244 ha, entre matorral denso y claro, y una pérdida por su conversión a bosque de 363 ha. La localización de estas coberturas es generalizada en todo el ámbito de estudio, estando especialmente representadas en posiciones elevadas por encima de los 1500 metros, ocupando áreas situadas por encima del límite superior del bosque, y sobre zonas de acusada pendiente (>20%) y suelos pobres. Resultan representativas las grandes coberturas presentes en ambos conjuntos montañosos, tanto de la Sierra de Peña Sagra como en la de Peña Labra y el Cordel, así como en torno al Cueto del Haya y Cueto de la Avellanosa.

Si hacemos referencia a las transformaciones o dinámicas del matorral, tanto expansiva (matorralización) como regresiva (arborización) en ambos periodos, vemos como los cambios en ambos sentidos quedan localizados principalmente a media ladera, en torno a los 1000-1200 m, y agrupándose en un escaso número de grandes manchas, fruto de la transición bien desde grandes superficies abandonadas de prado o pasto, bien hacia su integración al conjunto de las masas arbóreas. Las grandes coberturas arbóreas, que destacan por su transición desde matorral en el periodo 1983-2010, se corresponden en la actualidad con bosquetes de *Quercus pyrenaica* en formaciones de tallar con individuos jóvenes, fruto del tradicional manejo que sufrieron estas masas mediante talas para su aprovechamiento maderero y quemas para su uso ganadero.

En las partes altas, las pérdidas de superficie son menores y se producen de modo diferente, donde el bosque va “escalando” las vertientes altas, representado en su mayor, parte por especies oportunistas y de crecimiento rápido como el abedul (*Betula alba*).

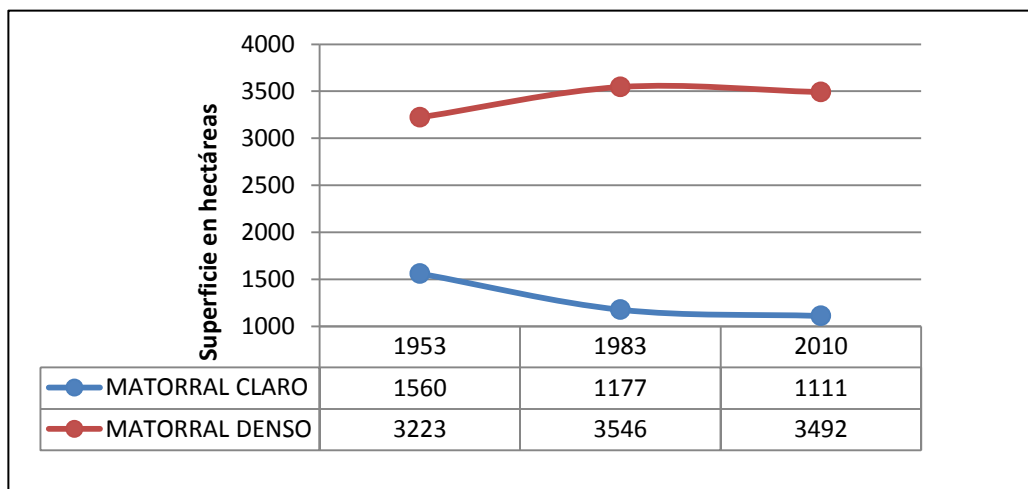


Figura 7. Evolución superficial de las formaciones arbustivas. NIVEL 2

Fuente. Elaboración propia.

En última estancia encontramos las LCLU arbóreas ([Figura 8](#)), en las que se ha realizado una clasificación en mayor detalle basándonos en los diferentes grados de densidad fotointerpretables, (bosque cerrado, denso y claro) y donde también se ha incluido la vegetación de ribera y aquella que configura las lindes de finca, entre los prados de las zonas bajas.

Destaca una doble vertiente en la evolución de este tipo de formaciones. En primer lugar está el importante aumento de superficie de las coberturas de bosque cerrado (densidad superior al 75%). Su crecimiento en el periodo 1953-1983 supone un aumento de 955 ha, a las que habría que sumar las 419 ha en el periodo 1983-2010, para situarse en un total de 3999 ha, el 35,7% de la superficie total del territorio, cifra muy superior al 23,5% de superficie total en el año 1953. La dinámica de ganancias de estas coberturas (véase [Tabla 2](#)) procede tanto de la densificación de áreas boscosas más aclaradas, que aportan 652 ha, como de los procesos de sucesión y evolución desde superficies de matorral y espacios con arbolado ralo o joven, en fase de crecimiento, como los espacios ocupados por las amplias formaciones de *Quercus pyrenaica* comentadas, que suponen 582 ha. El resto lo completan superficies de prado que han visto como lindes, setos y bordes de bosque, cercaban y mermaban su superficie aportando 136 ha.

En segundo lugar encontraríamos las coberturas de bosque claro (densidad entre 20-50%) y bosque denso (50-75%). Ambas alternan pequeños crecimientos y pérdidas en los diferentes periodos, fruto de la evolución dentro de la sucesión natural, así como del aumento de densidad dentro de las propias masas, lo que supone pérdidas de superficie para una y ganancias para otra, con fluctuaciones en los tres periodos analizados y una tendencia negativa en cuanto a superficie.

