

Grupo E. Conocimientos avanzados en Geografía y Cartografía

- Tema 1. El Relieve de la España Peninsular y las Islas Baleares. Evolución geológica y principales unidades de relieve. Origen geológico y relieve de las Islas Canarias.
- Tema 2. Los Climas de España. Caracterización de los elementos del clima. Los mapas del tiempo. Distribución territorial y regiones climáticas. La interferencia humana en el clima y sus efectos. Especial referencia al cambio climático.
- Tema 3. Red hidrográfica y tipos de régimen fluvial en la Península Ibérica. Los recursos hídricos en España. La gestión del agua. La planificación hidrológica.
- Tema 4. Caracterización y tipificación de los ecosistemas naturales en España. La geografía de los riesgos. Regiones sísmicas y riesgo sísmico. Regiones volcánicas y riesgo volcánico. Los incendios forestales. Inundaciones y períodos de sequía.
- Tema 5. Costas y territorios insulares. Caracterización fisiográfica de las regiones costeras e insulares. Ocupación humana y desarrollo turístico. Riesgos y vulnerabilidad de los ecosistemas de las zonas costeras e insulares.
- Tema 6. Los grandes grupos de suelos en España. Paisajes naturales. Bosques: tipología y aprovechamientos. Espacios protegidos en España: tipología y gestión. Conservación de la naturaleza y de la diversidad biológica.
- Tema 7. Paisajes agrarios en España: Tipología y aprovechamientos. Evolución y transformación económica y paisajística de la agricultura y ganadería en España. La explotación forestal. La política agraria común en la Unión Europea. Los procesos de rururbanización.
- Tema 8. La población española. Volumen y estructura demográfica. Dinámica natural y movimientos migratorios. La inversión reciente de las tendencias demográficas. Movimientos migratorios recientes. Origen y destino. El incremento de la población inmigrante. Sus efectos económicos y sociales. La distribución territorial y sus tendencias. La persistencia de los desequilibrios internos.
- Tema 9. El sistema urbano español: estructura y tipología. Los espacios metropolitanos y el fenómeno de ciudad dispersa. El espacio urbano: morfología (los planos de las ciudades) y estructura interna de la ciudad. Distribución de los usos del suelo. Tipologías. El planeamiento urbano. La ordenación del territorio.
- Tema 10. La globalización económica y sus efectos. Las actividades económicas y su territorialización. El desarrollo endógeno. La terciarización de la economía española. Indicadores territoriales y sectoriales de PIB, las desigualdades.
- Tema 11. Infraestructuras y sistemas de transporte y comunicaciones. Las redes viarias y ferroviarias de alta capacidad. La red de aeropuertos. Los puertos y su especialización. Intermodalidad y TIC. Transporte urbano y metropolitano. Transportes, sostenibilidad y modelo territorial. El Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte (PEIT). La sociedad de la información. Indicadores. Internet. Desequilibrios territoriales.
- Tema 12. La Industria y los espacios industriales. La reconversión. La externalización de actividades. La deslocalización industrial. España como destino turístico. Los espacios turísticos, distribución y tipologías. Problemática de los destinos maduros. La procedencia de los flujos. Los recursos. La urbanización litoral y el turismo sostenible.
- Tema 13. Cartografía y Geografía. Relaciones mutuas. Funciones de la cartografía en los estudios geográficos: inventario, referenciación, explicación, correlación, experimentación, investigación, etc. Aplicación de la cartografía en la geografía física y humana.
- Tema 14. Institucionalización en cartografía y geografía. Principales organizaciones públicas productoras de información geográfica en España (de ámbito nacional y autonómico) y en el extranjero: adscripción, funciones, principales productos y sus características más importantes. La enseñanza de los estudios geográficos y cartográficos en España: estado actual y tendencias.
- Tema 15. Análisis estadístico de datos espaciales. Medidas estadísticas comunes. Métodos estadísticos y datos espaciales. Análisis exploratorio de datos espaciales. Estadística basada en grid. Estadística de distancia y conjuntos de puntos. Autocorrelación espacial. Métodos de regresión.
- Tema 16. La Teledetección y la Geografía. Análisis visual y digital de imágenes. Sensores hiperespectrales aéreos y de satélite: Principios. Sensores y plataformas. Técnicas de tratamiento hiperespectral. Aplicaciones. Obtención de información de vegetación mediante LIDAR.
- Tema 17. Variables continuas y parámetros biofísicos. Principios. Índices de Vegetación, LAI. Índices de productividad. Índices de humedad-aridez. Modelización. Inversión de modelos. Aplicación a la obtención de indicadores ambientales.
- Tema 18. Aplicaciones de la Teledetección a la información sobre ocupación del suelo: Concepto. Modelos de datos. Técnicas de extracción de la información: visuales y semiautomáticas.
- Tema 19. Aplicaciones ambientales de la Teledetección. Aplicaciones a la agricultura, aplicaciones forestales. Incendios. Desertificación. Indicadores agroambientales de distintos organismos. Aplicaciones meteorológicas y oceanográficas de la Teledetección. Plataformas y sensores empleados. Variables medidas. Aplicaciones.
- Tema 20. Historia de la cartografía. Cartografía histórica. Portulanos. Evolución de la representación cartográfica de España.

Tema 1. El Relieve de la España Peninsular y las Islas Baleares. Evolución geológica y principales unidades de relieve. Origen geológico y relieve de las Islas Canarias.

1.1. El relieve de la España peninsular y las Islas Baleares

La diversidad de los paisajes naturales españoles procede, en primer término, de la complejidad de su relieve, que influye en la disposición interna compartimentada de la Península y en los distintos materiales y estructuras de sus conjuntos de islas. Sus bien diferenciadas regiones naturales básicas se arman, en la Península y Baleares, a partir de la trama geomorfológica de las alineaciones de montañas peninsulares, de la disposición de sus grandes valles periféricos, de las llanuras internas y las franjas costeras. El conjunto territorial de la Península se caracteriza por su amplitud, masividad, contorno cerrado, con altas tierras interiores y bajas tierras periféricas estrechas, y por estar compartimentado por una definida organización fluvial. El relieve actual se define como el resultado de una evolución geológica y geomorfológica muy activa desde la orogénesis alpina, que ha conformado relieves muy accidentados, grandes altiplanos y llanuras que sitúan la altitud media peninsular en 660m. De manera que buena parte del territorio español está situado por encima de esa cota. Las barreras montañosas alcanzan alturas superiores a los 3.000m en los Pirineos y Cadenas Béticas. Entre 2.000 y 3.000 m se encuentran las Montañas Galaico-leonesas, la Cadena Astur-cántabra, la cordillera Ibérica y el Sistema Central. Entre 1000 y 2000 m se encuadran la Cadena Costera Catalana, los Montes de Toledo y Sierra Morena. Numerosas áreas quedan entre 500 y 1.000 m, especialmente extensos altiplanos de las depresiones del Duero y Tajo. Los relieves peninsulares más bajos (alturas inferiores a 500 m) constituyen las llanuras y plataformas litorales mediterráneas y atlánticas y la depresión del Ebro. En las islas Baleares no sobrepasan los 1.500 m (Serra de Tramuntana, Mallorca).

1.2. Evolución geológica y principales unidades de relieve

Los terrenos que afloran en la Península Ibérica pueden ser agrupados esencialmente en cuatro grandes conjuntos: 1) terrenos precámbricos, deformados con anterioridad al Paleozoico; 2) terrenos paleozoicos, deformados por la orogénesis herciana; 3) terrenos mesozoicos y terciarios deformados por la orogénesis alpídica, y 4) terrenos mesozoicos y terciarios no deformados por la orogénesis alpídica. Los terrenos paleozoicos postorogénios, no deformados por la orogénesis herciana, constituyen afloramientos muy reducidos. El grado de individualidad de estos conjuntos es desigual. Los terrenos precámbricos, por ejemplo, han sido incorporados de hecho

a la cadena herciana, por lo cual se encuentran sólo aflorando en forma de núcleos, integrantes de la citada cordillera.

La Península, tal como aparece en la actualidad, comprende dos partes fundamentales, una que es un segmento de la cordillera herciana europea y otra que pertenece al sistema alpino. El dominio herciano ibérico, aunque aflora muy ampliamente, está también en una gran extensión oculto por terrenos mesozoicos y terciarios, que forman áreas de plataforma tabulares o con un grado de deformación variable. Esta deformación alcanza su máxima importancia en la Cordillera Ibérica, que puede ser considerada como una cadena de tipo intermedio. Superpuesta a todo este edificio existe una tectónica de fracturas de edad cenozoica, autónoma con respecto a las estructuras anteriores. Este sistema de fracturas es en realidad una parte del sistema que afecta a Europa occidental y que se expresa principalmente por un conjunto de fosas tectónicas. Desde un punto de vista evolutivo, la Península puede ser dividida en un área perteneciente a un ciclo antiguo, compuesta por los materiales del Precámbrico y del Hercínico, y otro conjunto relacionado con un ciclo moderno, correspondiente a las etapas alpina y postalpina.

- El ciclo antiguo: El núcleo antiguo ocupa el sector centroccidental de la Península, formando parte de la cadena hercínica europea, de la que constituye su principal fragmento, denominándose Macizo Ibérico, aunque también se utilizan los términos Macizo Hespérico y Meseta Ibérica, para su designación. Su parte más antigua se compone de materiales precámbricos, estando los afloramientos más amplios en Galicia, compuestos de gneis y rocas metamórficas, aunque también existen afloramientos menores en otras unidades. Estos macizos se plegaron en varios ciclos tectónicos y ya conformaban un espacio continental cuando comenzó el ciclo sedimentario hercínico. Los materiales cámbricos yacen discordantes sobre el núcleo precámbrico, parcialmente arrasado por la erosión. La sedimentación paleozoica tuvo lugar en cuencas diferenciadas, manteniéndose el ritmo acumulativo hasta el Carbonífero, aunque con discordancias internas producidas por el movimiento caledoniano en el Silúrico. En la orogenia hercínica, durante el Carbonífero medio, se genera una extensa cordillera, al mismo tiempo que se producen intrusiones graníticas y el metamorfismo de los sedimentos paleozoicos. Pero más importante es la etapa de fracturación tardihercínica, en el Carbonífero superior-Pérmico, que originó fallas de desgarre de gran magnitud que marcaron las líneas principales de la sedimentación mesozoica e influyeron incluso en etapas postalpinas.

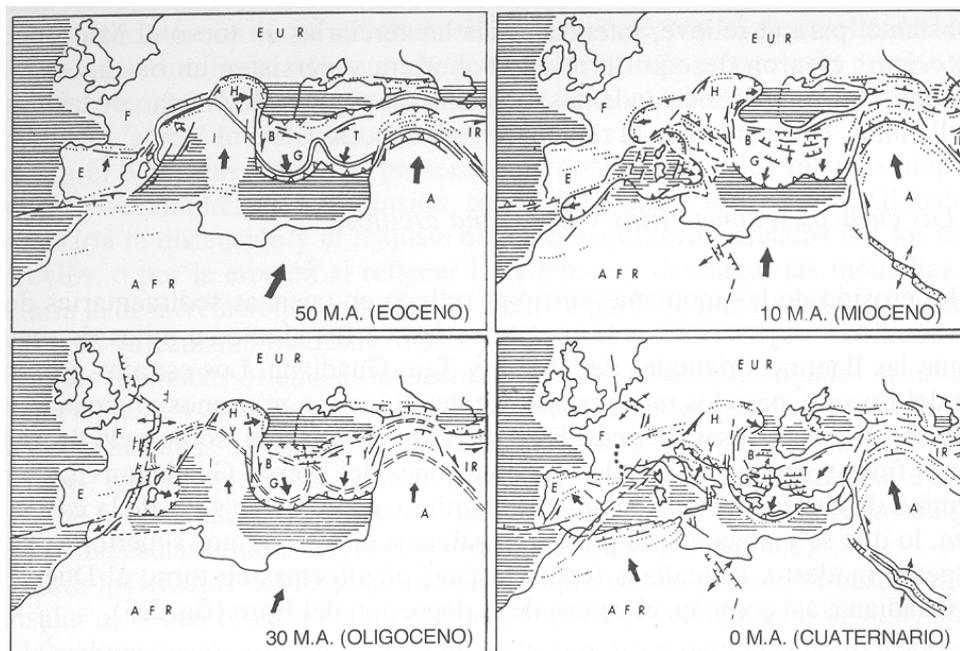


Figura 1. Deformaciones terciarias en el mediterráneo. Las flechas indican los rumbos y empujes. Fuente: Méndez y Molinero, 1993.

- El ciclo moderno: El ciclo sedimentario alpino comenzó con series detríticas procedentes de la erosión de la cordillera hercínica, a fines del Pérmico e inicios del Triásico, al tiempo que se producían arrasamientos generalizados. Las cuencas mesozoicas más profundas se localizaban en los Pirineos y Béticas, aunque en algunos momentos de trasgresión marina, especialmente en el Cretácico superior, la sedimentación se extendió a una gran parte del propio macizo hercínico emergido. Desde el Jurásico las cuencas fueron básicamente marinas, manteniéndose estos ambientes hasta el Eoceno en los Pirineos y hasta el Mioceno en las Béticas, según los diferentes momentos de empuje orogénico. La orogenia alpina se generará por la aproximación de la placa africana a la euroasiática, y más concretamente a la subplaca ibérica, provocando un régimen compresivo. Las dos cuencas externas, Pirineos y Béticas, sufrieron un importante acortamiento cortical, con cabalgamientos y mantos de corrimiento que construyeron un amplio edificio estructural, al tiempo que se generaban las fosas subalpinas del Ebro y del Guadalquivir. Las cuencas intermedias, Cordillera Ibérica y Cadena Costero Catalana, que marcaban el tránsito con los macizos antiguos y recibieron menor espesor de sedimentos, fueron afectadas por fracturas y pliegues. El interior del Macizo Ibérico fue abombado y se individualizaron bloques montañosos (Macizo Gallego y Astur-cántabro, Sistema Central, Montes de Toledo, Sierra Morena) y depresiones terciarias (Tajo, Duero). Tras estas fases compresivas, a partir del Mioceno siguió una distensión generalizada en varias etapas (distensión postalpina) que generó fosas tectónicas en el

Pirineo, en la Cadena Costera Catalana, en la Ibérica, en las Béticas y en algunos sectores del macizo Ibérico. También se sitúa en este momento la configuración de la Cuenca de Valencia y del mar de Alborán, así como el inicio del volcanismo peninsular e insular (Canarias). La actividad neotectónica perduró localmente a lo largo del Plioceno y Cuaternario. En esta última se pasa a un régimen compresivo, claro en las Béticas, deformando los depósitos de esa edad.

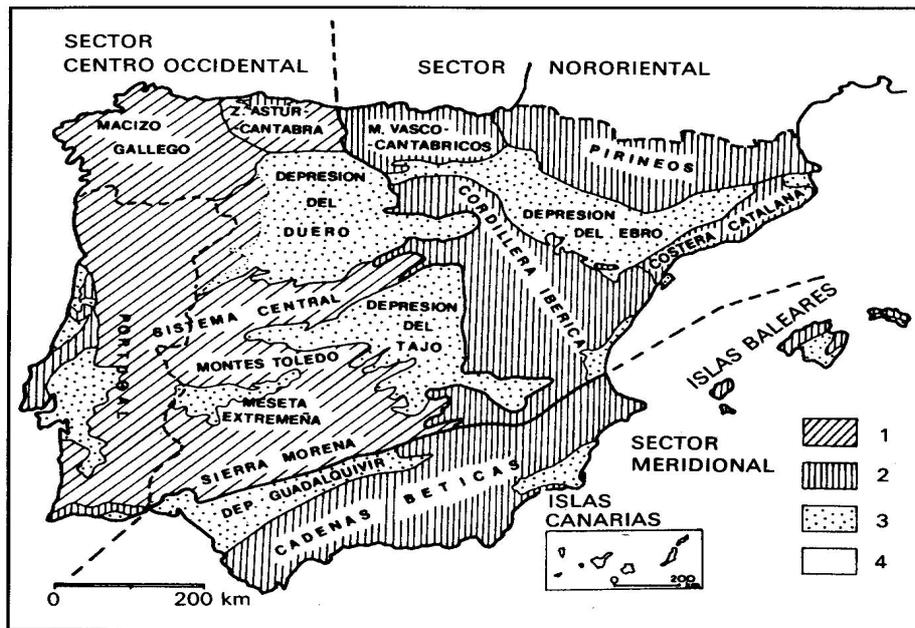


Figura 2. Principales unidades de relieve de la Península Ibérica. Fuente: Peña Monné, J.L. El Relieve. Editorial Síntesis, 1991. pág. 49-150

1.2.1. La cordillera astur-cantábrica

Se sitúa en la parte nororiental del Macizo Ibérico, que corresponde al sector externo Norte de la antigua cordillera herciana. Es una cadena montañosa alineada de Oeste a Este, enlazando las Montañas Galaico-leonesas con los Montes Vasco-cantábricos y separando la Depresión del Duero con respecto al Mar Cantábrico. La cordillera se inicia en las sierras de los Ancares y del Rañadoiro, en los límites de Galicia con Asturias y León, con una línea de cumbres que supera los 1.800 m (Peña Rubia, 1.930 m) e incluso, más al Este, los 2.500 m (Peña Vieja, 2.615 m; Torre Cerrado, 2.648 m; Naranjo de Bulnes, 2.518 m), empalmando con la parte occidental de los Montes Vascos-cantábricos en el área del escudo de Cabuérniga y del alto Ebro. Esta muralla montañosa continua origina un límite bioclimático neto entre el ámbito continental castellano-leonés y los medios oceánicos cántabros.

Las dimensiones del macizo y la relativa homogeneidad general, no permiten realizar grandes diferenciaciones en unidades. Aún así, se han establecido varios conjuntos geomorfológicos.

En primer lugar, están las unidades del litoral, en las que cabe diferenciar tres subunidades. La más septentrional es el bloque costero (La Marina), caracterizado por formar una franja estrecha, a 200-250 m de altura, con un límite acantilado y superficialmente plano a consecuencia de la presencia de rasas litorales. Más al interior se encuentran los primeros relieves montañosos de la cordillera litoral (Sierra de Cuera, 1.315 m, Sueve, etc.) que forman parte del ramal norte de la rodilla asturiana y de la orla mesozoica. La tercera unidad es el surco prelitoral, también paralelo a la costa y excavado por la red fluvial en los materiales blandos de la cuenca ovetense facilitado por la existencia de fallas importantes.

En segundo lugar están los macizos montañosos y depresiones interiores. Los relieves más destacados son los Picos de Europa, formados por calizas sobreelevadas por la tectónica. Las restantes unidades montañosas se sitúan más al Sur de los Picos de Europa y se prolongan como único conjunto desde los Montes Vasco-cantábricos hasta Galicia. El descenso hacia la cuenca del Duero se realiza de forma brusca mediante fallas y cabalgamientos.

1.2.2. El macizo gallego y las montañas galaico-leonesas

Es el fragmento noroccidental del macizo ibérico. Queda limitado al Norte, Noroeste y Oeste por el Océano Atlántico, al Sur por el bajo Miño y las montañas galaico-portuguesas, que forman la frontera política con Portugal, y al Este por una alineación montañosa que le separa de la Depresión del Duero. Esta unidad está constituida por bloques y fosas desniveladas que crean un paisaje muy variado, con altas montañas, como las del Sureste y Este, donde se alcanzan las mayores cotas topográficas (Sierra Segundeira-Peña Trevinca, 2.124 m; Sierra de los Ancares, 1.987 m), áreas amesetadas centrales y depresiones terciarias (Sarria, Pontes de García Rodríguez, etc.) y un litoral recortado por profundas rías, que forman uno de los paisajes más espectaculares del litoral español.

Las montañas galaico-leonesas se sitúan en la parte oriental y suroriental de Galicia, formando alineaciones Norte-Sur y NE-SW (Sierras de Rañadoiro, Meira, Lorenzana, Ancares, etc.). Sierras abruptas formadas por crestas y valles.

Las montañas y mesetas internas son una región amesetada que constituye la Meseta de Lugo o Terra Chá y la superficie de Chantada, limitadas al Oeste por la Dorsal gallega, a alturas de 300 m y 500 m, nivelando granitos y esquistos paleozoicos.

Al Oeste de la meseta se encuentra la Dorsal Gallega, alineación montañosa dispuesta de Norte a Sur desde las Mariñas de Lugo hasta el bajo Miño, con alturas entre 500 y 1.000 m. Al Oeste de la Dorsal se extiende el Escalón de Santiago, formado por relieves suaves y alomados a alturas inferiores a los 500 m.

Finalmente, el Litoral constituye un conjunto de formas de relieve de gran variabilidad donde destacan las rías como el principal modelado. Son entrantes costeros cuya parte interna está formada por un valle excavado en un momento de regresión marina y posteriormente inundado por el mar en su actual nivel. Algunas rías pueden corresponder a fallas previas, calificándose de rías tectónicas, o coincidir con depresiones erosivas, existiendo numerosos tipos intermedios. Entre las rías existen salientes rocosos con importantes acantilados, como los cabos de Estaca de Bares, San Ciprián y Ortegal.

1.2.3. La depresión del Duero

Es una de las grandes cuencas terciarias peninsulares. Esta unidad se enmarca entre los relieves montañosos de las Sierras Galaico-leonesas, Cordillera Cantábrica y Montes Vascos-Cantábricos, en sus límites Noroeste y Norte; al este está limitada por la Cordillera Ibérica y su enlace con el Sistema Central y, al Sur, por esa última unidad montañosa. Finalmente, el límite occidental lo compone la penillanura zamorana-salmantina y las montañas portuguesas de la región de Tras-os-Montes, a través de las cuales abre paso el río Duero para salir al Atlántico.

La altura media de esta depresión o Submeseta Norte es de 700-800 m que, pese a su altitud elevada, contrasta de forma importante con las cadenas circundantes, que superan los 2.000-2.300 m en numerosos puntos, por lo que puede ser considerada efectivamente como un área deprimida,

1.2.4. El Sistema Central

Es una cordillera alargada de SW a NE, separando la Depresión del Duero de la del Tajo, constituyendo una especie de espina dorsal en el centro de la Península Ibérica. Se inicia en Portugal, en la Serra da Estrela (1.991 m) y, ya en España, se prolonga por las sierras de Gata-Peña de Francia (1.723 m), Béjar (2.401 m), Serrota de Avila, Paramera (2.291 m), Sierra de Gredos (2.661 m), Guadarrama (2.404 m), Somosierra (2.129 m) y Ayllón (1.691 m). Esta alineación, de unos 700 Km de longitud, enlaza la orla mesozoica portuguesa y el bajo Tajo con la Cordillera Ibérica.

Las diferentes denominaciones que recibe a lo largo de su trayectoria es consecuencia de la existencia de numerosos corredores o depresiones intermedias dirigidas por fracturas importantes, tales como la falla del puerto Sebugual, entre la Serra da Estrela y Peña de Francia, la falla del puerto de Tornavacas, entre Béjar y Gredos, de la Paramera de Avila, entre Gredos y Guadarrama, la falla de Somosierra, etc., aunque los límites topográficos no siempre coinciden con límites estructurales.

Podemos diferenciar un sector central, formado por las sierras de Gredos y Guadarrama, en el que dominan las granodioritas y cuarzdioritas, con diques de cuarzo, pegmatitas, aplitas, etc. En segundo lugar, al Noreste de la falla de Somosierra se extiende el sector oriental, en el que predominan los materiales metamórficos. El tercer sector corresponde a la parte occidental, al Oeste del corredor de Béjar, formado por las sierras de Gata-Peña de Francia y Tamales, compuestas por materiales metamórficos de bajo grado, con dominio de pizarras, conglomerados y areniscas.

1.2.5. La depresión del Tajo

Se sitúa entre el Sistema Central y la Cordillera Ibérica, cerrada al Sur por los Montes de Toledo, Sierra Morena y el extremo meridional de la Ibérica en contacto con las Béticas, correspondiente al Campo Montiel. Es el resultado del hundimiento de una parte del Macizo Ibérico para generar una fosa tectónica con bordes fracturados en el contacto con el Sistema Central.

La altura media de la cuenca varía entre los 600 y 700 m y su posición más baja que la depresión del Duero permite una mayor energía en los ríos afluentes del Tajo procedentes del Sistema Central.

1.2.6. Las sierras y penillanuras cacereñas y los Montes de Toledo

Se extiende desde las sierras de San Mamede y San Pedro, en la frontera portuguesa, con dirección Oeste-Este a través de las sierras de Montánchez y Guadalupe, Altamira, los Montes de Toledo propiamente dichos y las Sierras del Chorito, Pocito y de la Calderita, al Norte de Ciudad Real. Son montañas de escasa altitud y entidad, ya que ni forman una barrera importante y continua, ni superan normalmente los 1.000 m de altura, excepto en Guadalupe (1.601 m), los Montes de Toledo (1.447 m) y Sierra de la Calderita (1.208 m). Aún así constituyen un sector de clara divisoria fluvial entre las cuencas de los ríos Tajo y Guadiana. Decreciendo de alturas, en la parte occidental se abarca en este conjunto el sector de la penillanura cacereña que se prolonga hasta el pie del Sistema Central.

1.2.7. La cuenca del Guadiana y la penillanura meridional extremeña

Al Sur de los Montes de Toledo y Sierras Cacereñas, las cuencas del Guadiana se extienden por un amplio sector compuesto, aparte de la zona manchega ya descrita, por cunecas terciarias y la penillanura extremeña meridional, que se prolonga más al Sur por la Sierra Morena.

Se extiende de Este a Oeste desde Las Villuercas hasta la frontera de Portugal. F. Hernández-Pacheco, diferenció tres sectores: Vegas altas, Sur del Guadiana y Vegas bajas; en todos ellos el espesor sedimentario es escaso.

1.2.8. La Sierra Morena

Es la unidad más meridional del Macizo Ibérico y se extiende desde el Algarve portugués hasta el contacto entre Cordilleras Béticas e Ibérica (Sierra de Alcaraz y Campos de Montiel), con dirección WNW-ESE. Mantiene un escarpe abrupto sobre el valle del Guadalquivir, pero se prolonga en continuidad hacia la penillanura extremeña meridional y Campo de Calatrava. Las dimensiones se sitúan en 450 Km de longitud y las alturas normalmente no exceden de los 1.000-1.200 m, destacando la Sierra Madrona (1.323 m) y de San Andrés (1.300 m).

1.2.9. Los Pirineos

Esta cordillera se alarga desde el litoral gerundense hasta el Golfo de Vizcaya, a lo largo de unos 440 Km. La frontera franco-española, que sigue aproximadamente sus cumbres axiales, marca la separación entre un Pirineo septentrional y otro meridional. Es la vertiente española la de mayor amplitud, ya que en su sector central se superan los 100 Km de Norte a Sur, estrechándose hacia Navarra y el Pirineo oriental. Las máximas alturas de la cadena (Aneto: 3.404 m, Posets: 3.770 m) se localizan en este sector fronterizo, verdadero istmo peninsular, perdiendo altura hacia sus márgenes occidental y oriental. Al mismo tiempo, los relieves se ordenan paralelos a este eje de máximas alturas, decreciendo su topografía hacia las depresiones de Aquitania y del Ebro, que bordean la cordillera por el Norte y Sur, respectivamente.

En función de los contrastes geológicos y geomorfológicos existentes, tradicionalmente se han diferenciado un conjunto de unidades morfoestructurales. Se trata del Pirineo Axial compuesto de materiales paleozoicos, y del Prepirineo formado por materiales mesozoicos-terciarios.

El Pirineo Axial aparece configurado por una zona de altas cumbres en el eje de la cadena, con gran energía de relieve y superando el sector central los 3.000 m de altura. La Zona Axial se compone de afloramientos paleozoicos, metamórficos y cristalinos, que alcanzan gran extensión en el sector centro-oriental, mientras que conforma macizos aislados en la parte occidental. Estos materiales abarcan desde el Precámbrico hasta el Carbonífero, siendo básicamente rocas corneanas, pizarras, esquistos, cuarcitas y calizas cristalinas.

Al Sur de la Zona Axial se extiende el Prepirineo, compuesto de alineaciones de sierras, formadas por materiales mesozoicos y terciarios, sedimentados durante el ciclo alpino en la

cuneca pirenaica. Esta sedimentación se inició con conglomerados y areniscas, que actualmente afloran sobre todo bordeando los macizos paleozoicos.

Tradicionalmente, el Prepirineo se subdivide en Sierras Interiores, adosadas al Pirineo Axial y formando la línea de cumbres en numerosos puntos donde no aflora el paleozoico y Sierras Exteriores, que forman las alineaciones meridionales desde Navarra hasta el río Segre. Finalmente, existe una Depresión Media Pirenaica, que separa las Sierras interiores de las Exteriores que son unidades deprimidas discontinuas producidas por erosión diferencial.

1.2.10. Los Montes Vasco-cantábricos

Los Montes Vascos y la Cordillera Cantábrica representan la prolongación occidental del dominio pirenaico, siendo conocidos también como Pirineos Atlánticos. Forman la conexión entre el extremo occidental de la Cordillera Pirenaica y el Macizo Asturiano, con unos 250 km de longitud y disposición arqueada, paralela a la costa cantábrica y al Golfo de Vizcaya. Desde el punto de vista estructural pertenecen al marco alpino septentrional de la Península, aunque geomorfológicamente son claramente identificables como una unidad montañosa separable de la Cordillera Pirenaica.

El hecho de conformar un sector altitudinalmente más bajo que las cadenas circundantes le ha valido el sobrenombre de umbral vascocantábrico, a pesar de que algunas cimas alcanzan los 2.000 m (Peña del Pando, 2.222 m; Peña Labra, 1.959 m) y otras muchas superan los 1.400 (Valnera, 1.707 m; Aitzgorri, 1.544 m; etc.). En cualquier caso la proximidad de las montañas al litoral y su contraste topográfico con las depresiones del Ebro y Duero, que limitan estas unidades por el Sur, le otorgan una energía de relieve destacable, al tiempo que ejercen un importante papel de divisoria hidrográfica y bioclimática entre el dominio atlántico y el interior peninsular.

En el sector occidental dominan las arcillas y calizas arenosas. Está compuesto por margas, areniscas y calizas en bandos estrechos.

Las unidades de la zona vasco-cantábrica no presentan gran continuidad ni desarrollo longitudinal. Podemos diferenciar varias zonas en función de los rasgos geomorfológicos que en ellas confluyen: el Sector Cántabro, el Arco vasco y las Sierras y Cuencas meridionales vasco-navarras.

1.2.11. La cadena Costera Catalana

Se extiende desde la Depresión del Empordá, en un sector complejo de conexión con el Pirineo Oriental y la Cadena Transversal Catalana, hasta los Puertos de Beceite, donde esta unidad conecta con la Cordillera Ibérica. A lo largo de unos 300 km mantiene dirección Noreste-Suroeste, paralela al litoral mediterráneo. No se trata de una cordillera de gran elevación, ya que las máximas alturas son de sólo 1.712 m en el Montseny y 1.204 m en Les Guilleries, decreciendo hacia el centro y Sur, hasta el punto de que los relieves conglomeráticos marginales de la Depresión del Ebro, que se encuentran adosados a las Catalánides en dicha zona, la superan en altitud (Montserrat: 1.236 m; Montsant, 1.124 m). Tampoco posee gran amplitud, ya que no sobrepasa los 30 km de desarrollo lateral, estando además subdividida en dos alineaciones montañosas paralelas, Cordillera Prelitoral y Litoral, separadas por una depresión intermedia o Depresión Prelitoral.

Se diferencian una serie de unidades, que corresponden a las Sierras Prelitorales, la Depresión Prelitoral y la Cadena Litoral. Además, por el Norte se produce la conexión de esta cordillera con los Pirineos, mediante la Cadena Transversal Catalana y la Depresión del Empordá.

1.2.12. La Cordillera Ibérica

Se extiende con dirección NW-SE desde la Sierra de la Demanda hasta el litoral mediterráneo, con un recorrido próximo a los 400 kms, y por el Sur hasta las Béticas. Esta unidad queda enmarcada entre las depresiones del Ebro, Duero y Tajo y el área litoral mediterránea, entrando en contacto con otras unidades montañosas como el Sistema Central, el Prebético y la Cadena Costera Catalana, con las que existen algunas interferencias estructurales.

Topográficamente destacan los macizos montañosos del Noreste (Sierras de la Demanda: 2.262 m, Urbión: 2.235 m, y Moncayo: 2.316 m) y del sector oriental (Sierras de Albarracín: 1.921 m, Javalambre: 2.019 m y Gúdar-Maestrazgo: 2.020 m). Estas unidades elevadas destacan de forma importante sobre las extensas áreas amesetadas que componen gran parte de la Ibérica central e oriental a alturas entre 1.000 y 1.600 m y aún más sobre las depresiones internas, que se sitúan entre los 600 y 1.200 m (Calatayud-Montalbán, Alfambra-Teruel, del Jiloca y del Mijares). Hidrográficamente, forman la divisoria de aguas entre los ríos Duero, Tajo y Guadiana, de la vertiente atlántica, los afluentes meridionales del Ebro y numerosos ríos de la vertiente mediterránea: Mijares, Palencia, Turia, Júcar; por ello, puede considerarse la mayor divisoria de aguas peninsular.

Podemos diferenciar tres amplios conjuntos morfoestructurales, de los cuales el primero (sector Noroeste) es el de menor extensión superficial y mayor elevación, frente al gran tamaño ocupado por los otros dos sectores, separados por el sistema de fosas intraibéricas.

El sector Noroeste se extiende desde el Moncayo hasta el corredor de La Bureba, quedando limitado por las depresiones del Ebro, Duero y el apéndice de la cuenca de Almazán. El extremo Noroeste lo constituye el macizo paleozoico de la Sierra de la Demanda, de aspecto masivo y con fuertes encajamientos de la red fluvial.

El sector Centro-Occidental se extiende al Sur del Moncayo, limitado al Nordeste por la Depresión del Ebro, al Este por el sistema de fosas de Calatayud y Teruel, al Norte por la cuenca de Almazán y su conexión con el Sistema Central, al Oeste con la depresión del Tajo y al Sur con la Llanura Manchega y el sector meridional de la Ibérica.

El Sector Oriental-Meridional abarca el conjunto de sierras que desde las depresiones internas se extienden hasta el Mediterráneo, limitadas al Norte por la Depresión del Ebro y los enlaces con la Cadena Costera Catalana y al Sur por el Prebético.

1.2.13. La Depresión del Ebro

Al igual que las otras grandes depresiones terciarias, la del Ebro se caracteriza por ser receptora del drenaje procedente de cadenas montañosas circundantes. La forma es triangular, con su lado más estrecho en la Cadena Costero Catalana y sus dos lados mayores formados por los Pirineos y la Cordillera Ibérica. Hacia el sector occidental se estrecha para enlazar con la cuenca del Duero.

1.2.14. Las Cadenas Béticas

Se extienden por el Sur peninsular desde el Golfo de Cádiz y el estrecho de Gibraltar hasta el cabo de la Nao. En realidad, desde el punto de vista geológico, esta unidad se prolonga bajo el nivel marino hacia las Islas Baleares y, en el norte de África, por la Cadena del Rif. Se alarga de WSW a ENE, limitada al Norte por la Depresión del Guadalquivir, parte de La Mancha y la Cordillera Ibérica meridional. Su límite Sur corresponde al estrecho de Gibraltar, una parte del litoral andaluz y el mar Mediterráneo. Se trata de la Cordillera de mayor continuidad (unos 600 km sin contar las prolongaciones indicadas) y altitud (Mulhacén: 3.841 m y Veleta: 3.392 m) de la Península Ibérica, a pesar de que estas alturas solamente se mantienen en el macizo penibético, decreciendo en el resto del conjunto montañoso hasta alturas que no superan los

2.500 m. Son el resultado de la compresión entre las placas africana y europea. Existen dos grandes conjuntos estructurales: la zona externa, que ocupa el sector norte y forma parte de la placa ibérica, y la zona interna, perteneciente a la placa africana. La zona externa comprende la unidad Prebética, desde la zona de Jaén hasta el cabo de la Nao con una amplitud de 30-40 km, y la Subbética, al sur de la anterior, ocupa todo el recorrido desde el atlántico hasta el Mediterráneo. La zona interna, geográficamente Penibética, se extiende por el margen septentrional, desde Estepona hasta Cabo de Palos alcanzando los 50 km de anchura en su sector central.

1.2.15. La depresión del Guadalquivir

El margen Norte del sector occidental de las Cordilleras Béticas está constituido por una gran depresión recorrida por el río Guadalquivir. Se generó como prefosa alpina, abierta hacia el Atlántico por el Oeste, donde alcanza su máxima amplitud (335 km) y estrechándose en su vértice oriental. El límite Norte se compone de la alineación de Sierra Morena.

1.3. Origen geológico y relieve de las Islas Canarias

Es la parte emergida de un conjunto eruptivo situado en el contacto entre la corteza oceánica atlántica y la placa africana. Las salidas volcánicas se han producido siguiendo una densa red de fisuración cortical, con dos direcciones claras de orientación, que influyen en la agrupación de las islas en dos conjuntos: el occidental, formada por la alineación Noroeste-Sureste, constituida por la Palma-Tenerife-Gran Canaria entrecruzada por la línea Noroeste-Suroeste de el Hierro-La Gomera-Tenerife, y el oriental, compuesto por las islas de Lanzarote y Fuerteventura, ordenadas de Noreste a Suroeste. Precisamente la máxima actividad volcánica actual se sitúa en la confluencia de las dos primeras alineaciones (El Teide, en Tenerife) y en dos puntos marginales (Lanzarote y La Palma).

Únicamente en Fuerteventura, Lanzarote y la Palma aflora el denominado Complejo Basal, formado por sedimentos mesozoicos que seguramente también existe como un basamento único en las demás islas, pero sin llegar a aparecer en superficie. El ciclo de manifestaciones volcánicas más antiguo pertenece al Mioceno e inicios de Plioceno, existiendo diacronismos entre las islas. Una de ellas, el Hierro, sólo contiene materiales volcánicos cuaternarios. Las emisiones fisurales basálticas se apilaron para configurar la base de buena parte de las islas. Las sucesivas etapas magmáticas han edificado conjuntos volcánicos que comienzan con basaltos y evolucionan posteriormente hacia traquitas y fonolitas.

En los diferentes trabajos realizados por E. Martínez de Pisón, F. Quirantes y C. Romero se diferencian cuatro unidades de valor morfológico: los macizos antiguos, las dorsales, el conjunto de las Cañadas del Teide y las formas volcánicas menores.

Los macizos antiguos se edificaron en las etapas eruptivas terciarias, acumulándose un gran espesor de coladas en posición tabular, a base de lavas fluidas procedentes de un volcanismo fisural muy activo, con gran cantidad de diques y algunas formas de pitones y mesas.

Estos macizos son los de Anaga y Teno, en el NE y NW respectivamente de la isla de Tenerife, los de Famara y los Ajaches en el NE y Sur de Lanzarote, los de Jandía y de la costa oriental de Fuerteventura, el Norte de La Palma y gran parte de La Gomera. El relieve resultante de estos procesos de acumulación volcánica y erosión torrencial se puede calificar de muy agreste, con laderas de fuerte pendiente entre crestas estrechas y afiladas, drenadas por torrentes con un gran poder erosivo.

Las dorsales se producen por yuxtaposición de erupciones con una dirección dominante, marcada por un eje estructural que sigue una fractura. Son relieves más jóvenes que los anteriores y con volcanismo de tipo estromboliano, con conos piroclásticos. Las vertientes de estas dorsales y la red fluvial torrencial son, sin embargo, muy similares a las de los macizos antiguos. Las dorsales más destacables están en La Palma (Cumbre Nueva), Tenerife (Cordillera Dorsal) y el Hierro, formando en esta última una imbricación de tres dorsales.

El edificio más complejo es el de Cañadas del Teide. En primer lugar se configuró la parte central de la isla de Tenerife o edificio Cañadas, produciéndose luego un conjunto de colapsos, formándose así la caldera de las Cañadas. En una tercera etapa se comenzó a formar el estratovolcán de El Teide (3.717 m) cuya emisión de lavas y piroclastos rellenan la caldera y la han cerrado, convirtiéndola en depresión endorreica.

Otras formas menores, como resultado de erupciones menos importantes, han configurado conos de piroclastos y coladas basálticas, cuaternarias y de época histórica, como son las manifestaciones volcánicas de Tenerife, La Palma y Lanzarote. Pero es el campo volcánico de Lanzarote el más importante, generado entre los años 1730 y 1736, con tres conjuntos principales: Montaña de Fuego, Timanfaya y Pico Partido. Los paisajes más peculiares son los conos, bien conservados, las extensas superficies de lavas de *malpais* y los tubos volcánicos o *jameos*, con colapsos puntuales, como los de Lanzarote.

Bibliografía

- [1] Julivert, M; Fontboté, J.M; Ribeiro, A; Conde, L. Mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares. Instituto Geológico y Minero. Servicio de publicaciones Ministerio de Industria y Energía, 1980. pág. 9.
- [2] Peña Monné, J.L. El Relieve. Editorial Síntesis, 1991. pág 49-150.
- [3] Gil Olcina, A y Gómez Mendoza, J. (Coord.). Geografía de España. Editorial Ariel, 2001. pág. 23-27.

Tema 2. Los Climas de España. Caracterización de los elementos del clima. Los mapas del tiempo. Distribución territorial y regiones climáticas. La interferencia humana en el clima y sus efectos. Especial referencia al cambio climático.

2.1. Los Climas de España

Situada entre Estaca de Bares (43° 47') y Punta de Tarifa (36° 00'), la Península Ibérica ocupa una posición periférica y meridional en la zona de circulación general del oeste. De ello derivan dos hechos de singular trascendencia climática: vecindad de la subsidencia subtropical y alejamiento de las trayectorias habituales de la corriente en chorro templada, que suele discurrir al norte del paralelo 45°. Ello permite entender la marcada preferencia de las borrascas atlánticas, vinculadas en su origen y recorrido a las corrientes en chorro, por la franja septentrional, a la que, de otra parte, su mayor distancia de la subsidencia subtropical evita el verano seco, imperante en el resto del territorio español peninsular.

En el suroeste de Europa y separada de África sólo por el angosto estrecho de Gibraltar, abrazada por el Atlántico y Mediterráneo, la Península Ibérica constituye una encrucijada de influencias meteorológicas, responsables de una notable diversidad climática, acrecentada tanto por el comportamiento de aquélla, en esta faceta, como un pequeño continente de figura maciza y litoral poco articulado, como por el efecto de sus principales unidades de relieve.

Consecuencia obligada es la variedad climática que, sin minusvalorar una gran riqueza de matices, puede esquematizarse en la existencia de climas oceánicos, de verano seco (mediterráneos, atlánticos y continentalizados), semiáridos y desérticos. Sin olvidar algunas áreas montañosas donde las tormentas hacen del verano la estación más lluviosa, dominan ampliamente en extensión los climas de estío seco, si bien este ámbito, como se ha indicado, dista mucho de ser uniforme.

Baleares es singular y enteramente mediterránea. Ceuta y Melilla ofrecen, con matices propios de sus respectivos entornos, rasgos climáticos similares a los de las tierras andaluzas inmediatas. Diferente es el caso de Canarias que, a latitudes subtropicales (27° 37' y 29° 23' N), posee, desde una óptica sintética, un clima con fuerte predominio de la circulación del alisio, reemplazada episódicamente por la del oeste, sin olvidar la esporádica incidencia del vecino Sahara y, sobre todo, la importante repercusión del relieve.

2.2. Caracterización de los elementos del clima

El estado del tiempo atmosférico se caracteriza por un cierto número de magnitudes físicas, que pueden medirse, y de circunstancias ambientales, que pueden observarse y describirse. Unas y otras constituyen los elementos del clima.

2.2.1. La insolación

A la cantidad de radiación solar directa incidente por unidad de área horizontal durante un período de tiempo determinado se la define como la insolación. Si a esta cantidad se le suma la debida a la radiación indirecta, es decir a la que incide sobre la misma área después de haber sido difundida o dispersada, se obtiene la insolación total, a la que también es corriente designarla como radiación global. Las unidades de cantidad empleadas en la medida son la caloría gramo por centímetro cuadrado y el kilowatio hora por metro cuadrado.