El bosque denso supone un aumento de casi 100 ha entre el periodo 1953-1983, destacando especialmente 127 ha por densificación del bosque claro y 177 ha de evolución desde coberturas de matorral. A eso habría que unir pérdidas de superficie por valor de 231 ha, fruto de la densificación del área hacia bosque cerrado. En el periodo 1983-2010, esta superficie ve reducida su representación en 74 ha, de las que 27 ha fueron ganadas por densificación del bosque claro y 87 ha por evolución desde formaciones de matorral, mientras que se perdieron 190 ha por su evolución a masas arbóreas cerradas.

En cuanto a las superficies de bosque claro, su importancia en el territorio oscila entre el 3,4% y el 1,5%, siendo su dinámica similar a la comentada para las formaciones más densas. En el periodo 1953-1983, su extensión total se reduce en 226 ha (de 397 a 171 ha), siendo sus ganancias provenientes de evolución desde superficies de matorral (94 ha) así como de prados y pastos (9 ha), mientras que las pérdidas se hacen notables, fruto de la densificación hacia masas forestales más evolucionadas, con 127 ha de bosque denso y 204 ha de bosque cerrado. En el tramo de 1983 a 2010, las variaciones totales de superficie son menos apreciables, con ligero aumento de 31 ha (de 171 ha a 203 ha), fruto de la evolución sucesional de 86 ha procedentes de coberturas de matorral y prados y una regresión de 54 ha hacia masas boscosas más densas.

Lallana, V. (2015): “Estudio mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cantabria. Aproximación al caso del valle de polaciones durante el periodo 1953-2010”, *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 119-152. ISSN: 1578-5157

Por último, encontraríamos las coberturas que hemos denominado Vegetación de ribera y setos, englobando tanto la vegetación próxima a los cursos de agua, como aquella que compone pequeñas manchas, lindes y rodales al margen de las masas boscosas, a menudo desarrolladas en torno a áreas de prados de siega. Su evolución, aunque nada comparable con otras unidades analizadas, presenta una progresión continua a lo largo de los tres periodos analizados y un incremento en hectáreas similar en ambos. En 1953-1983 su superficie pasa de 17 ha a 63 ha, y en el periodo 1983-2010 se alcanzan las 96 hectáreas actuales. Se trata de un importante aumento sobre la superficie inicial, que se ha visto favorecida por el abandono de gran cantidad de prados, permitiendo el aumento en superficie de este tipo de coberturas.

En resumen, la LCLU arbórea que ha permanecido estable o sin cambios, constituye un 74% de la cobertura representada, lo que nos refleja una progresión de las masas arbóreas de un 26%, repartida a largo del periodo analizado. Los sectores en los que se han producido principalmente estos cambios han sido los sectores más deprimidos altitudinalmente del valle, así como la media ladera, siendo estos cambios menos apreciables en los sectores elevados y de límite del bosque. En cuanto a la procedencia de los cambios, destacamos por encima de todo las superficies inicialmente arbustivas, que suponen el 57,4% del total de cambios, y que a través de la sucesión vegetal natural han evolucionado a bosque, siendo principalmente *Quercus pyrenaica* y *Betula alba* las especies encargadas.

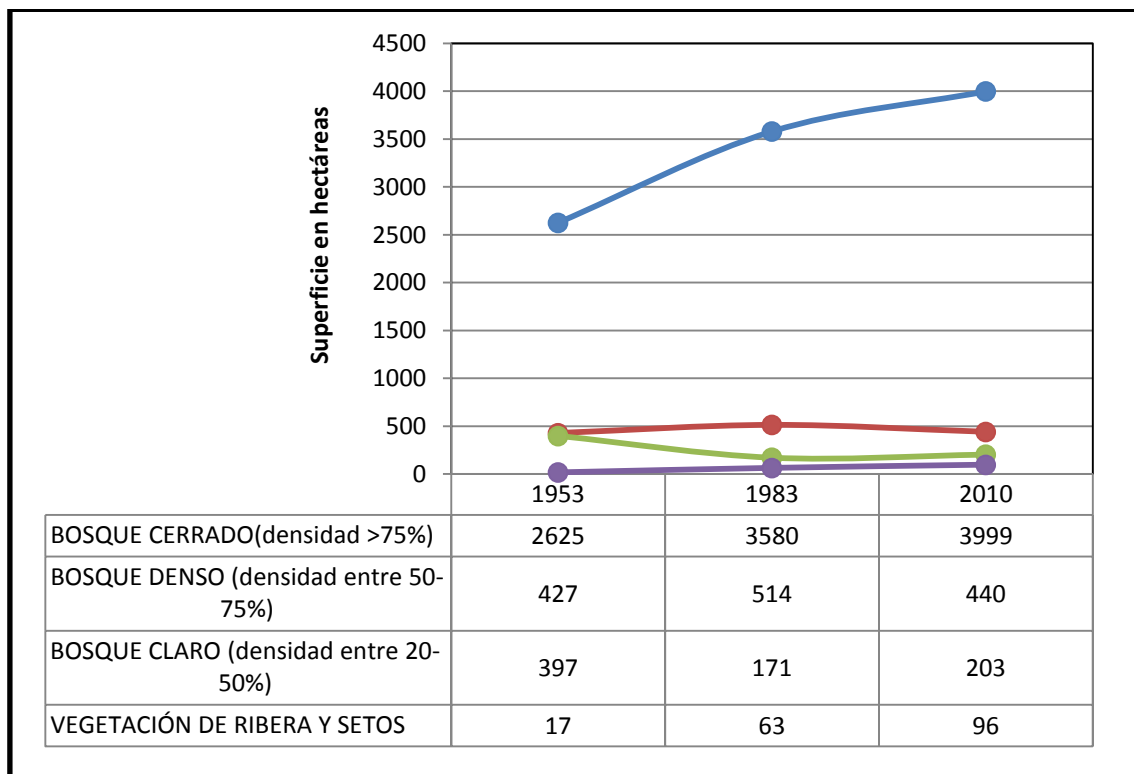


Figura 8. Evolución superficial de las formaciones arbóreas. NIVEL 2

Fuente. Elaboración propia.

Lallana, V. (2015): "Estudio mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cantabria. Aproximación al caso del valle de polaciones durante el periodo 1953-2010", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 119-152. ISSN: 1578-5157

Los resultados cartográficos obtenidos de los geoprosos de análisis espacial de las diferentes coberturas vectoriales digitalizadas se representan en las figuras 9, 10 y 11, mostrando la localización principal de los cambios explicados anteriormente, así como los procesos de evolución de los mismos, llevados a cabo en el nivel 1, para el periodo 1953-1983 ([Figura 9](#)), y para 1983-2010 ([Figura 10](#)). Del mismo modo, se ofrece una representación cartográfica conjunta de la secuencia de cambios ocurrida entre 1953 y 2010 ([Figura 11](#)).

Tabla 2. Matrices de transición de coberturas y usos de suelo (1953-1983 y 1983-2010) (Ha).
Bcl: Bosque claro; Bd: Bosque denso; Bce: bosque cerrado; VrS: Veg. de ribera y setos; Mc: Matorral claro; Md: matorral denso; P: Prados; Pn: Pastos naturales; Roq: Roquedo; Urb: urbano.

1983 1953	Bcl	Bd	Bce	VrS	Mc	Md	P	Pn	Roq	Urb	TOTAL
Bcl	66	127	204								397
Bd	-	196	231								427
Bce	-	-	2625								2625
VrS	2	1	2	12	-	-	-	-	-	-	17
Mc	9	42	65	1	922	521					1560
Md	85	135	338	25	-	2640					3223
P	6	10	97	22	157	256	1229	-	-	-	1777
Pn	2	2	2	-	95	124	-	566	-	-	790
Cul	1	3	16	3	3	5	49	-	-	-	80
Roq	-	-	-	-	-	-	-	-	262	-	262
Urb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	23

Lallana, V. (2015): "Estudio mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cantabria. Aproximación al caso del valle de polaciones durante el periodo 1953-2010", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 119-152. ISSN: 1578-5157

TOTAL	171	514	3580	63	1177	3546	1278	566	262	23	11180
--------------	------------	------------	-------------	-----------	-------------	-------------	-------------	------------	------------	-----------	--------------

2010 1983	Bcl	Bd	Bce	VrS	Mc	Md	P	Pn	Roq	Urb	TOTAL
Bcl	117	27	27	-	-	-	-	-	-	-	171
Bd	-	324	190	-	-	-	-	-	-	-	514
Bce	-	-	3580	-	-	-	-	-	-	-	3580
VrS	-	-	-	63	-	-	-	-	-	-	63
Mc	9	7	14	3	991	153	-	-	-	-	1177
Md	72	80	165	13	-	3216	-	-	-	-	3546
P	5	1	23	17	105	94	1033	-	-	-	1278
Pn	-	1	-	-	15	29	-	521	-	-	566
Roq	-	-	-	-	-	-	-	-	262	-	262
Urb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	23
TOTAL	203	440	3999	96	1111	3492	1033	521	262	23	11180

Fte. Elaboración propia a partir de base de datos del nivel.

Lallana, V. (2015): "Estudio mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cantabria. Aproximación al caso del valle de polaciones durante el periodo 1953-2010", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 119-152. ISSN: 1578-5157



Lallana, V. (2015): "Estudio mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cantabria. Aproximación al caso del valle de polaciones durante el periodo 1953-2010", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 119-152. ISSN: 1578-5157

Figura 9. Secuencia de cambios en periodo 1953-1983

Fuente. Elaboración propia.

Lallana, V. (2015): "Estudio mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cantabria. Aproximación al caso del valle de polaciones durante el periodo 1953-2010", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 119-152. ISSN: 1578-5157



Lallana, V. (2015): "Estudio mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cantabria. Aproximación al caso del valle de polaciones durante el periodo 1953-2010", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 119-152. ISSN: 1578-5157

Figura 10. Secuencia de cambios en periodo 1983-2010

Fuente. Elaboración propia.