2.2.2. La temperatura del aire

La temperatura del aire depende en gran medida de la naturaleza de la superficie del suelo sobre la que descansa la atmósfera. La energía solar al cruzar la atmósfera lo hace prácticamente sin calentarla y al llegar al suelo es éste el que se calienta al absorberla en parte. A su vez, el calor del suelo se transmite a la capa inferior de la atmósfera por conducción, por turbulencia y por radiación. Si la atmósfera permaneciera en reposo, el efecto de la altitud y de la orografía, combinado con el valor de la insolación, nos permitiría deducir a priori la distribución de la temperatura del aire sobre la Tierra. Pero, las propias diferencias de temperatura desencadenan una serie de efectos que dan lugar a que se levanten los vientos, los cuales traen con ellos, sobre un lugar determinado, la temperatura de su lugar de origen, aunque modificada por la naturaleza de la superficie que cruzan.

2.2.3. La presión atmosférica

Se singulariza en que, descartado el efecto de la altitud, ni se siente ni se ve pero, por otra parte, es uno de los más populares por la íntima relación entre sus variaciones y los cambios en el tiempo atmosférico. No existe ningún otro elemento que por sí sólo nos diga tanto sobre el estado general del tiempo como nos dice la presión cuando, llevados sus valores en milibares sobre el mapa, analizamos su distribución mediante el trazado de las isobaras con el fin de poner en evidencia los distintos sistemas de presión, los cuales, a su vez, ejercen un evidente control sobre el tiempo. La presión experimenta cambios cuando se asciende de nivel, siendo entonces más rápida en las capas inferiores de la atmósfera por ser éstas más densas. Cuanto mayor sea la

altitud menor será la densidad del aire y, en consecuencia, la presión disminuye menos rápidamente. A 5.400 m la presión es aproximadamente tan sólo la mitad que al nivel del mar.

2.2.4. El Viento

Los mapas de isobaras medias, al nivel del mar, nos darían una fiel imagen esquemática de la circulación media del aire, ya que de acuerdo con las leyes de la dinámica atmosférica, y descartando los efectos perturbadores del relieve y del rozamiento con el suelo, el aire fluye siguiendo aproximadamente la dirección de las isobaras y en tal sentido que, en el hemisferio norte y mirando de donde viene el viento, las bajas presiones quedan a la derecha y las altas a la izquierda. En los vientos de simple etimología, su designación suele estar ligada a su dirección o lugar de origen aparente. Los nombres locales corresponden a vientos generales, asociados a los grandes sistemas de presión y correspondientes “tipos de tiempo”.

2.2.5. La humedad del aire

La cantidad de vapor de agua contenida en el aire varía de un lugar a otro y de un momento a otro. Este comportamiento tan distinto del vapor de agua hace que puedan considerarse el “aire seco” y el vapor acuoso como los dos únicos componentes de la atmósfera. La importancia del vapor acuoso en meteorología es capital y no sólo por su directa relación con los fenómenos vitales de condensación y precipitación sino también por su papel de auténtico “combustible” del que se alimentan muchos mecanismos integrantes de la inmensa máquina térmica que es la atmósfera.

La cantidad de vapor de agua en la atmósfera disminuye rápidamente con la altura, porque su fuente es el agua de la superficie terrestre y porque la máxima cantidad posible disminuye con la temperatura. Para apreciar el contenido de vapor de agua se usan diversos índices:

Humedad absoluta: Cantidad en peso del vapor contenido en la unidad del volumen de aire.

Tensión o presión del vapor: presión ejercida por el vapor de agua.

Humedad relativa: Relación entre la cantidad de vapor contenida realmente en un volumen cualquiera de aire y la que podría contener el mismo volumen si estuviese saturado.

2.2.6. Las nubes y la niebla

Las nubes son la expresión visual del fenómeno de la condensación del vapor de agua contenido en la atmósfera a una cierta altura sobre la superficie terrestre. Para que esto ocurra es necesario que el aire se enfríe lo suficiente por debajo del punto de rocío. La causa dominante del

enfriamiento requerido es la expansión adiabática provocada por los movimientos ascendentes. La constancia relativa de las nubes es sólo aparente ya que las gotitas o cristalitas de hielo que la constituyen tienen una vida corta y se forman y desaparecen continuamente.

Cuando la condensación del vapor se produce en el estrato inferior de la atmósfera en contacto con el suelo, tenemos la niebla. Para que la condensación tenga lugar es preciso que la temperatura del suelo sea inferior a la del aire subyacente y que la humedad relativa del aire sea lo suficiente alta. Si el aire está muy tranquilo este enfriamiento sólo da lugar a que se condense el vapor contenido en una delgada capa de aire en contacto con el suelo sobre el cual se depositan las gotitas dando lugar al fenómeno del rocío, pero si el aire está ligeramente agitado el enfriamiento se extiende a una capa de mayor espesor y entonces se forma la niebla.

2.2.7. La lluvia y otras precipitaciones

Hablamos de precipitación cuando nos referimos a la cantidad de agua que, en distintas formas líquidas y sólidas, se precipita desde las nubes y llega al suelo. Las tres formas principales de la precipitación líquida son:

- Lluvia: Cuando el diámetro de las gotas es mayor de medio milímetro.
- Llovizna: Cuando el diámetro de las gotitas es inferior a medio milímetro
- Chubasco: Cuando empieza y termina de forma súbita, frecuentemente de corta duración y de gotas grandes.

Las dos formas principales de la precipitación sólida son:

- Nieve: Cuando está constituida por cristalitas de hielo que cuando se sueldan entre sí forman “copos”.
- Granizo: Cuando está constituido por bolitas o trozos de hielo (pedrisco) cuyo diámetro es del orden de medio a cinco centímetros y, en raras ocasiones, incluso mayor.

Además de estas precipitaciones “visibles” porque se las ve caer, existen otras llamadas “ocultas”:

- Rocío: Constituido por gotas de agua depositadas sobre la superficie del suelo por la condensación del vapor de agua.
- Escarcha: Consiste en hielo de aspecto cristalino depositado sobre el suelo.
- Cencellada: (niebla helada), formada por el depósito de hielo sobre los obstáculos expuestos al viento que acarrea nubes o nieblas de montaña, a una temperatura por debajo de cero grados, pero constituidas por gotas líquidas.

La cantidad de precipitación se expresa por la altura de la capa de agua que cubriría el suelo horizontal, si no se filtrase ni evaporase. El estudio de la cantidad de precipitación, incluyendo su distribución en el espacio y en el tiempo y su variabilidad, conjuntamente con el examen de frecuencias de intensidades y formas de precipitación, nos permite conocer el “régimen de precipitaciones” de una determinada área geográfica, el que constituye el aspecto más característico de su clima.

2.2.8. La calima

La calima es un meteoro consistente en la suspensión en la atmósfera de partículas secas de polvo, extremadamente pequeñas, invisibles a simple vista, pero que, cuando son lo suficientemente numerosas dan al cielo un aspecto opalescente, disminuyen la visibilidad y hacen que los objetos se alejen aparentemente. El contenido en polvo de la atmósfera depende fundamentalmente del origen, naturaleza y recorrido de la masa de aire correspondiente.

2.3. Los mapas del tiempo

Los mapas del tiempo son un medio de representación cartográfica de determinada información meteorológica y, al mismo tiempo, el análisis, diagnóstico y pronóstico meteorológica. Se trata de reunir y presentar de una forma sencilla y rápida valores meteorológicos, principalmente los de la presión atmosférica. Y, por otra, de analizar esos valores sobre el mapa para, conociendo las posibles tendencias y variaciones, prever los más probables en los mismos puntos horas después.

El mapa del tiempo de superficie presenta, por medio de isobaras, los valores de la presión atmosférica, reducidos al nivel del mar. Suelen trazarse las isobaras múltiplos de 4 mb, como las 996, 1.000, 1.004, etc. con líneas continuas finas. Las configuraciones isobáricas se rotulan con A, B según sea el tipo que formen.

Del valor y la disposición de las isobaras (gradiente, curvatura y dirección) puede deducirse la dirección y la fuerza del viento, las áreas de “inestabilidad” atmosférica y de precipitaciones, y las de “estabilidad”, y útiles consideraciones relativas acerca de la humedad y la temperatura de cada sector.

En los mapas de altura o topografías de la superficie de unas presiones se indican las altitudes a las que se encuentra una determinada presión atmosférica, como los 300, 500, 700, 850 hPa, etc. Se presenta mediante las isohipsas, curvas que unen los puntos en los que una determinada

presión se alcanza a la misma altitud. Así, en el mapa de altura, se señala, mediante un número que acompaña a las isohipsas, la altitud en metros a la que se alcanza esa presión. La equidistancia de las isohipsas suele ser de 60m. Valores altos de las isohipsas indican áreas de presión alta y valores bajos, áreas de presión baja, en altura. Los anticiclones en altura serán aquellas configuraciones con isohipsas cerradas y altitudes crecientes hacia su interior, mientras que las borrascas en altura mostrarán isohipsas cerradas y altitudes decrecientes hacia su interior. Los anticiclones son células con circulación anticiclónica, y las borrascas en altura, ciclónica, rotulándose con A y B.

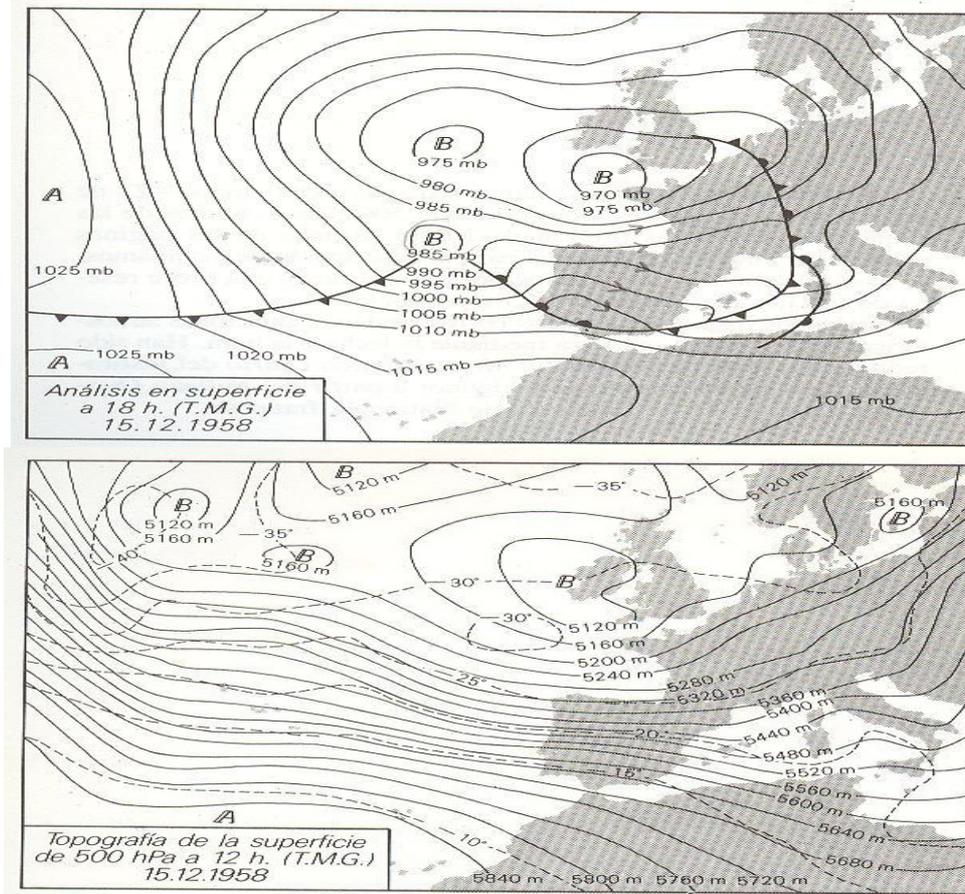


Figura 1. Mapa del tiempo de superficie y de altura de 500 hPa, mostrando una situación sinóptica de advección del oeste o zonal. Fuente: Martín Vide, 1990.

Los vientos circulan casi paralelos a las isohipsas, ya que a partir de cierta altura la fuerza de rozamiento con la superficie terrestre es muy poco importante. Los mapas presentan, además de las isohipsas, unas líneas a trazos, que son isotermas: unen los puntos con la misma temperatura a aquellas altitudes. Su trazado revela, por ejemplo, embolsamientos de aire frío en altura, que pueden tener una gran repercusión pluviométrica.

2.4. Distribución territorial y regiones climáticas

Cualquier división climática implica realizar una labor de síntesis mediante la selección de aquellas características, tanto estadísticas como sinópticas, cuyos contrastes entre las distintas regiones climáticas sean más significativas.

La primera gran división, en Zona “parda” (I) de clima mediterráneo y Zona “verde” (II) de clima europeo continental se basa en consideraciones dinámicas, ya que es consecuencia directa de las condiciones normales de la circulación general de la atmósfera, y de su variación cíclica anual, bautizando las dos zonas según el color predominante del paisaje: verde la septentrional y parda la otra. Esta división resulta muy neta a causa del relieve. En la zona verde no se presentan veranos secos, queda dentro del área húmeda y, en general, la media anual de las precipitaciones supera los 1000 mm.

La Zona parda se divide en tres regiones principales: atlántica, continental y mediterránea. La divisoria entre la atlántica y la continental coincide con la isolinéa 20 del índice de continentalidad, y la característica sobresaliente de la mediterránea es que el otoño sea la estación más lluviosa del año.

La Zona verde se divide en las regiones marítimas, submarítima y pirenaica. La isolinéa del índice de continentalidad 10 separa la región marítima de la submarítima

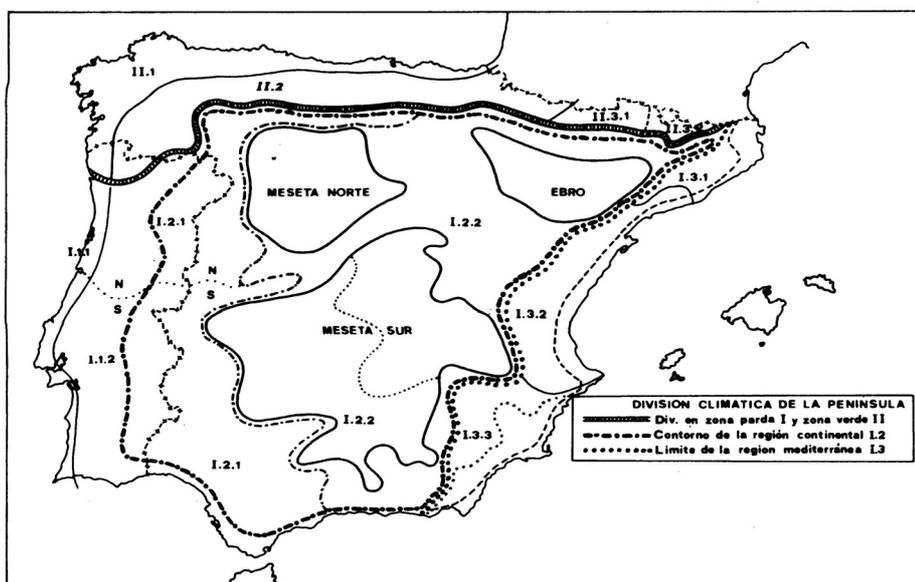


Figura 2. División climática de la península. Fuente: Font Tullot, I. Climatología de España y Portugal. Ediciones Universidad de Salamanca, 2000.

2.4.1. Zona “parda” (I), de clima mediterráneo.

I.1 Región atlántica: Caracterizada por sus veranos relativamente poco lluviosos o claramente secos, se distingue del resto de la Zona, esencialmente, por la templanza en sus inviernos gracias a la influencia del Atlántico. En cambio, en verano la ausencia de los vientos del Oeste reduce la extensión de esta influencia hacia el interior. Las condiciones semimarítimas sólo se dan en una estrecha franja litoral de las provincias de Huelva, Cádiz, Málaga, Granada y extremo occidental de Almería. Los veranos calurosos constituyen una característica general de las tierras bajas de esta subregión submarítima. La región del Estrecho se caracteriza por ser muy ventosa y por la gran frecuencia del “levante”.

I.2 Región continental: Las características continentales definen el clima de la mayor parte de la Península, de las que sólo se libran las áreas periféricas, cuyo ancho varía de 40 a 150 kms en el sector septentrional, 150 a 80 kms en el occidental, y 50 a 10 kms en el meridional.

La división en las subregiones de clima continental atenuado y clima continental extremado se basa esencialmente en las distintas condiciones invernales, ya que en verano no hay grandes diferencias debido a la disminución de la influencia atlántica. En la primera, los inviernos son suaves con temperaturas mínimas diarias, muy uniformes en toda el área. La Subregión continental extremada se distingue por su aislamiento orográfico que contribuye a resaltar su clima de carácter netamente continental mediterráneo. Estas características se reflejan en la gran extensión de la zona semiárida de la que prácticamente sólo quedan exentas las áreas montañosas. Se traduce en un mínimo pluviométrico invernal y por los máximos pluviométricos de primavera y otoño.

I.3 Región mediterránea: Se extiende desde el Empordà hasta Almería y comprende tres subregiones: la del Noreste, la del Levante y la del Sudeste, aunque algunos geógrafos aplican el calificativo de Levante al conjunto de las tres. La característica más significativa que la distingue del resto de la Zona pardas, es el máximo otoñal de las precipitaciones. Sus cantidades anuales disminuyen con la latitud, salvo las anomalías debidas al relieve, mientras que los inviernos se hacen más templados y los veranos más calurosos, secos y largos.

Otra característica singular del régimen pluviométrico de toda la región consiste en que, después del estiaje, las primeras lluvias otoñales importantes suelen ser de carácter tormentoso, ocasionalmente torrenciales. Salvo el Noreste, en el resto de la región predominan las condiciones semiáridas, con la excepción de la región montañosa de Alcoy, el margen oriental del Sistema Ibérico y una pequeña parte del Penibético.

El clima de Baleares: A pesar de la evidente similitud con el clima de la región mediterránea peninsular, la singular situación geográfica del archipiélago le confiere ciertas peculiaridades distintivas. Al igual que en la Península, el régimen climático del Mediterráneo es gobernado en invierno por el predominio de los vientos generales del Oeste en altura, y en verano por el anticiclón de las Azores. No obstante, la variación estacional de la circulación atmosférica en la superficie es más drástica en el Mediterráneo que en la Península. La cuenca del Mediterráneo occidental está rodeada de auténticas barreras orográficas con aberturas, más o menos angostas y expeditas, que resultan eficaces en la canalización del flujo aéreo y penetración de masas de aire de distintas características y origen, que llegan a alcanzar la Baleares, siendo las más importantes el Valle del Ródano, del Ebro, el portillo de Albacete y la depresión orográfica de Argel. Las depresiones típicamente mediterráneas, su génesis es el resultado de la combinación de la presencia de aire inestable sobre la superficie, cuando es invadido por aire marítimo polar, y del llamado efecto de sotavento, repercuten en el régimen de lluvias de Baleares. Los sistemas convectivos del Mediterráneo presentan ciertas similitudes con sus homólogos tropicales, tanto por la estructura de sus respectivas formaciones nubosas como por la extrema irregularidad temporal y espacial de las intensas lluvias a que dan lugar.

2.4.2. Zona “Verde” (II), de clima europeo

II.1. Región marítima: Comprende la mayor parte de la provincia de Pontevedra, la de La Coruña, la mitad Norte de la de Lugo y Asturias y la franja litoral de las de Cantabria, Vizcaya y Guipúzcoa. La costa occidental es más templada que la septentrional, la cual está más expuesta a los vientos dominantes del NW, mientras que la occidental se abre a los vientos húmedos y cálidos del SW, a los que la orientación de las rías bajas gallegas les facilita su penetración hacia el interior.

Tanto los vientos del NW como los del SW juegan un papel determinante en las cantidades de precipitaciones, en cuya distribución el factor orográfico es decisivo. El contraste entre los valores de las temperaturas máximas y mínimas absolutas con las condiciones oceánicas normales pone de manifiesto la vulnerabilidad de la región a las olas de frío y de calor. Las olas de frío se dejan sentir más en el litoral vasco. Más espectaculares suelen ser las olas de calor a las que contribuye en gran medida el efecto catabático –con vientos del Sur en el área cantábrica o del Este en la gallega. En el País Vasco las condiciones orográficas le hacen más vulnerable a las invasiones de masas de aire caliente del Sur.

II.2 Región semimarítima: Las condiciones climáticas semimarítimas se extienden hacia el este sobre algo más del tercio occidental de los Pirineos. Esta región abarca la provincia de Orense,

la mitad meridional de las de Lugo y Asturias, la mayor parte de las de Cantabria, Vizcaya y Guipúzcoa, la mitad septentrional de las de Álava y Navarra, el extremo Norte de la de Burgos y parte de las tierras altas de las de Huesca, León y Palencia.

En general, y a igualdad de altitud, en esta región las temperaturas medias son en invierno alrededor de 2° más bajas que en la región de la Zona Parda, mientras que en verano las superan en unos 2,5°.

Las oscilaciones anual y diurna de la temperatura son notablemente mayores que en la región marítima, aunque el grado de continentalidad que representan varía mucho de un lugar a otro, dada la complejidad del relieve.

También en esta región las ocasionales olas de frío o de calor desempeñan un importante papel. La menor altura del relieve permite que en todo el País Vasco los rasgos climáticos marítimos sean predominantes, manifestándose principalmente en la frecuencia de las lloviznas, nubes bajas y nieblas. Además, la configuración orográfica favorece la intensificación de las precipitaciones, dando lugar a un marcado máximo pluviométrico al Sureste de San Sebastián.

En los Picos de Europa y en el pirineo vasco-navarro, los climas de montaña y valle se manifiestan en toda su gran variedad y complejidad. La persistencia de la nieve sobre el suelo varía considerablemente según sea la altitud y la exposición. En amplias áreas la cobertura de nieve supera los 200 días al año y en los lugares más resguardados de la insolación existen áreas de nieve perpetuas.

II.3 Región pirenaica: Está integrada por los Pirineos Centrales y Orientales y se extiende por el Norte de las provincias de Huesca, Lérida, Barcelona y Gerona. Se diferencian de los Pirineos Occidentales fundamentalmente por su menor pluviosidad y distinto régimen pluviométrico, el cual permite, a su vez, dividirla en las dos regiones.

La variabilidad y complejidad de los climas locales de montaña y valle se da también aquí, donde en muchos valles el efecto foehn se muestra notablemente eficaz. En verano, las características climáticas de la depresión del Ebro penetran profundamente hacia los valles pirenaicos.