Lallana, V. (2015): "Estudio mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cantabria. Aproximación al caso del valle de polaciones durante el periodo 1953-2010", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 119-152. ISSN: 1578-5157

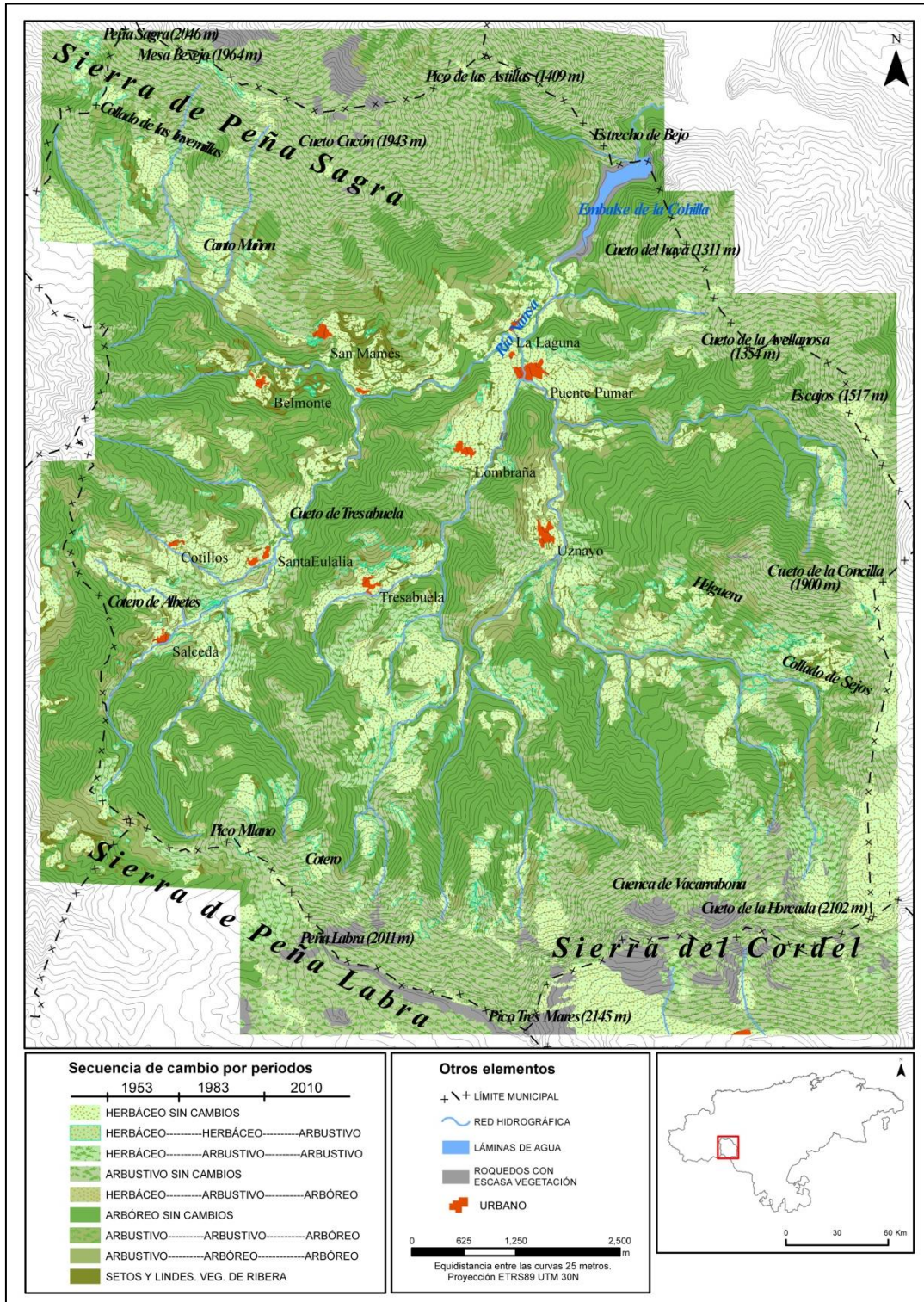


Figura 11. Secuencia de cambios ocurrida entre 1953 y 2010.

Fuente. Elaboración propia.

El autor

www.geo-focus.org

4. **Discusión y conclusiones.**

Hasta mediados del siglo XX, los ámbitos de montaña en general han soportado una elevada carga demográfica, traducida en una gran presión sobre las formaciones forestales, reducidas para ampliar la superficie de pastos y cultivo.

Las nuevas tendencias económicas que comienzan a imponerse desde mediados de siglo y que suponen la incorporación de la economía de las sierras a un mercado nacional, más abierto y dinámico, originan la despoblación de estos espacios, el abandono de las prácticas agrícolas tradicionales y, con ellas, importantes modificaciones en la estructura del paisaje. Tras esto, comienzan a advertirse importantes cambios, cuya magnitud y ritmos dependen tanto de las condiciones naturales como del grado de intervención humana que hayan tenido estos espacios.

Desde el punto de vista analítico se ha determinado la transformación de las diferentes coberturas y usos descritos. En cifras totales, el territorio que ha sufrido algún tipo de transformación ha sido un 22,72%, lo que equivale a unas 2572 hectáreas, donde las dinámicas más intensas se dan sobre todo a baja altitud y son casi nulas a las mayores altitudes, correlación muy lógica, asociada asimismo a la acción humana, mayor en los valles y a baja altitud, que en las altas montañas, correspondiendo las áreas elevadas a sectores donde la tendencia predominante es la estabilidad.

En la evolución vista, el espacio agrícola ha desaparecido por completo y se ha producido una fuerte reducción de las áreas de prados y pasto, siendo los sectores de bosque de frondosas el principal elemento de la matriz del paisaje, sobre la que se asientan actualmente el resto de coberturas. Podemos decir que tanto en este sector de la montaña central cantábrica, como en muchos otros espacios rurales de montaña, el paisaje está pasando por una etapa de transición hacia la recuperación de un estadio de mayor naturalidad, donde resulta innegable que el hombre ha resultado clave tanto en la transformación inicial como en su mantenimiento y estabilidad "artificial" mediante su explotación, y que al cesar esta intensidad de las actividades y uso del territorio, el paisaje pierde esa estabilidad "artificial" activando una sucesión tendente hacia el equilibrio primitivo, o sea el forestal, y que en este caso de análisis tiende hacia una homogeneización del paisaje.

Los resultados obtenidos parecen estar en la línea con las investigaciones más recientes, llevadas a cabo en este sentido sobre todo en la montaña española; sirvan como ejemplo (Ubalde et al. 1999; Vicente-Serrano et al., 2000; Poyatos, 2003; Vega, 2003; Lasanta et al. 2005; Bielsa et al., 2005; Jiménez Olivencia, 2006; Lasanta y Vicente-Serrano, 2007; Arnáez et al., 2008; Vadillo, 2008; Serra et al., 2008; Vila Subirós et al., 2009; Flaño et al., 2010). Los autores vienen a destacar, al igual que ocurre con nuestros resultados, los intensos cambios que se han producido en la montaña española desde mediados del siglo XX, caracterizados por una marginación y abandono de laderas y zonas agrícolas, así como de espacios de prado y pasto, que generan un aumento de cubierta vegetal del paisaje por procesos de sucesión, destacando en todos ellos como cambios de mayor extensión e implicaciones socioeconómicas, ambientales y paisajísticas: el abandono de tierras y el posterior proceso de revegetación.

Lallana, V. (2015): "Estudio mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cantabria. Aproximación al caso del valle de polaciones durante el periodo 1953-2010", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 119-152. ISSN: 1578-5157

Sin embargo, existen ciertas discrepancias entre los diferentes estudios en relación con la heterogeneidad paisajística tras el abandono, señalada por algunos autores como (Lasanta y Vicente Serrano, 2007; Vilá Subirós et al., 2009), frente a una homogeneidad del mismo descrita por otros (Flaño et al. 2010; Serra, 2008). Esta aparente falta de acuerdo y como indica (Vicente –Serrano et al. 2000), tiene que ver con temporalidad, la gestión y los condicionantes naturales en la regeneración de territorios abandonados por el hombre, caracterizada por una etapa inicial en la que se gana diversidad (mayor heterogeneidad paisajística de sus cubiertas vegetales) y otro estadio posterior que agrupa las unidades naturales y se pierde diversidad (homogeneidad paisajística), fruto del avance de la sucesión vegetal.

Por otro lado, la tendencia espacial de los cambios también parece seguir una lógica común a partir de la recesión de los usos humanos, cultivos y prados de siega especialmente. Aquellos espacios más alejados de los núcleos de población, peor orientación y con mayores pendientes, son los primeros en ser abandonados, siendo posteriormente las laderas próximas no mecanizables las que entran en desuso. A su vez, varios de los autores constatan cómo otros factores físicos, como las geoformas y también la altitud, ejercen una influencia determinante en las fases del abandono.

Estos mismos resultados también parecen acordes con los obtenidos a nivel internacional, aunque estos presentan ciertos matices. Parecen estar en consonancia con aquellos estudios realizados en territorios de países desarrollados, en los que se obtienen resultados referentes al abandono de tierras (MacDonald, 2000; Olsson et al, 2000) y los procesos de revegetación (Chauchard et al., 2007; Tasser et al. 2007), coincidiendo los diferentes autores de manera generalizada. Sin embargo, en el caso de los estudios llevados a cabo en países subdesarrollados o en vías de desarrollo, también parecen recoger avances y cambios en la misma dirección pero partiendo de una situación en la que los procesos de deforestación sobre el territorio y las fronteras agrarias juegan un papel y ejercen un peso mucho mayor en la dinámica y evolución temporal de estos espacios (Reid et al., 2000; Serneels y Lambin, 2001; Gautam et al., 2002, 2003; Crews-Meyer, 2004; Olchev et al., 2008).

Tal y como se ha mostrado en este artículo, la combinación de fotografía aérea con Sistemas de Información Geográfica ha demostrado que permiten agilizar los procesos de consulta y análisis temporal entre los elementos que configuran el territorio, permitiendo llevar a cabo análisis espacio-temporal, elaboración de cartografía y tablas estadísticas que integran el análisis de las tres fechas históricas consideradas. El planteamiento metodológico propuesto, mediante una desagregación territorial de las principales LCLU en niveles de complejidad, permite su aplicación a diferentes escalas y lugares de trabajo, así como realizar multitud de análisis gracias a su base de datos asociada. Por supuesto, tanto el método de clasificación cartográfico como el análisis están tanto abiertos a mejoras como cambios que puedan favorecer su aplicación para ahondar en la historia reciente del territorio.

Por otro lado, la representación cartográfica tanto por periodos, como en un único mapa de los tres momentos analizados, ha resultado satisfactoria, permitiendo un buen análisis de superficie desde un punto de vista estadístico y una buena comprensión cartográfica, donde los resultados generales de estos análisis concluyen mayores cambios en el primer periodo 1953-1983 que en periodo posterior.