La influencia atlántica disminuye lentamente hacia el Este, aunque se mantiene en toda la región, manifestándose por la importancia de las lluvias invernales. En general, las cantidades mensuales de precipitación son máximas en los meses de Mayo y Junio. El verano en los valles suele ser notablemente más caluroso que en los de la vertiente francesa, mientras que en invierno las temperaturas son similares, siendo frecuentes que los puertos de los Pirineos Centrales queden durante largos meses bloqueados por la nieve. En los Pirineos Orientales la influencia marítima se hace patente en la duración de la insolación (cerca de 10h diarias los días de verano) y en la importancia de las nevadas de finales de invierno y principios de la primavera.

El clima de Canarias: Su situación en la región atlántica de los alisios del NE, de extraordinario interés meteorológico, conjuntamente con la complejidad de su relieve y la notable diversidad orográfica entre las distintas islas hace del archipiélago un laboratorio ideal para el estudio climático. En verano, se encuentran en el seno de la corriente de los alisios del NE, mientras que en invierno el límite medio septentrional de los alisios queda sólo unos pocos grados más al norte de la latitud de Canarias. La circulación del alisio en verano tiene un carácter casi permanente, en invierno suele alternar con otras circulaciones muy distintas relacionadas con las perturbaciones de la zona templada. La presencia de la corriente fría marina da lugar al transporte de aguas procedente de latitudes más septentrionales y al fenómeno de la surgencia a lo largo de la costa africana. En consecuencia, la superficie del mar mantiene una temperatura notablemente baja con respecto a la latitud. Cuando la masa del aire del alisio alcanza las Canarias, sigue manteniendo la temperatura que tenía en su lugar de origen, e incluso ha experimentado cierta disminución. El efecto de la altitud repercute sobre la presencia de una inversión de temperatura sobre la capa de aire del alisio. Si se asciende se notará una rápida disminución de la humedad y una subida de la temperatura. Esta superposición de masas de aire, tan distintas, afectan a la mayoría de los fenómenos del tiempo en Canarias. También el tiempo puede evolucionar si da lugar a la sustitución de la masa de aire marítimo, propia del alisio, por otra caliente y seca del continente africano.

2.5. La interferencia humana en el clima y sus efectos

En el sistema climático, las relaciones entre sus subsistemas han estado en equilibrio hasta que ha interferido el hombre e sus actividades cada vez más agresivas. Anualmente se incorporan a la atmósfera miles de millones de toneladas de gases, lo que ha redundado en la capacidad de absorber o reflejar la radiación solar de la superficie terrestre, que ha sufrido modificaciones muy considerables desde mediados de siglo XIX debido a la actividad industrial, así como a las prácticas agrícolas y ganaderas. El Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en Río de Janeiro (1992) reconocía que el cambio climático antropogénico puede “afectar adversamente a los ecosistemas naturales de la humanidad”. El efecto invernadero y, ligado al mismo, el calentamiento global inducido por la actividad del hombre, se iza como uno de los principales motivos de incertidumbre medioambiental a escala global. Desde que comenzó la industrialización, el uso de recursos no renovables se ha incrementado exponencialmente, al igual que la población mundial. La capacidad de reciclaje de la mayor parte de los gases traza de la atmósfera ya no es la adecuada, como lo demuestra el rápido aumento de las concentraciones de los gases efecto invernadero. El objetivo principal del

Protocolo de Kyoto (diciembre 1997) es la reducción neta de las emisiones de seis gases de efecto invernadero persistentes por parte de los países industrializados, en una medida del 5,2%, que significa una inversión de las tendencias tras doscientos años de crecimiento continuo del uso de los recursos, principalmente los combustibles fósiles. La concentración en la atmósfera de los gases de efecto invernadero, por sus propiedades radiativas, le confieren un papel relevante al sistema climático terrestre. Sus concentraciones en la atmósfera son relativamente muy pequeñas (se miden en tantos por millón), si exceptuamos el vapor de agua, que alcanza el 4% del volumen total. El vapor de agua es el agente más eficaz y el responsable principal de que la temperatura media sobre la superficie terrestre sea de 15 °C. El anhídrido carbónico (CO₂), es el agente después del vapor de agua, inductor del efecto invernadero. El CO₂ es transparente a la radiación en longitud de onda corta, pero absorbe muy bien entre 12.000 y 20.000 m. Su proporción ha pasado de 290 ppmv a comienzos de la era industrial a 379 ppmv en 2005. La tasa de incremento anual es del 1,4 %. El metano es un gas muy activo con una vida media en torno a doce años con una concentración global de 1783 ppbv en el año 2005. El óxido nitroso tiene una larga vida en la atmósfera, en torno a 130 años, y muestra una proporción del 15 % superior al de la época preindustrial, con una concentración de 319,2 ppbv en el año 2005. La tasa de incremento anual ha sido constante desde 1980. El ozono es un gas muy importante de efecto invernadero en la baja estratosfera y en la troposfera. El ozono es el responsable de la abrupta caída en la intensidad de la radiación solar que alcanza la superficie terrestre en longitudes de onda menores de 300×10^{-9} m. Aproximadamente, el 90 % del ozono se sitúa en la baja estratosfera. Dicho gas absorbe fácilmente la radiación infrarroja y ultravioleta. En las capas bajas de la atmósfera se produce fotoquímicamente en el aire contaminado. Es perjudicial para el ser humano, pues es un gas tóxico que produce daños irreparables, al mismo tiempo que incrementa el efecto invernadero. Entre las sustancias más importantes en la modificación de la capa de ozono, producidas por las actividades humanas, figuran los clorofluorocarbonos (CFC). En la actualidad la continua emisión incontrolada de subproductos industriales y agrícolas está cambiando los procesos radiativos de la atmósfera que de seguir intensificándose podrían llegar a incidir en el complejo sistema que determina el clima mundial. El hombre ha transformado profundamente la estructura de la superficie terrestre y con ello ha alterado su albedo. La interferencia del hombre en el cambio climático es imposible aún estimar su magnitud en el mismo y menos a escala regional. Sin embargo, se constata una tendencia actual en el lento pero paulatino calentamiento. Es cierto que desde 1870 a 2005 la temperatura media de la superficie terrestre ha sufrido un calentamiento cuantificable entre 0,6° y 1°C. El calentamiento global del siglo XX fue de 0,6 °C “lo cual parece que sobrepasa las tendencias naturales”. En la actualidad se cree que probablemente este calentamiento global sea el resultado del aumento de las concentraciones de gases de invernadero.

2.6 Especial referencia al cambio climático

Los cambios en la abundancia de los gases de efecto invernadero y de los aerosoles atmosféricos así como en la radiación solar y en las propiedades de la superficie de la tierra alteran el balance de energía del sistema climático. Estos cambios se expresan en función del forzamiento radiativo, que se emplea para comparar cómo una variedad de factores humanos y naturales influyen en el calentamiento o enfriamiento del clima global. El conocimiento de la influencia antropogénica en el calentamiento y enfriamiento del clima ha mejorado desde el tercer informe del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), llevando a una confianza muy alta de que el efecto neto medio mundial de las actividades humanas desde 1750 ha resultado en un calentamiento, con un forzamiento radiativo de $+1,6 \text{ Wm}^{-2}$. Desde la década de 1960, se han incrementado las observaciones integrales disponibles de glaciares y de la cubierta de hielo y, desde la década pasada, se cuenta con las del nivel del mar y del manto de nieve. No obstante, el alcance de los datos sigue siendo limitado en algunas regiones. El calentamiento del sistema climático es inequívoco, como lo evidencian ahora las observaciones de los incrementos en las temperaturas medias del aire y del océano, el derretimiento generalizado del hielo y de la nieve, y la elevación del nivel medio del mar en el mundo. A escala continental, regional y de la cuenca oceánica, se han observado numerosos cambios climáticos a largo plazo. Estos incluyen cambios en la temperatura y el hielo árticos, cambios generalizados en la cantidad de precipitación, la salinidad de los océanos, las pautas de los vientos y las condiciones climáticas extremas como sequías, fuertes lluvias, olas de calor y en la intensidad de los ciclones tropicales. La información paleoclimática apoya la interpretación de que el calor de la última mitad del siglo pasado es poco común al menos en los 1.300 años anteriores. La última vez que las regiones polares fueron significativamente más cálidas que ahora, durante un largo periodo de tiempo (hace unos 125.000 años), la reducción en el volumen del hielo polar elevó el nivel del mar de 4 a 6 m.

La mayor parte del aumento observado en las temperaturas medias mundiales desde mediados del siglo XX se debe muy probablemente al aumento observado de las concentraciones de gas de efecto invernadero de origen antropogénico. Las influencias humanas apreciables ahora se extienden a otros aspectos climáticos como el calentamiento de los océanos, las temperaturas medias continentales, temperaturas extremas y pautas del viento. Para las próximas dos décadas, se proyecta un calentamiento de unos $0,2^\circ\text{C}$ por decenio para una gama de escenarios de emisiones de gases. Incluso si las concentraciones de todos los gases de efecto invernadero y de aerosoles se hubieran mantenido constantes en los niveles del año 2000, podría esperarse un calentamiento ulterior de $0,1^\circ\text{C}$ aproximadamente por decenio. Si se mantienen las emisiones de gases de efecto invernadero al ritmo actual o a uno superior causarían un calentamiento mayor e

inducirían muchos cambios en el sistema climático mundial durante el siglo XXI, que muy probablemente superarían a los observados durante el siglo XX. El calentamiento antropogénico y la elevación del nivel del mar continuarían durante siglos debido a las escalas de tiempo asociadas con los procesos climáticos y los retroefectos, incluso si la concentración de gases de efecto invernadero se estabilizase.

Bibliografía

- [1] Capel Molina, J.J. El clima de la península ibérica. Editorial Ariel, 2000. pág. 239-248
- [2] Font Tullot, I. Climatología de España y Portugal. Ediciones Universidad de Salamanca, 2000. pág. 55-129; 240-263; 283-284.
- [3] Gil Olcina, A. y Gómez Mendoza, J. (Coord.) Geografía de España. Editorial Ariel. 2001. pág. 87.
- [4] Martín Vide, J. Mapas del tiempo: fundamentos, interpretación e imágenes de satélite. Editorial oikos-tau, 1990. pág. 49-51.
- [5] IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Enhen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Tema 3. Red hidrográfica y tipos de régimen fluvial en la Península Ibérica. Los recursos hídricos en España. La gestión del agua. La planificación hidrológica.

3.1 Red hidrográfica y tipos de régimen fluvial en la Península Ibérica

La escorrentía de las aguas superficiales se organiza por cuencas de drenaje, delimitadas por divisorias hidrográficas. La notoria variabilidad espacio-temporal del caudal en los ríos españoles depende, no sólo de la estructura de las precipitaciones, sino también de los componentes de los respectivos sistemas fluviales (tamaño de la cuenca, densidad de drenaje, pendientes, dispositivos litológicos y morfoestructurales, características hidrogeológicas de los acuíferos, estado y composición de la cubierta vegetal, usos del suelo, etc.).

La disposición de las unidades morfoestructurales marca una significativa disimetría entre las vertientes mediterránea (31 % de la superficie) y atlántica (69 %). Los ríos vierten al Mar Mediterráneo o desaguan al Atlántico y al Mar Cantábrico desde una divisoria que discurre por las cordilleras Bética, Ibérica y Cantábrica. Su mayor proximidad o lejanía del litoral o la propia arquitectura de los macizos y depresiones ibéricos marcan el tamaño de las cuencas fluviales.

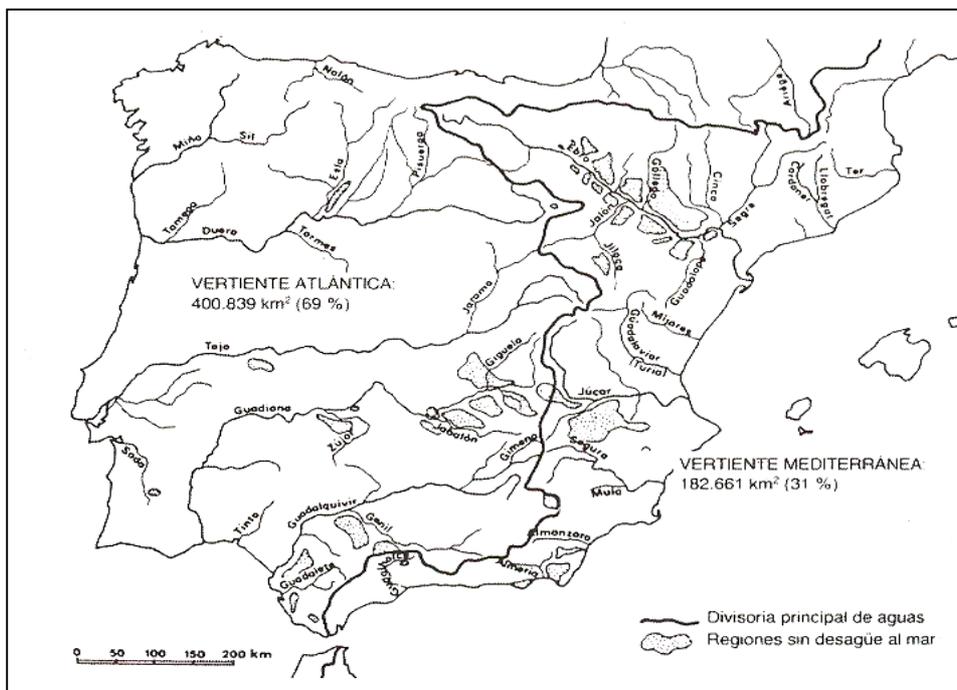


Figura 1. Disimetría entre la vertiente atlántica y la mediterránea de la Península Ibérica. Regiones sin desagüe al mar, tomadas de Lautensach. Fuente: Gil Olcina y Gómez Mendoza, 2001.

Las cuencas del Ebro, Duero y Tajo constituyen las mayores superficies vertientes, seguidas de Guadiana y Guadalquivir, Júcar, Miño y Segura. La forma (simétrica, alongada, etc.) de una cuenca expresa la compleja adaptación del trazado fluvial a las unidades estructurales, los posibles retrocesos de cabecera, reajustes neotectónicos, etc. A menudo, en las grandes arterias fluviales ibéricas se contraponen los acusados desniveles de cabecera y de sus tributarios en relación a los tendidos gradientes al paso por las depresiones terciarias. Por su parte, muchas cuencas fluviales cantábricas y mediterráneas marcan grandes desniveles y graderíos hacia el mar. Un río fluye hacia la desembocadura a través de una *red de drenaje* o concentración de la escorrentía superficial. Diferentes parámetros (longitud y orden de los cauces, densidad de drenaje, etc.) establecen las características topológicas de la red. La relevancia hidrológica de los afluentes se manifiesta durante las crecidas, especialmente si coinciden sus puntas porque magnifican las inundaciones. La escorrentía en un lecho fluvial puede ser perenne, estacional o efímera. Las grandes arterias fluviales y sus tributarios articulan complejos ecosistemas con multitud de ambientes riparios a causa de la imprevisible y recurrente fluctuación temporal del caudal (crecidas y estiajes). Algunas expresiones populares precisan ciertas características naturalísticas de los cauces. El genérico *rambla* denomina un sistema fluvial con sus ambientes riparios asociado a un régimen torrencial y espasmódico de la escorrentía. La ausencia de caudal durante gran parte del año, en un entorno semiárido y subárido, resulta de la desconexión hidráulica entre los acuíferos y el cauce. *Ribera* y *vega* son sinónimos de llano de inundación. *Ribera* es una margen aluvial llana, modelada por procesos fluviales, inundada de forma recurrente y donde se lamina el hidrograma de una crecida. Una *ribera* es un hidrosistema compuesto por formas fluviales, suelos aluviales y bosque riparios ordenados en función de la fluctuación temporal del caudal del río. Las *gargantas*, cañones, estrechos, congostos y hoces constituyen espectaculares paisajes fluviales de gran valor ambiental. Finalmente, los tramos de *lechos canalizados* son frecuentes en entornos urbanos. A menudo, se ha modificado la sección del canal para mitigar los desbordamientos. En algún caso, el cauce es totalmente artificial como resultado de una desviación o canalización más ambiciosa. Muchas manifestaciones geográficas de las aguas continentales están conectadas al comportamiento de las aguas subterráneas. Los acuíferos, alimentados por la infiltración y percolación, descargan en ríos de forma diferida en el tiempo. En consecuencia, los acuíferos -formaciones rocosas capaces de almacenar y transmitir agua- aportan la inercia de las descargas subterráneas a un contexto marcado por la variabilidad espacio-temporal de los regímenes hídricos.

El caudal de un río –alimentado por cambiantes aportaciones de flujo directo y flujo de base– constituye un balance más o menos diferido entre las precipitaciones (entradas) y la evapotranspiración (salidas). Las diferentes intensidades de estos dos últimos procesos sobre las cuencas hidrográficas generan sustanciales variaciones espaciales y temporales en el régimen de

los ríos peninsulares. La esorrentía media anual en España (del orden de 220 mm) se produce casi por completo a partir de la precipitación (unos 684 mm). Ambas se reparten de forma similar, aunque con mayor variabilidad en los caudales fluviales. Los 220 mm de esorrentía media anual encubren grandes diferencias territoriales. En ciertas áreas, la producción de esorrentía es inferior a 50 mm/año (sureste peninsular, La Mancha, el valle del Ebro). Por el contrario, en otras se superan los 800 mm (cuencas del norte y las altas cumbres ibéricas). Estas diferencias en la producción de esorrentía superficial implican que la vertiente atlántica drena el 75 % de las aportaciones fluviales, mientras que el restante 25 % desagua en el Mediterráneo. A su vez, la cuenca del Ebro descarga el 64 % de la esorrentía mediterránea. Por su parte, el ámbito del norte produce una esorrentía equivalente al resto de las cuencas atlánticas. Pero más allá de su interrelación con las precipitaciones, la variabilidad interanual de los aportes fluviales no es homogénea territorialmente porque la componente hidrogeológica no es suficiente para generar inercias y persistencias significativas interanuales. La España silíceo domina sobre la calcárea en la producción anual de esorrentía.

En cuencas fluviales que drenan regiones naturales homogéneas, las pautas de variabilidad estacional o mensual del caudal dependen de los respectivos regímenes de las precipitaciones. Valentín Masachs aplicó varias categorías simples (pluvial, pluvio-nival y nival) con tipos adaptados a variantes peninsulares (atlántico, mediterráneo, cantábrico, etc.). Obviamente, los grandes colectores ibéricos registran *regímenes complejos* o compuestos.

La *categoría pluvial*, la más frecuente entre los ríos españoles, es propia de cuencas homogéneas por debajo de los 1.000 m. Los caudales estacionales y mensuales (con alternancias de aguas altas y estiajes) mantienen un ritmo similar a la estructura estacional y mensual de las precipitaciones. En atención a los rasgos peninsulares, establece tres subtipos (atlántico, mediterráneo y subtropical). Los ríos de tipo *pluvial atlántico* –característico el norte y noreste peninsular- registran un máximo invernal y un mínimo veraniego. Las diferencias hidrogeológicas entre las cuencas gallegas y la Cordillera cantábrica acentúan la amplitud de la variabilidad estacional de los caudales. El tipo *pluvial mediterráneo* –representadas en amplias áreas semiáridas peninsulares- muestra el típico estiaje veraniego, muchas veces atenuado por la inercia hidrogeológica de los acuíferos. El momento de aguas más altas puede registrarse en otoño (fachada este peninsular) o en primavera (algunos sectores de las Mesetas) de acuerdo con la estacionalidad de las precipitaciones. En el tipo *pluvial subtropical* (béticas y sectores de La Mancha) se exagera el régimen estacional entre aguas altas invernales y el estiaje estival al escasear las aportaciones subterráneas. En este tipo y en el anterior, las pérdidas por evaporación son muy elevadas y en ambos se registran tandas de lluvias de alta intensidad horaria.

La categoría *pluvio-nival* -propia de los ríos de la montaña media (entre 1.000 y 2.000 m)- abarca cuencas cuyas escorrentías son producidas básicamente por precipitaciones y por una moderada innivación. Registran máximos de abril o marzo, aguas bajas estivales y una recuperación otoñal. Como muestra de cuencas de montaña media pueden citarse tramos de ríos del Prepirineo (Llobregat, Fluvià, etc.), de la Cordillera Ibérica (Guadalupe, Júcar, Túrria, etc.), del Sistema Central (Henares, Jarama, Tiétar, etc.), de la Cordillera Cantábrica (Pisuerga, Elsa, etc.) o de las Béticas (Genil, Guadalfeo, etc.).

La categoría *nival* es característica de los ríos de alta montaña peninsular, donde la precipitación nival desempeña un papel notable aunque en diverso grado que se especifican en varios tipos (nival de montaña, nival de transición, nivo-pluvial). El régimen *nival de montaña* es propio de las altas cumbres ibéricas por encima de los 2.500 m (Pirineo, Sierra Nevada, algunos torrentes en Picos de Europa, etc.). Los meses de mayo-julio son de aguas abundantes y el estiaje coincide con la estación ría (retención nival). Los casos más representativos se identifican en los tramos altos del Valira, Segre, Ter, Nogueras, Cinca, Gállego, etc. Por su parte, en el *régimen nivopluvial* aumenta la variabilidad hidrológica por la retención-fusión nival. Característico de montañas entre 2.000 y 2.500 m, se reconoce en ríos pirenaicos (el Segre en la Seu d'Urgell), cantábricos (como el Sella y Nalón), etc.

3.2 Los recursos hídricos en España

El territorio español recibe una precipitación anual media de 684 mm, lo que supone una aportación total de 346.000 hm³ /año sobre una superficie de 506.470 km². Por efecto de la evaporación (464 mm), la escorrentía superficial y subterránea totalizarían 220 mm, equivalentes a un volumen de recursos de 111.305 hm³/año, frente a los cuales si sitúan unos usos consuntivos de 35.323 hm³/año, o de 51.323 hm³/año si se contabilizaran los 16.000 hm³/año que se turbinan para producir hidroelectricidad. La aportación más destacada corresponde a la cuenca hidrográfica del Ebro, con 17.250 hm³/año, mientras que los archipiélagos balear (661 hm³/año) y canario (409 hm³/año), o el ámbito de la Confederación del Segura (803 hm³/año), reciben aportaciones más reducidas. A escala nacional hay importantes volúmenes de agua, pero esta no se halla disponible en las mismas condiciones de cantidad, calidad u oportunidad para todos los usuarios. No obstante, que España reciba en régimen natural de 111.305 hm³/año no significa que exista disponibilidad sobre idéntico volumen de agua. Los recursos garantizados se reducirían de un 38 a un 47 % de los recibidos en régimen natural. Varias son las razones. En primer lugar, de los 111.305 hm³/año, hay 29.908 que corresponden a la recarga natural de los acuíferos subterráneos y las posibilidades de acceso

a estos recursos son notoriamente inferiores. En segundo lugar, porque los 1.086 embalses existentes en España en 1996, con una capacidad de 53.806 hm³, eran incapaces de regular plenamente todas las aguas fluyentes, especialmente en los sistemas hidrológicos que cuentan con mayores caudales, es decir, Norte, Ebro y Duero. De esta capacidad total hay unos 17.595 hm³, un 34 %, reservado para aprovechamientos hidrológicos, concentrado sobre todo en las cuencas Norte, Ebro, Duero y Tajo, sin que exista posibilidad de consumo efectivo.