Lallana, V. (2015): "Estudio mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cantabria. Aproximación al caso del valle de polaciones durante el periodo 1953-2010", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 119-152. ISSN: 1578-5157

5. Agradecimientos.

Departamento de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio de la Universidad de Cantabria. Grupo de Investigación Geografía Histórica del Paisaje. Proyecto I+D+i del Ministerio de Economía y Competitividad.

Referencias bibliográficas.

Achard, F., Mollicone, D., Stibig, H. J., Aksenov, D., Laestadius, L., Li, Z.,... & Yaroshenko, A. (2006). "Areas of rapid forest-cover change in boreal Eurasia". *Forest Ecology and Management*, 237, 1, pp.322-334.

Bielsa, I., Pons, X., & Bunce, B. (2005). "Agricultural abandonment in the North Eastern Iberian Peninsula: the use of basic landscape metrics to support planning". *Journal of Environmental Planning and Management*, 48, 1, 85-102.

Blasco, J. B., & Molina, J. A. M. (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.

Chauchard, S., Carcaillet, C., & Guibal, F. (2007). "Patterns of land-use abandonment control tree-recruitment and forest dynamics in Mediterranean mountains". *Ecosystems*, 10, 6, pp. 936-948.

Chuvieco, E. (1990): *Fundamentos de teledetección espacial*. Madrid, Rialp.

Cihlar, J., & Jansen, L. J. (2001). "From land cover to land use: a methodology for efficient land use mapping over large areas". *The Professional Geographer*, 53, 2, 275-289.

Crews-Meyer, K. A. (2004). "Agricultural landscape change and stability in northeast Thailand: historical patch-level analysis". *Agriculture, ecosystems & environment*, 101, 2, pp.155-169.

Di Gregorio, A., & Jansen, L. J. (2000). *Land cover classification system (LCCS): classification concepts and user manual for software version 1.0*. FAO.

Dunn, R., Harrison, A. R., & White, J. C. (1990). "Positional accuracy and measurement error in digital databases of land use: an empirical study". *International Journal of Geographical Information System*, 4, 4, 385-398.

Fernández, F. (2000): *Introducción a la fotointerpretación*. Barcelona, Ariel.

Flaño, P. R., Abad, M. P. E., Vadillo, J. A., Elorza, M. A. O., & Martínez, T. L. (2010). "El paisaje del alto valle del Iregua en los últimos cincuenta años. Evolución y estructura". *Zubía*, 28, pp. 31-48.

Panareda Clopés, J.M. (2004). "Análisis e interpretación de las superficies de los tipos de vegetación y usos del suelo del Parque Natural del Montseny (Barcelona, Girona)". *Estudios de Biogeografía*, pp.107-116.

Lallana, V. (2015). "Estudio mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cantabria. Aproximación al caso del valle de polaciones durante el periodo 1953-2010", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 119-152. ISSN: 1578-5157

Gautam, A. P., Webb, E. L., Shivakoti, G. P., & Zoebisch, M. A. (2003). "Land use dynamics and landscape change pattern in a mountain watershed in Nepal". *Agriculture, ecosystems & environment*, 99, 1, pp. 83-96.

Gautam, A.P., Webb, E.L., Eiumnoh, A., (2002). "GIS assessment of land use-land cover changes associated with community forestry implementation in the Middle Hills of Nepal". *Mountain Res. Dev.* 22, 1, pp. 63-69.

Gerard, F., Petit, S., Smith, G., Thomson, A., Brown, N., Manchester, S., & Feranec, J. (2010). "Land cover change in Europe between 1950 and 2000 determined employing aerial photography". *Progress in Physical Geography*, 34, 2, pp.183-205.

González Bernáldez, F. 1991. *Ecología y paisaje*. Madrid, Blume Ediciones.

Hayes, D. J., Cohen, W. B., Sader, S. A., & Irwin, D. E. (2008). "Estimating proportional change in forest cover as a continuous variable from multi-year MODIS data". *Remote Sensing of Environment*, 112, 3, pp.735-749.

I Fargas, N. M. (2004). "La utilidad del Catastro como fuente para estudiar la evolución del paisaje en los últimos cincuenta años: estudio de dos municipios de la provincia de Lleida". *CT: Catastro*, 52, pp. 147-162.

Ihse, M. (1995). "Swedish agricultural landscapes—patterns and changes during the last 50 years, studied by aerial photos". *Landscape and urban planning*, 31, 1, pp. 21-37.

I Linde, D. V., & Subirós, J. V. (2006). "Ecología del paisaje y sistemas de información geográfica ante el cambio socioambiental en las áreas de montaña mediterránea: una aproximación metodológica al caso de los valles d'Hortmoier y Sant Aniol (Alta Garrotxa. Girona)". *Areas: Revista internacional de ciencias sociales*, 25, pp.59-74.

Kadmon, R., & Harari-Kremer, R. (1999). "Studying long-term vegetation dynamics using digital processing of historical aerial photographs". *Remote Sensing of Environment*, 68, 2, pp. 164-176.

Lambin, E. F., Turner, B. L., Geist, H. J., Agbola, S. B., Angelsen, A., Bruce, J. W., ... & Xu, J. (2001). "The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths". *Global environmental change*, 11, 4, pp. 261-269.

Lasanta, T., & Vicente-Serrano, S. M. (2001). "Evolución del paisaje en la montaña submediterránea durante la segunda mitad del siglo XX: un caso de estudio en la cuenca del Jubera (La Rioja)". *Zubía, monográfico*, 13, pp.193-210.

Lasanta-Martínez, T., Vicente-Serrano, S. M., & Cuadrat-Prats, J. M. (2005). "Mountain Mediterranean landscape evolution caused by the abandonment of traditional primary activities: a study of the Spanish Central Pyrenees". *Applied Geography*, 25, 1, 47-65.

Lasanta, T., & Vicente-Serrano, S. M. (2007). "Cambios en la cubierta vegetal en el Pirineo aragonés en los últimos 50 años". *Pirineos*, 162, 125-154.

Llopis, J. P., Poveda, R. M., Bonet, A., Abad, J. B., & i Esteve, A. E. (2005). "Cartografía de las coberturas y usos del suelo de la Marina Baixa (Alicante) para 1956, 1978, y 2000". *Investigaciones geográficas*, 37, pp. 93-110.

Lallana, V. (2015). "Estudio mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cantabria. Aproximación al caso del valle de polaciones durante el periodo 1953-2010", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 119-152. ISSN: 1578-5157

MacDonald, D., Crabtree, J. R., Wiesinger, G., Dax, T., Stamou, N., Fleury, P.,... & Gibon, A. (2000). "Agricultural abandonment in mountain areas of Europe: environmental consequences and policy response". *Journal of environmental management*, 59, 1, pp.47-69.

Mapa de cultivos y aprovechamientos (1986). Hoja 82, Tudanca (Cantabria), escala 1: 50.000. Madrid: Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.

Martínez Pérez, J. E., Martín Martín, J., & Seva Román, E. (2000). "Paisajes amenazados de la cuenca mediterránea: aplicación del SIG en el análisis de la dinámica de usos del territorio (1956-1998) en la Vall de Gallinera (Alicante-España)". *Mediterránea. Serie de Estudios Biológicos, Época II*, 17, pp. 51-60.

Martínez, R.S, & Gandullo, J. M. (1987). *Memoria del mapa de series de vegetación de España: 1: 400.000*.

Mertens, B., & Lambin, E. F. (1997). "Spatial modelling of deforestation in southern Cameroon: spatial disaggregation of diverse deforestation processes". *Applied Geography*, 17, 2, pp.143-162.

Morán-Tejeda, E., Ceballos-Barbancho, A., Llorente-Pinto, J. M., & López-Moreno, J. I. (2012). "Land-cover changes and recent hydrological evolution in the Duero Basin (Spain)". *Regional Environmental Change*, 12, 1, pp. 17-33.

Morgan, J. L., Gergel, S. E., & Coops, N. C. (2010). "Aerial photography: a rapidly evolving tool for ecological management". *BioScience*, 60, 1, pp.47-59.

Olchev, A., Ibrom, A., Priess, J., Erasmi, S., Leemhuis, C., Twele, A.,... & Gravenhorst, G. (2008). "Effects of land-use changes on evapotranspiration of tropical rain forest margin area in Central Sulawesi (Indonesia): Modelling study with a regional SVAT model". *Ecological modelling*, 212, 1, pp. 131-137.

Olsson, E. G. A., Austrheim, G., & Grenne, S. N. (2000). Landscape change patterns in mountains, land use and environmental diversity, Mid-Norway 1960–1993. *Landscape ecology*, 15, 2, 155-170.

Pan, D., Domon, G., De Blois, S., & Bouchard, A. (1999). "Temporal (1958–1993) and spatial patterns of land use changes in Haut-Saint-Laurent (Quebec, Canada) and their relation to landscape physical attributes". *Landscape Ecology*, 14, 1, pp. 35-52.

Pelorosso, R., Leone, A., & Boccia, L. (2009). "Land cover and land use change in the Italian central Apennines: A comparison of assessment methods". *Applied Geography*, 29, 1, pp. 35-48.

Plieninger, T. (2006). "Habitat loss, Fragmentation, and Alteration—Quantifying the Impact of Land-use Changes on a Spanish Dehesa Landscape by Use of Aerial Photography and GIS". *Landscape Ecology*, 21, 1, pp.91-105.

Poyatos, R., Latron, J., & Llorens, P. (2003). Land use and land cover change after agricultural abandonment: the case of a Mediterranean mountain area (Catalan Pre Pyrenees). *Mountain Research and Development*, 23, 4, 362-368.

Reid, R. S., Kruska, R. L., Muthui, N., Taye, A., Wotton, S., Wilson, C. J., & Mulatu, W. (2000). "Land-use and land-cover dynamics in response to changes in climatic, biological and socio-political forces: the case of southwestern Ethiopia". *Landscape Ecology*, 15, 4, pp.339-355.

Lallana, V. (2015). "Estudio mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cantabria. Aproximación al caso del valle de polaciones durante el periodo 1953-2010", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 119-152. ISSN: 1578-5157

Rogan, J., Miller, J., Stow, D., Franklin, J., Levien, L., & Fischer, C. (2003). "Land-cover change monitoring with classification trees using Landsat TM and ancillary data". *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 69, 7, pp.793-804.