Los embalses de uso consuntivo suman 33.969 hm³, destacando por su mayor capacidad las cuencas del Guadiana, Guadalquivir y Tajo. Además de las infraestructuras de regulación, la disponibilidad de agua está también condicionada por la existencia de trasvases. Suele pasar desapercibido que el suministro de agua potable de grandes ciudades, como Barcelona, Madrid, Bilbao, Valencia, Murcia, Alicante, depende de trasvases de aguas y de complejos sistemas regionales de distribución alta. El Alto Tajo ha estado trasvasando un promedio de 300 hm³/año para riego y abastecimiento público a las cuencas del Segura, Júcar y Sur. El río Ebro cede una media de 200 hm³/año a las cuencas de Norte. Con 70 hm³/año, alimenta el trasvase Ebro-Campo de Tarragona, del que depende buena parte del suministro turístico a la Costa Dorada y el complejo petroquímico de Tarragona. Estos viajes de agua a gran distancia proporcionan agua potable a más de 15 millones de personas, además de completar dotaciones en actividades que generan importantes valores añadidos sociales y económicos como el turismo o la horticultura.

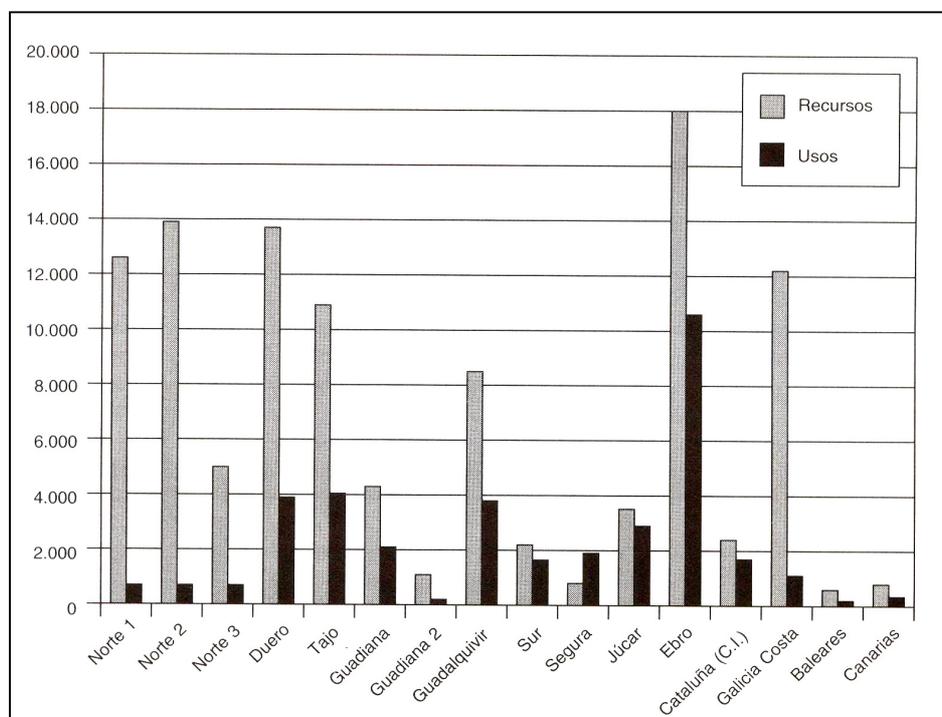


Figura 2. Recursos disponibles y demanda de agua según los respectivos planes hidrológicos, 1995 (hm³/año).

Fuente: Gil Olcina, A. y Gómez Mendoza, J. (Coord.) Geografía de España. Editorial Ariel, 2001

Los importantes avances productivos durante las últimas décadas en el aprovechamiento de aguas subterráneas constituyen el factor explicativo del notorio incremento del consumo de estos recursos en España, que ascenderían a 5.532 hm³/año. Este volumen supone el 18,5 % de la recarga anual media en régimen natural que totalizan los acuíferos del territorio español (29.908 hm³/año). De dicha cifra, tan sólo un 3,9 % pertenece a los archipiélagos balear y canario; en cambio, la mayor recarga anual en régimen natural corresponde a las Confederaciones del Norte 1 y 2, Ebro, Duero y Júcar. Además de los usos consuntivos que soportan estos recursos, conviene recordar su trascendencia en el funcionamiento de los sistemas hidrológicos continentales, como atestiguan las 21.070 hectáreas que totalizan los 101 humedades ibéricas, que deben su supervivencia a la conexión hidráulica con unidades hidrogeológicas. Las aguas subterráneas revisten gran interés para la satisfacción de demandas consuntivas, tanto por la excelente calidad que suelen ofrecer cuando no padecen contaminación como por la alta garantía de suministro que ofrecen si se afronta una situación de sequía en relación con los recursos superficiales.

El volumen extraído de acuíferos para atender diferentes usos consuntivos se repartirá de la siguiente forma:

- a) Unos 1.080 hm³/año para el abastecimiento de agua potable a 10.324 núcleos de población y 12.142.282 habitantes, destacando por su mayor consumo los archipiélagos balear y canario, y las provincias de Barcelona, Jaén, Alicante, Valencia y Castellón.
- b) Otros 4.664 hm³/año se destinarán al riego de 995.450 hectáreas, lo que supone alrededor de 29 % de los regadíos españoles. Por encima de este porcentaje quedan las Baleares (97%) y Canarias (82%), las cuencas del Pirineo Oriental (65%), Júcar (57%), Guadiana (47%).
- c) El volumen de aguas subterráneas suministrado para satisfacer usos industriales y no suministrado a través de sistemas de distribución urbanos se ha estimado en 360 hm³/año, con mayor grado de utilización en las Cuencas Internas de Cataluña, Júcar y Ebro.

Pero no todo son ventajas en relación al uso de aguas subterráneas. Al precario conocimiento de las características hidrogeológicas y las posibilidades reales de explotación de un gran número de acuíferos ibéricos se suma la falta de control en su gestión. Sigue sin poder conocerse con exactitud cuántos pozos existen en España, y sobre volúmenes extraídos o destinos consuntivos sólo hay estimaciones. Además, la explotación abusiva de reservas de agua subterránea ha

conducido a la declaración de sobreexplotación de 15 unidades hidrogeológicas. Los episodios de sequía de las dos últimas décadas han hecho prestar atención a los llamados recursos no convencionales, que incluyen la reutilización de residuales y la producción de aguas desaladas. Según estimaciones fidedignas, el volumen de residuales aprovechado en España excedería 200 hm³/año. La Comunidad Valenciana, con 120 hm³/año, ocupa el primer lugar. Siguen a la valenciana las regiones de Baleares, Murcia, Andalucía, Canarias y Cataluña, por este orden. La desalación de aguas marinas o salobres continentales es otra fuente no convencional que suscita gran interés para afrontar situaciones de insuficiencia permanente y sequías, sobre todo en las regiones de Canarias, Baleares, Ceuta, Comunidad Valenciana, Murcia y Andalucía. En el año 2002 España contaba con más de 250 plantas desaladoras, de mediano y gran tamaño, destinadas a abastecimientos urbanos, agrícolas e industriales, con una capacidad total superior a 710.000 m³/día. Esta cifra supone alrededor del 3,5 % del total de agua del mar desalada en el mundo diariamente, y coloca a España a la cabeza de los procesos de desalación de Europa. El principal destino corresponde al abastecimiento de poblaciones. Sobresale el archipiélago canario, con una larga tradición en las experiencias de desalación y capacidad de 300.000 m³/día. Las aguas obtenidas mediante desalación de agua marina son el recurso principal para el abastecimiento a poblaciones en Lanzarote o Fuerteventura, al igual que en la isla de Gran Canaria, donde el 90% de la población se abastece con agua desalada. Por su parte, las existentes en Baleares y en el resto del territorio peninsular funcionan completando suministros de agua potable de otra procedencia. El archipiélago canario cuenta con un centenar de plantas desaladoras de agua salobre para regadío, que se concentran sobre todo en la isla de Gran Canaria. Como reacción a la dura sequía de la primera mitad de los noventa y a la intensa salinización de sus acuíferos, en la región de Murcia se han instalado más de un centenar de pequeñas plantas para desalar aguas salobres subterráneas.

3.3 La gestión del agua

Las situaciones de escasez de agua dan lugar a una mayor competencia por el uso de los recursos hídricos y dificultan la gestión eficiente de los mismos. La elaboración de una política de aguas eficaz resulta, además, muy compleja debido a que el agua presenta características físicas, económicas y culturales que la diferencian de otros recursos, lo que hace que su ordenación resulte muy problemática desde el punto de vista administrativo. Los problemas de gestión se agravan porque la oferta y la demanda de agua varían notablemente con las estaciones. En la mayoría de los casos, la estación húmeda se corresponde con el periodo de menor demanda. En cambio, en la estación seca, pueden registrarse dificultades para satisfacer todas las demandas, en particular las demandas para usos agrarios, de carácter marcadamente

estacional. Por esto, las estimaciones y proyecciones de demanda y oferta de agua deberían realizarse para la estación seca y no en términos de medias anuales. La multiplicidad de usos y procedencias del agua, junto con sus particulares valores afectivos y culturales, han llevado a una mirada de doctrinas de derechos de agua y mecanismos de asignación de recursos hídricos. Estos mecanismos suelen distinguir tres tipos de sistemas de aguas: sistemas de aguas subterráneas, sistemas de aguas superficiales y sistemas de uso conjunto de aguas subterráneas y superficiales. Los marcos jurídico e institucional juegan, por tanto, un papel preferente en la ordenación de los recursos hídricos. A medida que la demanda de agua dulce aumenta, y siendo la oferta mundial limitada, se hace más necesaria una correcta estimación del valor económico del agua, que permita determinar la asignación óptima del agua a nivel intrasectorial e intersectorial. Puesto que los usuarios de agua no podrán obtener toda el agua que desearían utilizar, la asignación de la oferta limitada es un tema central en la gestión del agua. Cuando el agua es abundante en comparación con la demanda, las políticas, normas y leyes respectivas suelen ser sencillas, y su aplicación, poco rigurosa. Tradicionalmente, las políticas de aguas han actuado sobre la regulación de las cuencas hidrográficas, proyectando obras hidráulicas orientadas a satisfacer unas demandas que se suponían crecientes e independientes del coste del suministro adicional de agua. En muchos casos, la realización de los proyectos se justificaba por la provisión de bienes públicos difícilmente evaluables en términos monetarios (como la laminación de avenidas o la preservación de ecosistemas fluviales) pero que proporcionan beneficios considerables a la sociedad. En el pasado se ha prestado atención principalote a las cuestiones técnicas a la hora de realizar nuevas inversiones sin tener en cuenta el marco social e institucional existente, lo que ha llevado al fracaso de importantes proyectos de inversión. Se deberán tener en cuenta las restricciones económicas e institucionales, y que la tendencia es hacia proyectos sostenibles desde el punto de vista financiero. A este respecto, las políticas de precios públicos y los mecanismos de recuperación de costes podrían jugar un importante papel.

El continuo incremento de las demandas, que implica la necesidad de recurrir a fuentes de agua cada vez más costosas, junto con los problemas asociados de contaminación y deterioro del medio ambiente, están dando lugar a un cambio de orientación en las políticas de agua. Hoy en día se utiliza el concepto de la conservación del agua, para referirse a aquellas actividades que tienden a reducir la demanda de agua y mejorar la eficiencia del uso del recurso. Este concepto se ha ido ampliando para incorporar técnicas de ahorro de agua o de mejora de la gestión: inversiones en mejora de redes de distribución, tarificación sobre volúmenes realmente consumidos, instalaciones domésticas de bajo consumo, programas de información pública, reutilización de aguas residuales, uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas, etc. Uno de los problemas a los que se enfrenta la aplicación de las nuevas tendencias en gestión de recursos hídricos es la falta de información fiable, principalmente sobre los usos de agua. La

creación de redes de observación es una condición esencial para una gestión global e integrada de los recursos hídricos. Puesto que se reconoce la falta de datos fiables y comparables sobre el uso de los recursos hídricos, en los últimos años han surgido diversos proyectos de creación de base de datos, como la Agencia Europea del Medio Ambiente.

3.4 La planificación hidrológica

A mediados del siglo XVIII, ya se había planteado como gran meta la mejora de las comunicaciones mediante una gran red de canales, y con carácter complementario, aunque en algunos casos primarios, la ampliación del regadío; para lograr estos objetivos se emprendieron importantes obras hidráulicas, asumidas directamente por la Corona o planteadas en régimen de concesión. Los albores de la planificación hidráulica en España son fruto de los designios políticos del reformismo ilustrado. En franco contraste con una desmedida afición por los grandes canales, los pantanos no figuran entre las realizaciones de los gobernantes ilustrados hasta el último cuarto del siglo XVIII. Antecedentes obligados de las grandes presas actuales, suponen un importante cambio de orientación, ya que el típico embalse levantino de los siglos anteriores, debido a iniciativa local y con vaso reducido, deja paso a grandes pantanos de gestión enteramente estatal. Entre 1833 y 1843 se adoptaron una serie de decisiones de la mayor trascendencia para la ingeniería civil, en particular la creación de la Dirección General de Caminos (1833) o la reapertura de la Escuela de Caminos (1834). Todo ello permitió que el país pudiese disponer, en la segunda mitad de esa centuria, de un colectivo de ingenieros sólidamente formado cuando el regeneracionismo izó e hizo flamear la política hidráulica como bandera de salvación. Una Real Orden de 4 de agosto de 1833 reconocía, con carácter general, la conveniencia y necesidad de reglas precisas sobre concesiones de caudales de ríos y manantiales. Dicha preocupación hallaría amplia y cumplida respuesta en la segunda mitad del siglo, etapa singularmente fecunda para la consolidación del derecho de aguas en España, cuyos hitos más notorios son el real Decreto de 29 de abril de 1860, que establecía el orden de preferencia en los usos para la concesión de aguas públicas, la Ley sobre Dominio y Aprovechamientos de Aguas de 3 de agosto de 1866, primer código español y europeo sobre materia, y la Ley de Aguas de 13 de junio de 1879, normas básicas. En definitiva, el régimen de concesiones muy difundido en esa segunda mitad de siglo, dispuso de amplio respaldo legal y generosos incentivos. Mas que con dificultades técnicas, las realizaciones o proyectos hidráulicos decimonónicos, habitualmente a cargo de empresas concesionarias, tropezaron con carencia de recursos o planes de financiación de marcado carácter especulativo. La ingente labor legislatora en materia de aguas durante la segunda mitad del siglo XIX conduce, con frecuencia, a infravalorar las actuaciones encaminadas a la planificación hidráulica en dicho

período. En esta etapa se registra una iniciativa del mayor interés para el reconocimiento hidrológico en España a partir de la creación, en 1865, de las Divisiones Hidrológicas. No obstante su funcionamiento intermitente, las Divisiones mejoraron el conocimiento de los regímenes fluviales e hicieron patente la necesidad de su regulación para atenuar los estiajes. Preciso es detenerse, en el ideario hidráulico de Costa, vigente en nuestro país durante más de un siglo. Consideraba Costa un completo fracaso el régimen de concesiones y urgía el protagonismo estatal en la realización de las obras hidráulicas, afirmando que “el estado debe construir y explotar los canales y pantanos”. Esta solicitud de un decidido protagonismo estatal coincidía con los planteamientos e intereses del Cuerpo de Ingenieros de Caminos. Fruto de esta actitud será la elaboración del Avance de un Plan General de pantanos y canales de riego. Este Avance constituye el precedente obligado e inmediato del Plan General de Canales de Riego y Pantanos, sobre la base de más de 300 Memorias elaboradas por las siete divisiones de Trabajos Hidráulicos. Fue aprobado el 25 de abril de 1902; contenía 205 propuestas de actuación, concretadas en la realización de 110 canales y 222 pantanos, y transformación de 1.183.420 hectáreas. Acorde con los planteamientos regeneracionistas, el Plan básico de 1902 aparece como la respuesta liberal a la grave crisis agraria que atenazaba el país. Es de resaltar que, carente de la información necesaria a efectos de adoptar decisiones sobre las áreas más aptas para su transformación en regadío, optó, erróneamente, por un planteamiento uniformador, al considerar igualmente beneficioso el riego por doquier y utilizar como criterio decisivo el coste de conversión por hectárea. Ello conducía automáticamente a la preponderancia de los regadíos interiores, en detrimento de los mediterráneos, a pesar de ser aquéllos poco flexibles y rentables por sus largos y rigurosos inviernos. A diferencia del Plan General de Canales de Riego y Pantanos de 1902, sí resultaría extraordinariamente eficaz y fecunda la Ley de Grandes Regadíos o Ley Gasset de 7 de julio de 1911, que reguló las actuaciones públicas y privadas para el incremento de la superficie regada.

La Dictadura de Primo de Rivera modificaría radicalmente la política hidráulica, planteando la descentralización de actuaciones a través de organismos autónomos de nueva creación, las denominadas Confederaciones Sindicales Hidrográficas, a las que se atribuiría “la formación de un plan de aprovechamiento general coordinado y metódico de las aguas que discurren por el cauce de los ríos, el conocimiento e informe de todas las solicitudes de concesión de aguas públicas de la cuenca y la propuesta de concesión o caducidad de las que afecten a dicho plan”. Así pues, tras la promulgación del decreto de 5 de marzo de 1926 la política hidráulica española se había de desarrollar en el marco de las Confederaciones.

Sus logros fueron muy desiguales: El modelo no era la organización completa. Tenía, además, el grave achaque de la desigualdad; obedecía más a estímulos locales y esfuerzos personales que

a razones de alcance nacional. Dichos problemas son los que intentó resolver, finalmente, el I Plan Nacional de Obras Hidráulicas (1933), con una perspectiva unitaria, que representaba la supeditación de cualquier interés particular, ya fuese privado o regional, al horizonte nacional. Como objetivos básicos, el Plan Nacional de Obras Hidráulicas pretendía la corrección de dos desequilibrios: el hidrográfico entre las vertientes atlántica y mediterránea, y el desequilibrio económico, al ser las zonas agrícolamente más productivas y con mayor capacidad exportadora las peor dotadas en agua. La más novedosa e importante de las actuaciones encaminadas a dicha finalidad se concretó en el Plan de mejora y Ampliación de los Riegos de Levante. El Plan Nacional nunca tuvo vigencia legal, ya que revistió carácter orientativo; de ahí que no adquiriese naturaleza de proyecto de ley y no conociese el correspondiente trámite parlamentario.

El plan de 1940 ofrece un notorio cambio de perspectiva, dado que, con anterioridad, el punto de partida había sido la superficie a transformar en regadío y, en función de ello, se demandaban las transferencias necesarias; en cambio, ahora se comenzaba por la evaluación de los caudales disponibles y la necesidad de proseguir y profundizar los estudios antes de encarar cualquier trasvase.

Entre 1945 y 1979 se produce un sustancial avance en la regulación de los ríos alóctonos y de los autóctonos más caudalosos, al tiempo que se ejecutan obras de gran envergadura contra crecidas fluviales y para la transferencia y distribución de agua. En dicho intervalo la regulación de los ríos españoles, acometida por el Estado y las compañías eléctricas registró un crecimiento extraordinario. Este nutrido conjunto de pantanos ha motivado una intensa y generalizada alteración de los regímenes fluviales. La superficie regada, que prácticamente se duplicó entre 1904 y 1970, por más que dicho crecimiento sea, en buena parte, atribuible al período 1950-1970, sobrepasa hoy 3.500.000 ha. Esta fuerte expansión se debe también, en gran medida, a una ingente movilización de caudales subterráneos mediante la difusión de bombas.

Se desconoce u olvida que el replanteamiento de la política de trasvase en España se hizo, ya en el marco de los Planes de Desarrollo. Con ocasión del segundo de ellos, esbozando un plan maestro de corrección del desequilibrio hidrográfico nacional, incluían como novedades más notorias la valoración de que los aprovechamientos de sobrantes del Tajo y Ebro no constituían soluciones alternativas sino complementarias.

Demanda excepcional de recursos hídricos, aprovechamiento, en ocasiones, desmedido de recursos epigeos y sobreexplotación de acuíferos, así como contaminación de unos y otros, eran cuestiones y problemas que, desfasada la Ley de Aguas de 13 de junio de 1879, no había podido

prever. La Ley de Aguas de 2 de agosto de 1985, además de establecer la inclusión en el dominio de las aguas subterráneas define el dominio público hidráulico del Estado y regula la administración pública del agua en sus dos primeros títulos, dedica el tercero de ellos a la planificación hidrológica, desarrollado luego en el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica.

A pesar de que la Ley de aguas sitúa entre sus objetivos prioritarios la planificación hidrológica, hasta abril de 1993 no se remitió al Consejo Nacional del Agua el Anteproyecto del Plan Hidrológico Nacional, cuya ambiciosa meta, era una sustancial reestructuración hidrográfica del territorio español. Aspectos particularmente polémicos, entre los contemplados en el texto original, fueron trasvases, nuevos regadíos, precio del agua, optimización de su consumo y reciclaje del recurso.