Sánchez, F. M. (1990). *Geomorfología del valle del Nansa*. Ed. Universidad de Cantabria.

Seabrook, L., McAlpine, C., & Fensham, R. (2007). "Spatial and temporal analysis of vegetation change in agricultural landscapes: a case study of two brigalow (*Acacia harpophylla*) landscapes in Queensland, Australia". *Agriculture, ecosystems & environment*, 120, 2, pp. 211-228.

Serneels, S., & Lambin, E. F. (2001). "Proximate causes of land-use change in Narok District, Kenya: a spatial statistical model". *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 85, 1, pp. 65-81.

Serra, P., Pons, X., & Saurí, D. (2008). "Land-cover and land-use change in a Mediterranean landscape: a spatial analysis of driving forces integrating biophysical and human factors". *Applied Geography*, 28, 3, pp.189-209.

Simpson, J. W., Boerner, R. E., DeMers, M. N., Berns, L. A., Artigas, F. J., & Silva, A. (1994). "Forty-eight years of landscape change on two contiguous Ohio landscapes". *Landscape Ecology*, 9, 4, pp. 261-270.

Sluiter, R., & de Jong, S. M. (2007). "Spatial patterns of Mediterranean land abandonment and related land cover transitions". *Landscape Ecology*, 22, 4, pp. 559-576.

Tasser, E., Walde, J., Tappeiner, U., Teutsch, A., & Nogler, W. (2007). "Land-use changes and natural reforestation in the Eastern Central Alps". *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 118, 1, pp. 115-129.

Townsend, P. A., Helmers, D. P., Kingdon, C. C., McNeil, B. E., de Beurs, K. M., & Eshleman, K. N. (2009). "Changes in the extent of surface mining and reclamation in the Central Appalachians detected using a 1976–2006 Landsat time series". *Remote Sensing of Environment*, 113, 1, pp. 62-72.

Turner, M. G., & Ruscher, C. L. (1988). "Changes in landscape patterns in Georgia, USA". *Landscape ecology*, 1, 4, pp. 241-251.

Ubalde, J., & Rius S, J. P. RM (1999). "Monitorización de los cambios de uso del suelo en la cabecera de cuenca de la Ribera Salada mediante fotografía aérea y SIG. (El Solsonés; Lleida, España)". *Pirineos* 153, pp.101-122.

Vadillo, J. A., Elorza, M. A. O., Izquierdo, L. M. O., & Martínez, T. L. (2008). "Cambios En la cubierta vegetal y usos del suelo en el Sistema Ibérico noroccidental entre 1956 y 2001: Los Cameros (La Rioja, España)". *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 47, pp.195-211.

Vega, X. M. (2003). "Estudio mediante sistemas de información geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cataluña. Aproximación al caso del valle del Freser durante el periodo 1956-2000". *Acta Botanica Barcinonensis*, 49, pp. 421-438.

Vicente Serrano, S.M., Lasanta, T. y Cuadrat, J.M. (2000). "Transformaciones en el paisaje del Pirineo como consecuencia del abandono de las actividades económicas tradicionales". *Pirineos*, 155, pp.111 -133.

Lallana, V. (2015): “Estudio mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cantabria. Aproximación al caso del valle de polaciones durante el periodo 1953-2010”, *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 119-152. ISSN: 1578-5157

Vicente-Serrano, S. M., Lasanta, T., & Romo, A. (2004). “Analysis of spatial and temporal evolution of vegetation cover in the Spanish Central Pyrenees: role of human management”. *Environmental management*, 34, 6, pp. 802-818.

Vila Subirós, J., Ribas Palom, A., Varga Linde, D., & Llausàs Pascual, A. (2009). “Medio siglo de cambios paisajísticos en la montaña mediterránea. Percepción y valoración social del paisaje en la alta Garrotxa (Girona)”. *Pirineos*, 164, 69-92.

APÉNDICE 1. Tabla de cálculo de precisiones de georreferenciación sobre 20 puntos test, aplicando transformación polinómica de primer orden.

	Mosaico 1953. Residual (metros)	Mosaico 1986. Residual (metros)
Punto control 1	0.10	0.97
Punto control 2	0.18	0.66
Punto control 3	0.54	0.91
Punto control 4	0.13	0.38
Punto control 5	0.29	1.48
Punto control 6	0.36	0.58
Punto control 7	0.31	1.55
Punto control 8	0.66	1.07
Punto control 9	0.61	1.09
Punto control 10	0.26	1.65
Punto control 11	0.42	0.51
Punto control 12	0.22	0.12
Punto control 13	0.58	0.43
Punto control 14	0.21	1.03
Punto control 15	0.33	1.01
Punto control 16	0.24	0.45
Punto control 17	0.50	1.32
Punto control 18	0.65	0.77
Punto control 19	0.68	0.55
Punto control 20	0.50	1.35
Total RMS Error	0.43 metros	0.99 metros

Lallana, V. (2015): "Estudio mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cantabria. Aproximación al caso del valle de polaciones durante el periodo 1953-2010", *GeoFocus (Artículos)*, nº 16, p. 119-152. ISSN: 1578-5157

Error máximo permitido	0.68 metros	1.66 metros
-------------------------------	--------------------	--------------------