Procedimiento de elaboración, planteamiento general, incorporación de actuaciones previstas en los Planes Hidrológicos de cuenca y sustancial reducción de trasvases constituyen los elementos fundamentales que diferencian el Proyecto del Plan Hidrológico Nacional del Anteproyecto de 1993. El pleno del Senado instó al Gobierno para que los Planes Hidrológicos de cuenca se concluyeran y aprobaran antes que el Plan Hidrológico Nacional. Hitos del largo itinerario han sido la aprobación de los Planes Hidrológicos de cuenca por real decreto de 24 de julio de 1998, publicación ese mismo año del Libro Blanco del Agua, reforma de la Ley de Aguas de 2 de agosto de 1985 por la de 13 de diciembre de 1999, la aprobación de la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, patrón por el que deberán perfilarse las políticas hidráulicas de los Estados miembros en el siglo XXI y, finalmente, la aprobación por ley 10/2001 de 5 de julio del Plan Hidrológico Nacional. La Ley, recogiendo la filosofía del Libro Blanco del Agua, pone especial énfasis en garantizar un uso racional y sostenible de los recursos hidráulicos, preocupación que se trasluce a lo largo de todo su articulado. Entre éstos por su singularidad merecen especial mención la gestión eficaz de las aguas para abastecimiento, la exigencia de máxima eficiencia en la gestión del recurso en las cuencas receptoras, la regulación de las reservas hidrológicas por motivos ambientales, la gestión de las sequías y regulación de zonas inundables, protección de las aguas subterráneas y conservación de humedales y actuaciones de sensibilización, formación y educación en el uso sostenible del agua. Para el desarrollo de las previsiones establecidas en los Planes Hidrológicos de cuenca, la Ley recoge en su anexo II un conjunto de actuaciones destinadas a mejorar el uso y conservación del recurso agua.

Bibliografía

- [1] Gil Olcina, A. y Gómez Mendoza, J. (Coord.) Geografía de España. Editorial Ariel, 2001. pág. 129-152; 441-454.
- [2] Gil Olcina, A. y Morales Gil, A. Insuficiencias hídricas y Plan Hidrológico Nacional. Editorial Universidad de Alicante, 2002. pág. 11-39.
- [3] Sumpsi Viñas et al. Economía y política de gestión del agua en la agricultura. Ediciones Mundi Prensa, 1998. pág. 19-30.

Tema 4. Caracterización y tipificación de los ecosistemas naturales en España. La geografía de los riesgos. Regiones sísmicas y riesgo sísmico. Regiones volcánicas y riesgo volcánico. Los incendios forestales. Inundaciones y períodos de sequía.

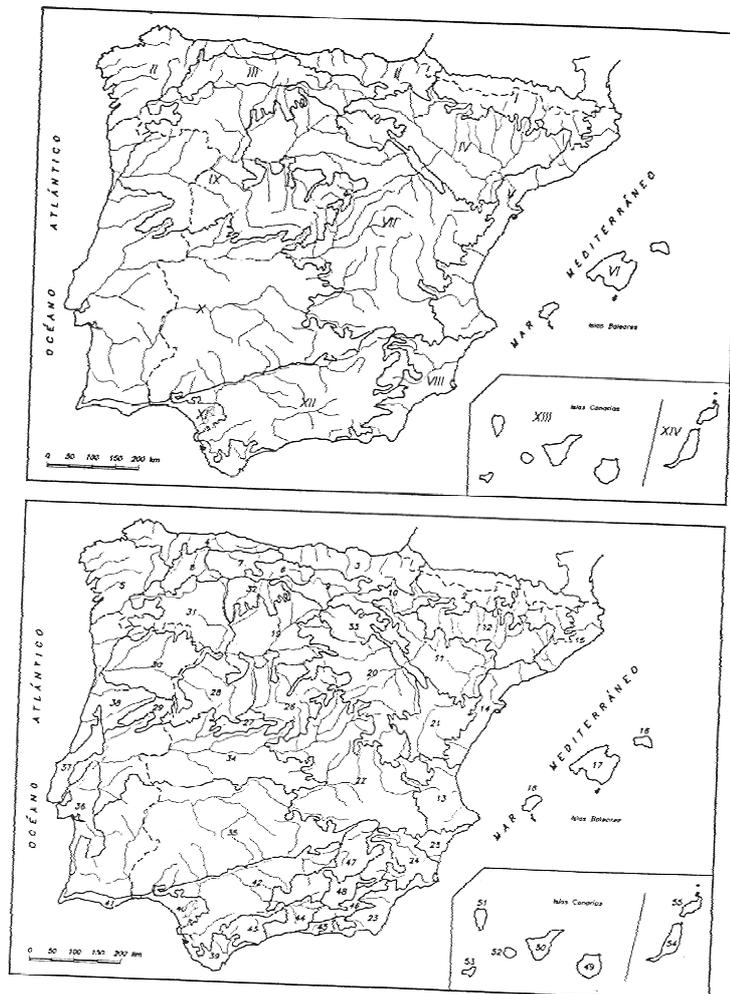
4.1. Caracterización y tipificación de los ecosistemas naturales en España

La península ibérica se sitúa en una encrucijada biogeográfica, entre los continentes europeo y africano, el océano Atlántico y el mar Mediterráneo, las cadenas alpinas circunmediterráneas y los zócalos hercínicos europeos. La actual distribución de los seres vivos y sus comunidades se relaciona con esta situación pero también con la diversidad de sus biotopos, con los fenómenos que se han sucedido en ella desde los últimos periodos de la era Terciaria hasta el Holoceno, y con la historia y cultura de los diversos pueblos que la han habitado. La vegetación ha experimentado variaciones durante el Cuaternario, ligadas a los cambios climáticos de este período. Las variaciones térmicas y los ciclos de xericidad y pluviosidad pleistocenos provocaron la desaparición de un gran número de elementos subtropicales que en algunos casos pudieron permanecer en refugios, la entrada de especies boreales y templadas orientales, así como la alternancia de tipos de vegetación adaptados a las condiciones climáticas dominantes.

Hace unos 10.000 años se inició una recuperación de los bosques templados que alcanzarían su máxima extensión en el período Atlántico (8.000 BP). El haya comenzó su avance hace tan sólo unos 3.000 años. La vegetación ibérica no ha variado sustancialmente desde el período Subatlántico (2.800 BP), aunque sí se han producido modificaciones en la estructura, composición y extensión de los bosques como consecuencia de la actividad humana. La características biogeográficas del territorio español son: la riqueza de la flora y fauna peninsulares y de la flora insular, relacionada con la historia geológica y biológica reseñadas; la diversidad de especies y comunidades derivada de esta misma historia y de los numerosos y contrastados biotopos que se han generado como consecuencia de las diferencias altitudinales y topográficas, climáticas, hidrológicas, edáficas, biológicas y culturales; el buen estado de conservación de amplios sectores del territorio en los que existen comunidades animales y vegetales aún poco alteradas, integradas por especies sensibles. Esto se debe, en gran medida, a que en el territorio español se conservan todavía extensos paisajes rurales en los que los usos agrarios tradicionales no modificaron de forma irreversible la estructura y composición de los ecosistemas.

Según la tipología corológica de Rivas-Martínez, España se divide en las *regiones biogeográficas* Mediterránea, Eurosiberiana y Macaronésica, estructuradas en tres, nueve y dos *provincias*, respectivamente. La región Eurosiberiana ocupa menos de la quinta parte de la superficie de la Península. Es la España húmeda que se caracteriza por la presencia en ella de los robles carballo y albar (*Quercus robur*, *Q. petraea*), en el piso basal, y por las hayas (*Fagus sylvatica*), en el montano. Luego, con humedad edáfica, aparecen los fresnos (*Fraxinus excelsior*), arces (*Acer opalus*, *A. platanoides*), avellanos (*Corylus avellana*) y olmos (*Ulmus campestris*, *U. minor*), entre otros. Sólo en el ámbito de Pirineos se incluirían a los abetos (*Abies alba*), el pino negro (*Pinus uncinata*) y a los rododendros (*Rhododendron ferrugineum*), que medran a favor de la altura. En muchos casos, la destrucción del bosque ha supuesto la extensión, como matorrales de sustitución, de las llamadas landas, en las que las especies más significativas pertenecen a las familias de las ericáceas y de las fabáceas.

La región Mediterránea es la más amplia, se extiende por la Península e islas Baleares, en ella viven la encina carrasca (*Quercus ilex* subsp. *ballota* = *Quercus rotundifolia*), el alcornoque (*Quercus suber*), el roble melojo (*Quercus pyrenaica*) y el pino carrasco (*Pinus halepensis*). Las islas Canarias forman parte de la región Macaronésica. En ella hay que destacar, además del elevado número de especies endémicas, tanto vegetales como animales, la presencia de especies desertícolas y de lauráceas. La menor altitud y proximidad al continente africano de las islas orientales del archipiélago (Lanzarote y Fuerteventura), las hacen más desérticas que las restantes. Las más recientes clasificaciones biogeográficas propugnan integrar estas islas en la región Mediterránea, formando la subregión Canaria. Cada una de las tres regiones se dividen en pisos bioclimáticos, cada uno de los cuales puede poseer varios ombrotipos o volúmenes de precipitación anual.



Región Eurosiberiana. I. Provincia Pirenaica: 1. Sector Pirenaico oriental. 2. Sector Pirenaico central. II. Provincia Cantabroatlántica: 3. Sector Cántabro-Euskaldún. 4. Sector Galaico-Asturiano. 5. Sector Galaico-Portugués. III. Provincia Orocantábrica: 6. Sector Campurriano-Carrionés. 7. Sector Ubiñense-Picoeuropeano. 8. Sector Lacio-Ancarense. *Región Mediterránea.* IV. Provincia Aragonesa: 9. Sector Castellano-Cantábrico. 10. Sector Riojano-Estellés. 11. Sector Bardenas-Monegros. 12. Sector Somontano-Aragonés. 13. Sector Setabense. 14. Sector Valenciano-Tarraconense. 15. Sector Vallesano-Empordanés. VI. Provincia Baleárica: 16. Sector Menorquín. 17. Sector Mallorquín. 18. Sector Ibicenco. VII. Provincia Castellano-Maestrazgo-Manchega. 19. Sector Castellano-Duriense. 20. Sector Celtibérico-Alcarreño. 21. Sector Maestracense. 22. Sector Manchego. VIII. Provincia Murciano-Almeriense: 23. Sector Almeriense. 24. Sector Murciano. 25. Sector Alicantino. IX. Provincia Murciano-Almeriense: 26. Sector Guadarrámico. 27. Sector Bejarano-Gredense. 28. Sector Salmantino. 29. Sector Estrellense. 30. Sector Lusitano-Duriense. 31. Sector Orensano-Sanabriense. 32. Sector Leonés. 33. Sector Ibérico-Soriano. X. Provincia Luso-Extremadureña: 34. Sector Toletano-Tagano. 35. Sector Mariánico-Monchiquense. 36. Sector Ribatagano-Sedense. 37. Sector Divisorio Portugués. 38. Sector Beirense litoral. XI. Provincia Gaditano-Onubo-Algarviense: 39. Sector Gaditano. 40. Sector Onubense litoral. 41. Sector Algarviense. XII. Provincia Bética: 42. Sector Hispalense. 43. Sector Rondeño. 44. Sector Malacitano-Almijareño. 45. Sector Alpujarreño-Gadoreño. 46. Sector Nevadense. 47. Sector Subbético. 48. Sector Guadiciano-Bacense. *Región Macaronésica.* XIII. Provincia Canaria occidental: 49. Sector Grancañario. 50. Sector Tinerfeño. 51. Sector Palmero. 52. Sector Gomero. 53. Sector Herreño. XIV. Provincia Canaria occidental: 54. Sector Majorero. 55. Sector Lanzaroteño.

Figura 1. Provincias y sectores biogeográficos de la Península Ibérica, Baleares y Canarias. Fuente: Peinado M. y Rivas-Martínez, S. La vegetación de España. Universidad Alcalá de Henares, 1987.

4.2. La geografía de los riesgos

El hombre, como el resto de los seres vivos, se encuentra sometido en cierta medida al medio natural que lo rodea. Es precisamente la naturaleza, tanto viviente como inanimada, la que proporciona los elementos necesarios para la existencia de las sociedades humanas, al tiempo que lleva consigo toda una gama de amenazas, dificultades e incluso peligros, contrarios al bienestar del hombre y, a veces, a su propia supervivencia. Desde que hace ya seis decenios se definió la geografía como "ecología humana" (Barrows, 1923), haciendo hincapié en "las relaciones existentes entre los medios ambientales naturales, de un lado, y la distribución y actividades del hombre, de otro", muchos geógrafos se preocupan por analizar las relaciones generales entre las poblaciones humanas y el medio.

Hoy está ya fuera de duda que cualquier examen crítico de las actividades del hombre como especie dominante en un ecosistema, aparte de atraer lógicamente la atención de investigadores de otros campos científicos, pone al geógrafo en contacto con cuestiones realmente fundamentales para la supervivencia de la especie humana y, por supuesto, para el mantenimiento de su calidad de vida (White, 1975). El paradigma de investigación de los riesgos comenzó a elaborarse a partir del análisis del fenómeno de inundación en la década de los cincuenta. En un principio se aplicó al estudio de una serie reducida de peligros de tipo natural (inundaciones, heladas, sequías, terremotos, etc.), para pasar pronto a la búsqueda de la identificación del concepto de "peligrosidad de un lugar", examinando el conjunto de riesgos, naturales o creados por el hombre, que se asocian de una determinada manera en un espacio definido. En los últimos años el sentido de la investigación se ha encaminado a determinar en qué grado los distintos tipos de adaptación humana al medio son en sí mismos generadores de riesgos, tanto relativos como específicos, y también a la creciente importancia de nuevos riesgos creados por el hombre, como la contaminación atmosférica o el ruido. Una definición sencilla de riesgo natural es considerarlo como "aquellos elementos del medio físico y biológico nocivos para el hombre y causados por fuerzas ajenas a él" (Burton y Kates, 1964). Ahora bien, resulta evidente que en la naturaleza no hay voluntariedad, que el medio en sí es tan sólo "materia neutral", lo que hace insatisfactoria la definición aludida ya que es, sin duda, el estado de las sociedades humanas afectadas por un evento lo que hará a este más o menos peligroso para ellas. Dicho de otra manera: es el nivel cultural y técnico de los distintos grupos humanos el que determina, en un momento dado, cuales de los elementos que conforman el medio son "recursos" y cuales son amenazas o "resistencias" para el hombre. Se trata pues de un problema de interacción entre el hombre y la naturaleza, interacción variable y gobernada por el estado de

adaptación respectivo entre el sistema humano de uso de la naturaleza y la situación de esta en sí misma. Desde un punto de vista geográfico, riesgo es la situación concreta en el tiempo de un determinado grupo humano frente a las condiciones de su medio, en cuanto este grupo es capaz de aprovecharlas para su supervivencia, o incapaz de dominarlas a partir de determinados umbrales de variación de estas condiciones. El contenido, por tanto, de la expresión "riesgo natural" es doble: por un lado abarca el esfuerzo continuo para hacer el sistema humano menos vulnerable a los llamados "caprichos" de la naturaleza; por otro la necesidad de afrontar en concreto aquellos acontecimientos naturales que exceden la capacidad de absorción del sistema de uso de su medio elaborado por cada sociedad.

4.3 Regiones sísmicas y riesgos sísmicos

La ocurrencia de terremotos introduce un riesgo, en el sentido más amplio, en la vida del hombre. La falta de un conocimiento completo del mecanismo físico impide realizar predicciones sísmicas en el intervalo de tiempo corto e inmediato (meses y días).

4.3.1 Distribución geográfica de terremotos

Una de las características más importantes de la distribución de los terremotos es que éstos están concentrados en franjas relativamente estrechas, que forman una red que divide la superficie de la Tierra en una serie de áreas cuyo interior es prácticamente asísmico. De estas franjas o lineaciones, unas ocupan los márgenes de los continentes y otras están situadas en el interior de los océanos, coincidiendo con las cordilleras submarinas. No en todos los márgenes de los continentes se producen terremotos, lo que permite separarlos en márgenes activos y pasivos. El margen occidental de la península Ibérica es un margen pasivo, mientras que su borde sur es activo. En general estas lineaciones están relacionadas con la existencia de fallas tectónicas. No todos los terremotos se dan a la misma profundidad, por lo que éstos se suelen clasificar en *terremotos superficiales* ($h < 60 \text{ km}$), *intermedios* ($60 \text{ km} < h < 300 \text{ km}$) y *profundos* ($h > 300 \text{ km}$). La representación geográfica de los terremotos de un área en que se especifique no solamente la posición del epicentro sino también una simbología relativo al tamaño (magnitud) o a la intensidad máxima epicentral I_0 o a la profundidad, son manifestaciones diferentes de mapas de sismicidad.

Los esfuerzos distensivos alpinos compartimentaron la Península Ibérica y las islas Baleares, marcando una compleja red de fraguas. Algunas dislocaciones siguen siendo funcionales en forma de movimientos seculares (neotectónica) o de movimientos rápidos (sismicidad). La sismicidad y la geotectónica de la Península Ibérica se relacionan con su posición suroccidental

en la placa euroasiática, próxima a la dorsal centroatlántica y adyacente a la gran falla norteafricana. En general, los bordes de placas son zonas de ajuste sismotectónicas las cuales se localizan de forma preferente en el S-SE peninsular y con carácter secundario en el sector Pirineos-Cataluña. La actividad sísmica en la España peninsular y Baleares es moderada comparada con otras regiones mediterráneas. No obstante, se han registrados terremotos destructivos, especialmente en Andalucía y en el costa mediterránea. Así, el terremoto de Torrevieja (21 de marzo de 1829) -cuyo epicentro debió situarse muy cerca de la costa– asoló poblaciones de la Vega Baja del Segura. El terremoto de Andalucía (25 de diciembre de 1884) ocasionó un alto número de víctimas y grandes pérdidas materiales (Muñoz, D., y Udías, A., 1991). En ocasiones, las costas atlánticas peninsulares –singularmente las comprendidas entre Lisboa y Gibraltar- han sido alcanzadas por tsunamis, esto es, ondas de largo período producidas por epicentros submarinos situados en la región sísmica de Azores-Gibraltar. El tsunami mejor documentado de época histórica acaeció el 1 de noviembre de 1755. El mecanismo focal debió activarse por un desplazamiento vertical del fondo oceánico en la zona sur del Algarve, a la entrada del golfo de Cádiz, y fue seguido de abundantes réplicas en los meses siguientes. La velocidad media de propagación de la onda fue de unos 89 m/s. Las olas del tsunami llegaron a alcanzar 20 m de altura en Cádiz y unos 30 m en el Algarve. Los daños materiales y las pérdidas humanas fueron muy cuantiosos (Campos, M., 1992).

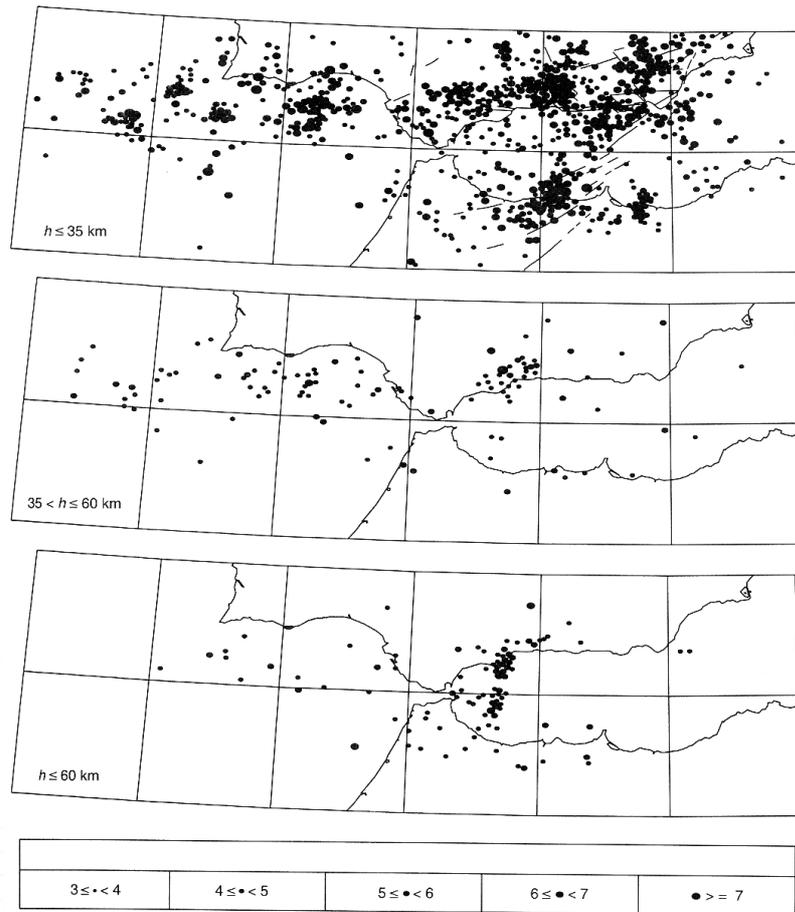


Figura 2. Distribución geográfica por profundidades y magnitud de la sismicidad de contacto Iberia-norte de África. Fuente: Mezcua y Rueda, 1997.

4.4 Las regiones volcánicas. El riesgo volcánico.

En cuanto al riesgo volcánico, el territorio español muestra dos sectores netamente diferentes. Por una parte, el área peninsular, con diversos sectores de vulcanismo “inactivo”: comarcas de La Garrotxa, La Selva y Empordà en Girona; sureste entre cabo de Gata y norte de Murcia y el Campo de Calatrava en Ciudad Real. No se puede hablar en propiedad de riesgo volcánico en la Península y Baleares. Muy diferente es la situación en el archipiélago canario. Las erupciones históricas se han producido en las islas de La Palma, Tenerife y Lanzarote, donde se conformaron aparatos volcánicos asociados a paroxismos fisurales. Por lo general, cada manifestación fue precedida de una etapa premonitoria (sucesión de fenómenos sísmicos, emanaciones gaseosas, anomalías térmicas, cambios de caudal en los cursos de agua), seguida de otra explosiva hasta alcanzar el momento paroxismal de emisiones lávicas y explosivas.

Posteriormente, la actividad volcánica se iría debilitando dentro de la fase post-eruptiva (fenómenos sísmicos, fumarolas, anomalías térmicas, procesos de fisuración) de lento enfriamiento de magma. Las manifestaciones históricas en La Palma y Tenerife –excepto la de 1704-1705- han generado edificios volcánicos simples, mientras en Lanzarote los conjuntos eruptivos son más complejos. En general, el volcanismo histórico apenas ha causado pérdidas en vidas humanas y el volumen de coladas emitidas ha sido de escasa consideración. No obstante, en dos ocasiones –comentadas a continuación- se han producido daños materiales. La erupción de la Montaña Negra (mayo de 1706) –en el sector de cumbres del noroeste de la isla de Tenerife– vertió sus lavas hacia el área de mayor pendiente. La rápida llegada de los derrames al sector costero destruyó parte de la ciudad de Garachico y rellenó su puerto. La erupción de Timanfaya (1730-1736) ha sido la manifestación volcánica más extensa y prolongada de todas las ocurridas en el archipiélago desde la conquista hispánica. La erupción originó un sistema de edificios volcánicos alineados en cuyo cruce principal se instaló la aglomeración más relevante (Timanfaya). A lo largo de un eje ENE-OSO, se suceden la Caldera Colorada, Pico Partido, Santa Catalina, los conos de las Montañas de Fuego, los cráteres de Timanfaya, Montaña Quemada, Montaña Rajada hasta la fisura eruptiva de Juan Perdomo. El episodio volcánico de Timfaya alteró la faz de la isla de Lanzarote. Todavía hoy los sectores ocupados por las corrientes lávicas siguen siendo improductivos mientras los cubiertos por materiales de proyección aérea ha conocido grandes transformaciones para los cultivos de enarenados. En 1974, parte de la erupción de Timanfaya fue catalogada como parque nacional. En síntesis, la actividad volcánica histórica en las islas Canarias evidencia un riesgo limitado. No obstante, las erupciones ocurrieron en un marco socioeconómico muy diferente y en sectores alejados de población. Cambios recientes de algunos parámetros (número de habitantes, densidad de población, infraestructuras, etc.) pueden aumentar la peligrosidad de futuras erupciones (Romero, C., 1991).

4.5 Los incendios forestales

El fuego tiene en los montes mediterráneos una presencia recurrente año tras año, con una intensidad que parece en crecimiento. La mayor o menor longitud de los ciclos de fuego se puede estimar por las especies presentes y por su morfología, desde las plantas arbóreas a las arbustivas y a las herbáceas, cuando el fuego se repite en ciclos cortos, y en sentido inverso cuando los ciclos se alargan. El gran problema actual en los países de clima mediterráneo se deriva de que los ciclos de recurrencia del fuego se acortan rápidamente y en numerosos sitios. Para examinar la situación actual de problema de los incendios en la región mediterránea

recurrimos al tradicional símil del triángulo del fuego (combustible-oxígeno-calor), convirtiéndolo en el formado por:

- a) La vegetación forestal como combustible.
- b) Los factores meteorológicos que condicionan la inflamabilidad de la vegetación y la propagación del fuego una vez iniciado.
- c) Los agentes causantes, que aportan la cantidad suficiente de calor para que la materia vegetal se inflame.

4.5.1 La vegetación forestal como combustible

Como resultado de su adaptación a las prolongadas sequías estivales, son muy frecuentes las especies con elevado contenido de resinas o de aceites esenciales, cuya concentración aumenta en verano y las hace altamente combustibles. Los pinares constituyen las masas arboladas más extensas de ambas orillas, norte y sur, del Mediterráneo. Es el problema del arbolado que, tras fuegos repetidos, es sustituido por una cubierta de matorral leñoso, que no tiene una simple resistencia, sino que es típicamente pirófito. En la composición florística de los montes derivada de la aparición periódica o errática del incendio resultan ser mayoría las plantas pirófitas que resisten como individuos o como especies al fuego. A esta evolución de la flora hay que superponer las variaciones que introduce el hombre cuando trata de restaurar la cubierta vegetal en aquellas zonas en las que el exceso de fuego ha conducido a un alto nivel de degradación. En la restauración, las especies que se deben elegir son las pioneras, generalmente pinos, que en los primeros años de su implantación presentan un peligro muy alto de incendios. Las dificultades para introducir otras especies hacen que las plantaciones sean monoespecíficas frecuentemente y que cubran extensas superficies continuas. Con ello, el riesgo de grandes incendios crece, al verse favorecida la propagación del fuego por la continuidad de los combustibles. Hay otra influencia importante que aumenta el peligro de incendios. Los cambios sociales y tecnológicos en la agricultura se han traducido para el monte en la interrupción generalizada de las extracciones de leñas y brozas. Ello ha producido, como consecuencia, el aumento de la combustibilidad del monte, ya que el fuego encuentra material ligero y bien dispuesto cerca del suelo para iniciarse y en cantidad suficiente para su propagación. Este problema es mucho más intenso en la orilla norte del mar Mediterráneo que en la orilla sur, donde la población rural mantiene todavía un nivel alto de extracción de leña de los montes para uso doméstico. Las dificultades que produce la acumulación de combustibles ligeros proceden en muchos casos de la ausencia de manejo del monte.

- **Los factores meteorológicos**

El clima dominante en el Mediterráneo condiciona de manera importante la situación. Veranos prolongados sin prácticamente nada de lluvia y temperaturas diurnas medias muy superiores a 30 °C reducen la humedad de la materia vegetal muerta a menos de cinco por ciento. En esas condiciones basta un foco instantáneo de calor (un rayo, una chispa, una cerilla, una colilla) para desencadenar una violenta conflagración. Junto con el calor y la falta de humedad, el viento es un factor meteorológico decisivo. Los vientos terrales de verano, caracterizados por su gran velocidad y poder desecante, como por ejemplo la *tramontana* de Cataluña y también el “poniente” de Valencia y el “levante” del estrecho de Gibraltar, hacen descender la humedad atmosférica por debajo del 30 % y contribuyen a propagar los fuegos trasladando pavesas a gran distancia. Los vientos secos y fríos de invierno también aumentan el peligro de fuego. Por ejemplo, el viento que barre el norte de España procedente de la meseta central, con frecuencia son causa de que se escapen las pequeñas quemadas provocadas deliberadamente por pastores y campesinos. Por comparación con el decenio de 1960, en que el clima del Mediterráneo fue templado y la lluvia relativamente bien distribuida, el decenio de 1980 se caracterizó por sequías muy prolongadas. La sequía en la primera mitad de los años noventa facilitó igualmente los grandes incendios.

- **Causas de los incendios**

La acción del fuego sobre los bosques es tan antigua como el mundo, de manera que los que existen son el resultado del equilibrio ecológico de la vegetación con el medio. Sin embargo, la intervención del hombre, cuya intensidad crece de modo parabólico con la densidad de población y con el progreso técnico, hace que el equilibrio se modifique, llegando a veces a resultados indeseables. El fuego es también una herramienta agrícola antiquísima, tanto para ganar terreno al monte y preparar su roturación como para despejar el suelo después de la cosecha y poder laborearlo de nuevo. Los ganaderos realizan quemadas de pastos para regenerarlos. En algunas regiones su acción ha eliminado el bosque en el transcurso de los tiempos. En los últimos treinta años, el fenómeno de la urbanización ha originado nuevos aspectos en las relaciones entre el monte y el fuego. El problema reside en la demanda de recreo o de expansión que surge como consecuencia de las artificiales condiciones de vida en las ciudades. El *Homo urbanus* busca descanso construyendo una segunda residencia en zona forestal o simplemente pasado en ella su tiempo libre o sus vacaciones anuales. Y con él lleva el fuego. Según los datos disponibles en España, dada la intensidad del problema, el 35 % de los incendios forestales se producen en los fines de semana. En las regiones de máxima concentración urbana y turística, el número de incendios atribuible a visitantes de los montes

oscila alrededor del 60 % (ICONA, 1968-1995). Los incendios forestales constituyen un fenómeno recurrente en las regiones mediterráneas. En los últimos años España ha experimentado las mayores pérdidas de cubierta vegetal a causa de los incendios de todos los Estados mediterráneos. En los últimos treinta años, la evolución ha sido ascendente tanto en el número de incendios como en la superficie arbolada -esto es, con aprovechamientos forestales y desarbolada. En la década 1981-1990, dos años (1985 y 1989) sobrepasaron ampliamente los valores medios en número y en superficies incendiadas. La causalidad de los incendios forestales en España es necesariamente compleja por la concurrencia de factores ambientales y sociales en el fenómeno. De entrada, los datos evidencian que los mayores riesgos de incendios se concentran en Galicia, montes de León y la cornisa cantábrica, regiones de la fachada mediterránea y zonas de montaña (interior de la Península, Canarias). De otra parte, la distribución estacional de los incendios parece relacionarse con los factores climáticos que condicionan el estado del combustible y la propagación del fuego. Los incendios en la cornisa cantábrica se inician coincidiendo con épocas secas de la primavera o del verano-otoño, en que se producen fuertes vientos locales. En Galicia, los incendios ocurren con mayor frecuencia en épocas de baja pluviosidad, con vientos secos en la segunda quincena de julio y mes de agosto, prolongándose a veces hasta los meses de septiembre y octubre. Por su parte, los incendios mediterráneos coinciden con los momentos de mayor déficit hídrico, altas temperaturas y vientos intensos. No obstante, esta relación debe matizarse porque la tendencia al alza del número de incendios en las últimas décadas no se ha producido con condiciones climáticas muy diferentes entre sí. Es evidente, por tanto, que los incendios forestales tienen una clara componente antrópica como causa estructural y como causa desencadenante. El cambio de los sistemas de poblamiento, el abandono rural, las segundas residencias de una sociedad industrializada, el abandono de prácticas agrícolas y ganaderas, la sustitución de especies y las repoblaciones de pirófitas, la desaparición de los regímenes de fuego tradicionales conforman un uso cultural de los montes que ha ido variando a lo largo del período 1961-1990. Entre las causas inmediatas, se estima que el 96% de los incendios son provocados por la acción del hombre (negligencias, acciones intencionadas, causas desconocidas). La mayor presencia de población en áreas forestales durante la época veraniega o durante los fines de semana aumenta el número de incendios por negligencias. Los incendios intencionados constituyen un factor importante aunque poco investigado.

4.6 Inundaciones y períodos de sequía

El motivo de la mayor parte de las inundaciones son las precipitaciones intensas, pero también pueden ocasionarse por fusión rápida de la nieve, por elevación del nivel del mar en el litoral o

por rotura de márgenes en un cauce. Las avenidas fluviales con efectos de inundaciones son el riesgo natural de mayor importancia en España, con manifestaciones especialmente peligrosas en las fachadas mediterránea y cantábrica. Sus peculiaridades dependen de gran número de factores: aguaceros copiosos e intensos, rasgos del sistema fluvial, litología, cubierta vegetal, morfología de los sectores potencialmente inundables y, en gran medida, de la acción humana cuyo aspecto más evidente es la intensa ocupación de los valles fluviales. Es, en realidad, una cuestión de umbral entre lo necesario y lo tolerable, entendido siempre bajo la cambiante óptica antrópica. Se trata de las dos facetas del agua, la del recurso y la del riesgo. Hasta un cierto umbral, los fenómenos de crecida, acompañados incluso de procesos de inundación, son apreciados como beneficiosos por las comunidades humanas. Superado dicho umbral, el rápido y concentrado exceso de aguas sobrepasa el margen de la tolerancia de esas sociedades, incrementando su grado de vulnerabilidad para convertirse en el factor de riesgo natural que más pérdidas de vidas y bienes ocasiona. En la definición del concepto de riesgo juega, por tanto, un papel muy importante, la presencia del hombre y su margen de tolerancia al exceso de agua. Cuando el flujo supera la capacidad de evacuación del cauce, el agua pasa a ocupar la llanura de inundación. El problema surge cuando el hombre se instala en las zonas inundables, el sustrato idóneo para la ocupación humana, dada la disponibilidad de agua, la fertilidad de sus tierras y su topografía llana. Esta ocupación, cada vez más intensiva, se ha acelerado en el último siglo, con el desarrollo económico. Poco a poco, las inundaciones, que en un principio no eran más que un fenómeno hidrogeomorfológico natural, pasan a convertirse en el riesgo de mayores dimensiones.

En definitiva, la relación hombre-medio en torno al agua presenta dos facetas, recurso y riesgo, separadas por un umbral definido por el margen de tolerancia de cada sociedad frente al peligro. Este umbral está muy ligado al grado de desarrollo de las comunidades humanas y, en consecuencia, resulta variable en el espacio y en el tiempo. En general, los patrones espaciales están bien definidos: la vulnerabilidad crece en relación inversa al grado de desarrollo de una sociedad. Sin embargo, no ocurre lo mismo con la variabilidad temporal. A lo largo del tiempo los riesgos se han incrementado. Afrontar el problema de las inundaciones no es tarea sencilla. España pertenece, en su mayor parte, a un entorno mediterráneo, donde el estudio de los procesos que generan las avenidas se complica. Contribuyen a ello factores como un mar interior cálido, que aporta agua y calor a la atmósfera, una situación latitudinal de transición entre ambientes húmedos por el norte y áridos por el sur, que favorece la incursión de masas frías en las capas altas de la atmósfera, en un contexto de aire más cálido; un territorio muy accidentado y una alta concentración humana en las llanuras aluviales. En España, la mayoría de las inundaciones se deben a causas climáticas, en concreto a precipitaciones extraordinarias de gran intensidad. Existen, no obstante, ríos de régimen nivo-pluvial (afluentes pirenaicos del

Ebro –Aragón y Gállego-; ríos Sella y Nalón en la cornisa cantábrica, o algunos derrames del Sistema Central) y nival (curso superior del río Caldarés y del Sallent, cabeceras del Cinca y Esera; el Segre) cuyas crecidas, concentradas en la primavera y principios del verano, presentan una clara componente de fusión.

Terrazas, llanuras y abanicos son los sectores de la cuenca que más población atraen, dada la disponibilidad de agua, la fertilidad de sus suelos y una topografía llana que facilita los asentamientos urbanos y las vías de comunicación. La geometría natural de los espacios inundables se ve modificada continuamente por edificaciones, cultivos e infraestructuras viarias. La continua alteración de las condiciones originales puede traer como consecuencia el anegamiento de áreas que nunca antes se habían inundado. La expresión territorial del riesgo de inundación fue estudiada sistemáticamente para la España peninsular por el MOPU (1988). A partir de la información aportada por los Planes Hidrológicos de cuenca se elaboró un catálogo a nivel nacional. En él se identifican 1.036 áreas con riesgo. El mayor número de zonas problemáticas se encuentran en la cuenca del Ebro (828), seguida de la del Júcar (132), la del Norte (123) y la del Guadalquivir (104). Resulta evidente que las zonas más vulnerables aparecen en la cuenca del Ebro y en las fajas costeras, como resultado de generar crecidas de gran magnitud y una intensa e indiscriminada ocupación humana del territorio. Las inundaciones catastróficas pueden producirse en cuencas de muy reducidas dimensiones, baste recordar las ochenta y siete víctimas mortales del barranco de Arás en la localidad oscense de Biescas –el verano de 1996-.

- **La sequía**

Comienza a hablarse de sequía cuando en una determinada región geográfica las disponibilidades de agua dulce, procedentes de la lluvia, de los ríos o del subsuelo, se encuentran de forma continuada por debajo de los valores habituales. El estudio de una sequía lleva consigo la descripción de la precipitación, de los niveles de los cursos fluviales, de la humedad del suelo y de las aguas subterráneas, referidos al tiempo de duración de la sequía, así como la extensión espacial del fenómeno y su valoración estadística en términos de frecuencias por comparación con las series de datos disponibles. La sequía es un fenómeno extremo que puede producir daños sobre los bienes y las personas y tener en general efectos negativos sobre la sociedad. El carácter catastrófico de una sequía viene condicionado, no sólo por el déficit de precipitación, sino también por el impacto que produce en la sociedad, y puesto que la sociedad está en constante evolución, ésta efectúa acciones de forma más o menos constante para disminuir su vulnerabilidad frente a este fenómeno. En consecuencia, los valores umbrales que permiten definir la sequía están también en constante evolución. La precipitación es el factor

individualmente considerado que obviamente tiene mayor influencia en la sequía, y constituye el condicionante climático principal. En general, todas las definiciones operativas emplean esta variable unida frecuentemente a otras, como la temperatura, la evaporación, la radiación, la insolación, etc. Los índices mixtos de este tipo son los mismos que se utilizan para las clasificaciones climáticas y para establecer el grado de aridez de las diferentes zonas geográficas. Cuando un año determinado el índice toma valores correspondientes a un clima seco en un área de características climáticas distintas es cuando se detecta la sequía.

En España, el Instituto Nacional de Meteorología ha adoptado el método de Gibbs y Maher (1967), las áreas donde la precipitación registrada es inferior al intervalo correspondiente al 10 % de los años más secos coincide con las áreas de sequía, para caracterizar las precipitaciones por comparación de éstas con los percentiles de la serie, y se han adoptado para su utilización los quintiles. Está muy generalizada, la utilización del índice de pluviosidad que resulta de la simple comparación de la precipitación, registrada en el período en que se presenta la sequía, con los valores promedios considerados normales, relativos a un período suficientemente largo y referidos al mismo período de tiempo. Así se dice que un año es húmedo, normal o seco si la relación entre la precipitación anual observada y la normal es superior, igual o inferior a la unidad.

La sequía difiere de otros fenómenos meteorológicos en su aspecto temporal. En general, es difícil determinar con claridad el principio del fenómeno, su fin y, en consecuencia, su duración. La determinación de la fecha de inicio es función del criterio que se siga para definir la sequía y, por tanto, dependerá del punto de vista bajo el cual se trate el fenómeno, y que no es lo mismo para un climatólogo, un hidrólogo o un agrónomo. Una sequía definida exclusivamente a través de la precipitación comenzará en aquella fecha en la que la lluvia sea inferior al valor fijado en la definición, mientras que una sequía definida con criterios agronómicos no empezará con el cese de la precipitación, sino cuando la reserva de humedad del suelo disminuya hasta tomar valores inferiores a los fijados como valores límites. El final de la sequía puede ser más fácil de determinar; en particular cuando se presentan precipitaciones lo suficientemente abundantes como para aumentar la reserva de agua en el terreno, hasta saturarlo y producir escorrentías. El análisis de la duración o persistencia se realiza mediante la delimitación de rachas secas, como conjunto de años/meses seguidos cuya precipitación está dentro del intervalo frecuencial elegido; por lo común se utiliza el intervalo del 40 % de los años/meses más secos.

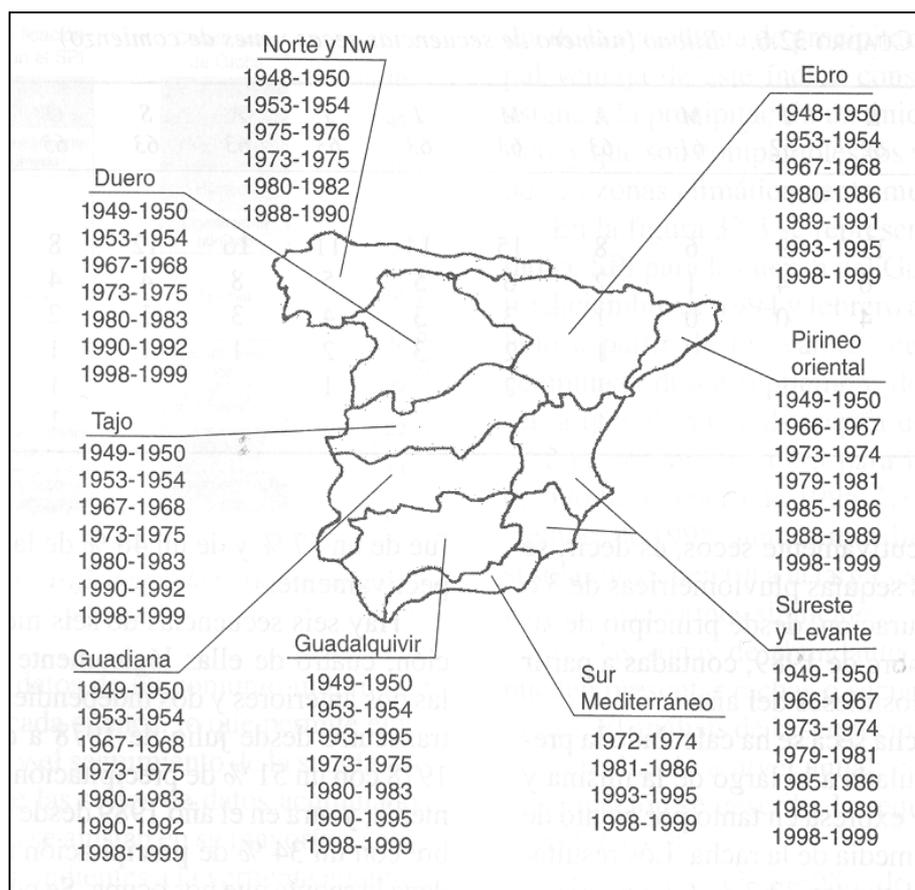


Figura 3. Sequías en las cuencas hidrográficas peninsulares. Fuente: Ayala-Carcedo y Olcina Cantos, 2002.

Las sequías prolongadas son una característica del clima mediterráneo. En estas zonas la variabilidad interanual de la precipitación es muy grande, y en consecuencia el coeficiente de variación toma valores altos, desde el 11 % en Galicia hasta el 40 % en el Sureste, aumentando de norte a sur y de poniente a Levante. En la vertiente mediterránea la variabilidad de la precipitación diaria toma valores espectaculares. Este hecho se traduce en un marcado carácter irregular de la lluvia con lo que la alternancia de periodos secos y húmedos constituye una de las características del clima. Esta connotación climática implica una dificultad adicional para la delimitación de la sequía desde el punto de vista temporal, así en nuestra vertiente Cantábrica la sequía de tipo estacional o incluso anual es un reflejo de las repercusiones de las sequías de corta duración en áreas de abundante pluviometría con escasa variabilidad interanual. Por el contrario en la España seca hay que considerar en las definiciones de sequía periodos temporales en general superiores al anual.

En el origen y desarrollo de un periodo de sequía en España hay dos factores que siempre están presentes: uno de modo permanente, la pertenencia de gran parte de las tierras ibéricas al

dominio climático mediterráneo que, *per se*, se caracteriza por aparición, algunos años, de períodos de sequía debido a su proximidad al cinturón planetario de subsidencia subtropical; en el segundo factor, desafortunadamente habitual salvo destacadas excepciones en la tradición hidrológica española, es la falta de una gestión eficaz de los recursos de agua que aúna demandas –crecientes- y ofertas que se ven muy mermadas en años de indigencia pluviométrica. Y ello con una incidencia variable según regiones y variedades climáticas, resultando ser las tierras del centro, sur y sureste peninsular, sobre todo estas últimas, las que con mayor frecuencia y más perniciosos efectos saldan el desarrollo de una secuencia seca.

Bibliografía

- [1] Ayala-Carcedo, F.J. y Olcina Cantos, J. (Coord.). Riesgos naturales. Editorial Ariel, 2002. pág. 254-295, 313-320, 563-573, 859-877, 1180-1196
- [2] Calvo García-Tornel, F. La geografía de los riesgos. Geocrítica. Cuadernos críticos de Geografía Humana. Año IX. Número: 54 Noviembre de 1984.
- [3] Mendez, R y Molinero, F. Geografía de España. Editorial Ariel, 1993. pág. 254-268

Otras citas:

- [4] Barrows, H.H.: “Geography as Human Ecology”, *Annals of the Association of American Geographers*, 13, 1923, pp. 1-14; traducido en Gómez Mendoza, Muñoz Jiménez, Ortega Cantero, *El pensamiento geográfico*. Madrid, Alianza, 1982, 530, pp. 336-348.
- [5] Burton, I. and R.W. Kates, “The perception of natural hazards in resource management”. *Natural Resources Journal* 3; 1964, pp. 412-41
- [6] Mezcua, J; Rueda, J, “Seismological evidence for a delimitation process in the lithosphere under Alboran Sea”. *Geophys. J. Int.* 129, 1997, F1-F8.

Tema 5. Costas y territorios insulares. Caracterización fisiográfica de las regiones costeras e insulares. Ocupación humana y desarrollo turístico. Riesgos y vulnerabilidad de los ecosistemas de las zonas costeras e insulares.

5.1. Costas y territorios insulares

En los últimos cuarenta años se ha avanzado bastante en el conocimiento de los 4.000 o 5.000 km –la dimensión depende de su consideración fractal- de la costa española peninsular. No es que estén resueltos ni todos los tramos ni todos los problemas, pero las perspectivas son cada vez más amplias gracias a la interdisciplinaridad. La franja litoral, gracias a sus mutaciones aprehensibles a una escala temporal humana, es un extraordinario laboratorio para la geografía física; el ecotono mar-tierra tiene una riqueza de interferencias o interfaces incomparable donde se viven las evoluciones más sugestivas de toda la geografía.

La subplaca ibérica, desgajada de la placa euroasiática, justifica por sí misma el frente cantábrico, a grandes rasgos rectilíneo. Su flanco meridional se encara con la placa africana y explica una intensa actividad neotectónica que trasciende a la costa andaluza, sudvalenciana y balear. Las alineaciones de los sistemas orográficos fundamentales responden de la mayoría de sectores litorales. Así sucede en la orientación general E-W de la costa norteña, con los cambios que experimenta, por ejemplo, en Euskadi. Los sistemas béticos determinan la costa desde Málaga a Almería y los promontorios de Palos y La Nau. Las “catalánides” justifican la alineación SW-NE desde Irta al Cap Begur, los bloques cretácicos al S del Besós y el batolito granítico del N. El Pirineo se responsabiliza de la prominencia del Cap de Creus. Las depresiones coinciden con costas bajas como el sinclinorio de Vizcaya. La bahía de Santander ocupa un *combe* anticlinal con un asomo de cadena litoral semejante a San Sebastián. La disposición de las rías cantábricas y gallegas es mayormente estructural. El golfo de Cádiz corresponde a la depresión del Guadalquivir, y la costa baja del Penedès y Tarragona es la terminación de la Depresión prelitoral, mientras que la del Empordà se abre al golfo de Roses. Algunos sectores asturianos y santanderinos son ejemplos de costa longitudinal, aunque puede interponerse la transversal en las bahías. En los promontorios béticos, Mallorca y las Pitiusas, las puntas son transversales, y los flancos, longitudinales.

5.2 Caracterización fisiográfica de las regiones costeras e insulares

La Península Ibérica presenta un amplio litoral rodeado por dos áreas marinas muy diferentes: el Mediterráneo y el Atlántico, por consiguiente, la morfología de sus costas es también muy variable dependiendo ésta de varios factores entre los que cabe destacar: contexto estructural, litología, sistemas de corrientes litorales en sentido amplio, y los testigos de antiguas posiciones del nivel del mar a lo largo del Cuaternario. No obstante, la costa es un ente muy dinámico que cambia prácticamente a diario no sólo por causas naturales, sino muy especialmente y, en particular desde los últimos 2.000 años, por la intervención humana. La construcción de embalses, diques, espigones y la deforestación en particular ha hecho que los puntos de acreción y retroceso de las costas se hayan desplazado a lo largo del tiempo, originando cambios en el trazado morfológico del litoral. Las costas mediterráneas de tipo micromareal (R.M.2m) las mediterráneas y mesomareal las atlánticas (R.M.2-4m).

5.2.1 Litoral mediterráneo

- **Costa Catalana:** en la morfología costera actual se pueden distinguir dos claros dominios litorales bien contrastados: La Cataluña Septentrional en la que los volúmenes montañosos separados por amplias fosas se disponen perpendicularmente a la costa y la Cataluña Central y Meridional en donde los relieves se disponen paralelos o ligeramente oblicuos a la línea de costa. Dentro del dominio geomorfológico litoral se *distinguen dos grandes conjuntos morfogenéticos: deltas y costas con acantilados*. Los deltas son protuberancias costeras formadas en la desembocadura de los ríos que aportan a la costa y a la parte interna de la plataforma más sedimento del que pueden redistribuir los procesos marinos. Entre otros, encontramos el Delta del Ebro la evolución de la llanura deltaica está regida por la difluencia del cauce funcional ocurrida a la altura de la isla de Buda y por la formación y erosión de barras frente a la actual desembocadura y en diversos puntos de la costa del delta. El Delta de Llobregat: se puede distinguir un sector en retroceso entre la desembocadura del Llobregat y la Laguna de Ricarda, una zona estable entre la laguna de Ricarda y Castelledefels y por último al sur de este sector, el delta presenta un ligero avance hacia el mar. Dentro de las costas con acantilados los hay que presentan abruptas pendientes y amplios desniveles, generalmente desarrollados sobre materiales precuaternarios, como el Macizo de Garraf, sector costero donde la Cordillera litoral corre próxima al mar, etc.; y otros con cantiles que no superan los 20 m. En general estos últimos se desarrollan sobre materiales pleistocenos muy cementados correspondientes a sistemas de abanicos aluviales antiguos.

- **Litoral de Castellón-Valencia:** la morfología de esta costa presenta un claro control estructural. El relieve actual que se caracteriza por un escalonamiento progresivo de los materiales hacia el Este y una acusada subsidencia en el área próxima a la línea de costa donde se registran espesores de sedimentos cuaternarios del orden de 200 m. El trazado de la costa actual se caracteriza por su forma en arco que queda delimitada por las protuberancias del delta del Ebro y el Cabo de San Antonio al Sur. La llanura prelitoral que alcanza su máxima extensión en la zona central del arco, alrededores de Algemesí, se queda muy reducida en la parte septentrional donde las vertientes de la Sierra de Irta y de Oropesa entran prácticamente en contacto directo con el mar en algunos puntos. *Litoral Delta del Ebro-Castellón:* Dicho litoral es un claro ejemplo de paralelismo entre la línea de costa y las direcciones tectónicas principales correspondientes a las últimas estribaciones de la cordillera costero-catalana. El sistema de bloques hundidos y levantados que caracteriza dicho litoral da lugar a que algunos ríos importantes, tales como San Miguel, Chincilla y Mijares, formen en su desembocadura abanicos deltaicos que quedan reflejados en el trazado de la costa mediante inflexiones convexas. *Litoral entre Castellón-Cabo de la Nao:* es una costa de tipo lineal pero de forma arqueada de la que únicamente destaca el relieve mesozoico del Cerro de Cullera. Las áreas más deprimidas de esta llanura litoral la ocupan antiguas albuferas hoy colmatadas con la excepción de la Albufera de Valencia. El cierre de estas lagunas se ha llevado a cabo mediante restingas constituidas por cordones litorales sobre los que se apoyan sistemas dunares, el más importante de los cuales se sitúa entre Valencia y el cerro de Cullera con una longitud de 28 km. Y una anchura superior a 1 km., interrumpido actualmente por dos golas (Perellonet y Perelló).
- **Las costas de las Cordilleras Béticas:** En general el trazado de esta costa resulta de la combinación de los movimientos neotectónicos y de la dinámica litoral. *Cabo San Antonio-La Nao-Cabo de Palos:* esta área viene limitada al Norte por los relieves Prebéticos que están prácticamente en contacto con el mar y al Sur, por los relieves béticos de la Sierra de Cartagena. El sector intermedio está constituido por litorales bajos correspondientes a depresiones tectónicas en las que como elemento morfológico característico destaca el desarrollo de lagunas litorales aisladas del mar mediante flechas sobre las que se suelen desarrollar amplios sistemas dunares. Dentro del litoral prebético resaltaríamos la península de los Cabos de San Antonio y la Nao, sobre ella se desarrolla una superficie plana muy extensa inclinada hacia el mar. Hacia el Sur destaca el Peñón de Ifach que es un tómbolo unido a la Península por un cordón de dunas tirrenienses sobre las que se apoyan dunas actuales. Las salinas de Alicante, Santa Pola, La Mata, Torrevieja, Mar Menor, representan sinclinales de orientación general E-O o NO-SE La llanura del Elche: en la zona litoral de

esta depresión se desarrollan las Salinas de Alicante (o el Saladar) que quedan aisladas del mar por los cordones de playas y dunas, los Arenales del Sol. Hacia el Sur se destaca en el trazado costero el Cabo de Santa Pola labrado sobre calizas biogénicas del Mioceno.

Campos de Cartagena-Mar Menor: el Campo de Cartagena es una amplia llanura costera situada al Norte de la Sierra de Cartagena. Esta depresión remarcablemente plana se inclina suavemente hacia el mar. En el centro y en la zona litoral de esta depresión aparece el Mar Menor, la mayor laguna litoral de la costa española, con una profundidad máxima de alrededor de 7 m. El cordón de cierre de esta laguna lo constituyen sistema de flechas dunares. *La costa entre el Cabo de Palos y Adra:* el trazado de los amplios Golfos (Mazarrón, Almería) y el saliente del Cabo de Gata constituido por materiales volcánicos. El trazado actual de la costa y por consiguiente su orientación está claramente controlado por el paso de una serie de accidentes que han funcionado a lo largo del Cuaternario. *El golfo de Mazarrón:* destacan en la costa a modo de espolones rocosos los relieves de Cope, Isla del Fraile, la Peña Aguíllica y el Castillo de Águilas, por el paso de un sistema de fallas, el único tómbolo real lo constituye la isla del Fraile que está unida a tierra mediante un sistema de dunas cementado. Hacia la zona de Carboneras la costa se hace bastante abrupta culminando en el relieve volcánico de la Mesa de Roldán. Entre el relieve volcánico de Gata y el saliente del Campo de Dalías se abre el Golfo de Almería en el que el delta del río Andarax constituye aproximadamente el eje central del mismo. El acantilado actual tiene fuertes desniveles, paleoacantilados. En el litoral de Málaga cabe reseñar la presencia de una serie de plataformas costeras, la mayor parte de ellas de origen dudoso. El mejor ejemplo lo constituye “la Plataforma del Candado” (55-60 m.) de origen marino. Los grandes ríos desembocan en esta costa: Higuierón, Torrox, Seco, Guadalmina, Guadalhorce, Fuengirola y Río Verde (Marbella) dejan o bien extensas llanuras aluviales o, en la mayor parte de los casos, deltas.

5.2.2 Litoral atlántico

- **Golfo de Cádiz**

La costa de la Depresión del Guadalquivir: los elementos fundamentales son los sistemas de flechas litorales, las marismas, y los cordones eólicos. Por otra parte, las playas arenosas de esta costa son las más desarrolladas tanto en extensión como en longitud de todo el litoral español. Las marismas constituyen las zonas de más bajo relieve de la costa, son áreas de depósito, amplias, de poca profundidad, con baja energía de oleaje. Estas llanuras están recorridas por multitud de canales por los que entra y sale la marea y que son conocidos en el país con el nombre de Caños y Esteros. Los más desarrollados son los que corresponden a los estuarios del Guadalquivir y del Tinto-Odiel. *Las flechas litorales:* entre la desembocadura del río Guadiana

y el Guadalquivir se desarrollan varios sistemas de flechas. Las más importantes son la del Rompido, la Punta Umbría y la flecha de Torre del Arenal y por último la de Doñana que aísla las marismas del Guadalquivir. *Acumulaciones eólicas*: las dunas de Doñana constituyen el mayor complejo eólico de Europa. La costa de Cádiz: la falla del Guadalquivir determina la clara asimetría de este estuario próximo a su desembocadura. La morfología cóncava de la costa en la zona de Sanlúcar, que afecta incluso a la distribución de la propia ciudad, Barrio Alto y Barrio Bajo, se debe a que el límite entre los dos barrios constituía un paleoacantilado. La costa se comporta como un claro litoral en retroceso, todos los búnkeres que fueron construidos entre 1936-1941 están hoy en día dentro del mar. A partir de Tarifa los acantilados caen directamente al mar quedando poco espacio para el desarrollo de playas. Por último, entre los salientes de Punta Carnero y Punta de Europa, se abre la Bahía de Algeciras.

- **Litoral Cantábrico y Galicia**

Litoral Cantábrico: son sin lugar a duda las Rasas el elemento morfológico a destacar en esta costa. Se denomina “Rasa” a una superficie erosiva inclinada suavemente hacia el mar y limitada hacia el interior por un gran resalte. En los tramos costeros en los que no se desarrollan las Rasas o bien el relieve cae directamente al mar, o se desarrollan las rías que en esta costa (Cantabria-País Vasco) no tienen el significado clásico de las gallegas, sino que más bien se corresponden con estuarios. En general suelen presentar una boca estrecha (Tina Myor, Tina Menor, etc.) y en la mayor parte de los casos actualmente están ya colmatadas. Los sistemas dunares están poco desarrollados en este litoral. En el área del Cabo de Peñas se desarrolla un manto eólico y un pavimento de cantos enlizados. *Litoral de Galicia*: el litoral gallego presenta una costa septentrional poco recortada en comparación con la occidental en la que el mar se adentra varios kilómetros. De entre todos los rasgos de la costa gallega no hay duda que son las Rías el elemento característico de los mismos. Por definición una Ría se caracteriza por tener bordes acantilados debido a su construcción en rocas duras, aguas profundas en su parte central externa y pequeños cauces fluviales que desaguan en la parte más interna, que a su vez coincide con depresiones debidas al desarrollo de un graben. Por consiguiente uno de los rasgos distintivos de una ría es el carácter facial de su parte interna, mientras que la zona externa queda bajo dominio marino al estar sumergida, salvo que los rellenos sean importantes en cuyo caso pasan a un estuario.

5.2.3 Las islas Canarias

En las costas actuales de Canarias dominan los procesos de erosión sobre los de acumulación, por lo que el predominio de acantilados es claro. Dada también la relación entre volcanismo y dinámica litoral, la morfología costera resulta de la combinación entre las estructuras de los

materiales que se encuentran en el litoral, sus litologías, sus cronologías, sus posibles remodelaciones posteriores y las interferencias eruptivas. Como consecuencia, se distinguen las siguientes formas actuales principales:

- a) Costa de grandes acantilados (entre 100 y 500 m). Los escarpes son verticales y, en general, funcionales, aunque a veces poseen un pie detrítico.
- b) Costa con acantilados de menor envergadura, que pueden oscilar como máximo entre los 70-150 m. y como mínimo entre los 5-10 m.
- c) Playas, que por lo general, suelen tener escaso desarrollo; comúnmente son franjas dispuestas al pie de los acantilados o en la desembocadura de barrancos –con cantos y bloques-, aunque también existen algunas largas formaciones arenosas, incluso, en ocasiones, asociadas a formas dunares.

En líneas generales, la disposición de las costas insulares está en lógica relación con el dibujo en planta de las islas, con su volumen –muy variable-, su edad –del terciario al año 1971-, su morfoestructura, sus materiales –básicos, sálicos, efusivos, explosivos- y su modelado subaéreo, todo lo cual permite hablar de costas diferenciadas en macizos antiguos, en conos, en coladas, en domo, en barrancos, etc., teniendo presente la interferencia de la eruptividad. En el dibujo en planta podemos distinguir también disposición de costas propia de *islas lineales* (Fuerteventura, Lanzarote –NE-SO- y La Palma –N-S-, islas edificadas según ejes dominantes), de *islas angulares* (Tenerife y El Hierro –NE-SO, NO-SE Y N-S-), edificadas según cruce de líneas directrices; y de *islas circulares* (La Gomera, Gran Canaria), construidas según un enrejado denso de dichas directrices.

5.2.4 Las islas Baleares

El perímetro costero se multiplica por la insularidad. Los 200 Km. largos de perímetro de Menorca muestran un aplastante predominio de costa acantilada. En efecto, una muralla rocosa forma el litoral de Tramontana. La fosa del puerto de Maó, extraordinariamente largo (5,5 km) y profundo, no sufre ningún efecto sedimentario fluvial ni marino, al quedar casi cerrada por la isla del Llatzaret y la península de la Mola. La mitad norte, más antigua y muy afectada por la fracturación, tiene desde la Mola a Faváritx un cantil bajo con frecuentes escollos, recaladas y penetraciones. Desde el promontorio de Fornells la costa se hace más brava con cortes de 200 m en sa Halconera, para bajar de nuevo. El puerto de Ciudadela se prolonga hasta la desembocadura de una rambla; en él se produce periódicamente el curioso fenómeno de las *rissagues*. La costa de Migjorn, menos articulada. Algunos arenales de la costa de tramontana llegan a desarrollar interesantes campos de dunas e incluso pequeñas albuferas.

La isla de Mallorca puede dividirse a efectos litorales en tres conjuntos, el de las sierras, el de sa Marina y el de las bahías. La Serra Tramuntana ofrece su *Costa Brava* –nombre originariamente mallorquín- con cantiles que llegan a los 400 m y se extienden desde el Cap de Formentor hasta la desgajada isla Dragonera. Salvo en los extremos, las playas están casi totalmente ausentes. La península de Artà (Serres de Llevant) tiene acantilados menos enhiestos con interesantes calas y formaciones eólicas.

En Sa Marina, su reborde erosivo vertical puede pasar los 100 m, aunque normalmente se mantenga en torno a los 30. La cala protípica se multiplica en este sector del S y SE. No es difícil relacionar las calas con cavidades subterráneas o submarinas de gran desarrollo (Portocolom, Cala Manacor, Cala Sa Nau...). Las tres grandes bahías (Palma, Alcudia y Pollença) coinciden con un pospaís en parte pantanoso, aunque generalmente desecado, y una restinga o cordón dunar más o menos desarrollado al lado de las blancas playas. S'Albufera de Muro-Sa Pobla, antropizada, es ahora reserva natural, mientras el Prat de Sant Jordi, que cubriría 9 km² al fondo de la bahía de Palma, fue saneado en el siglo XIX. En Eivissa, las playas escasean a causa de los grandes fondos. Frente a Cala d'Hort se levanta el impresionante islote de es Vedrà. Les Salines están separadas del mar por la doble restinga tombólica donde nacen las playas de es Codolar y d'en Bossa. En Santa Eulalia se abre un pequeño estuario y no son raras las construcciones dunares más o menos relictas. Formentera ostenta acantilados de más de 100 m en sa Mola y más bajos en Cap de Barbaria (W); el istmo que conecta ambos promontorios tiene costas de escalón y playas con dunas.

5.3. Ocupación humana y desarrollo turístico

El despegue del turismo, como fenómeno de masas, se produce desde finales del decenio de los años cincuenta, cuando se inicia la evolución creciente y espectacular del movimiento internacional de viajeros, que no tardaría en alcanzar cotas desconocidas. Este hecho permite hablar del proceso de configuración de una actividad económica en continuo crecimiento, cuyos indicadores más utilizados son el mismo volumen de la afluencia turística y los ingresos registrados en la balanza comercial. No es extraño, pues, que prevalezca una consideración económica del turismo como factor fundamental del proceso de desarrollo y transformación de la estructura social y económica, actitud que ha marginado las implicaciones sociales, ambientales, territoriales y culturales que derivan de esta actividad, en las áreas donde se produce su implantación. En áreas litorales, entre ellas la Costa del Sol, Valencia, Cataluña, Baleares y Canarias, el futuro de otras actividades, como la agricultura, al igual que los procesos de urbanización y ocupación del suelo, sólo se puede comprender después de una evaluación del fenómeno que, como consecuencia de la sociedad del ocio, ha invadido estos espacios.

El principal impulsor del turismo de masas es la búsqueda del sol y las playas, además de otros factores estructurales. Por tanto, el factor de localización geográfica, especialmente, el componente ambiental climático, explica, en buena medida, el reparto de regiones y zonas turísticas. La distribución espacial de la oferta y las diferencias regionales que se observan, además de reflejar el desigual reparto de los factores físico-ecológicos de atracción – que oponen básicamente el Mediterráneo y los archipiélagos de otras zonas- obedecen a otros componentes, relacionados con la influencia de la estructura preturística (actividades, usos del suelo preexistentes y su intensidad, infraestructuras de comunicaciones y articulación territorial) y con el papel que juegan en cada ámbito los agentes sociales actuantes. Otra cuestión preliminar es la diversidad interna en las áreas turísticas, ya que sobre el atractivo común del sol y la costa, hay diferencias notables en el modelo de ocupación del espacio y en la calidad de los alojamientos, así como en el tipo de afluencia y en la dinámica económica y demográfica que se genera en cada área. Basta señalar al respecto, las diferencias existentes entre la masividad de Benidorm, Torremolinos, El Arenal o Calvià, y la ocupación elitista de Marbella, la Herradura, el cabo de la Nao o la costa de Girona, cuyos efectos son también muy dispares en la organización territorial y en la repercusión económica, a la vez que presentan unos problemas específicos y una viabilidad muy distinta ante el nuevo escenario del turismo. Hasta el punto que en las primeras zonas citadas el problema futuro se centra en la rehabilitación y renovación de las áreas congestionadas y en la vía cualitativa, más que en nuevos crecimientos.

El papel de las Comunidades del arco mediterráneo en la oferta turística es evidente, ya que Baleares, Cataluña, Valencia y Andalucía –incluidas Cádiz y Huelva- suman el 67,4% del total de las plazas hoteleras, a las que se añade un 65,8% de los alojamientos extrahoteleros no legales. Por su parte, Canarias, espacio de acusada especialización en las islas de Gran Canaria y Tenerife esencialmente, concentra casi otro 10% de plazas de alojamiento en hoteles y un 8% de extrahoteleros. Otro indicador que confirma la especialización turística a escala regional, son las pernoctaciones en establecimientos hoteleros, de tal manera que Baleares remarca su acusada dedicación, fundamentalmente hotelera (21,3% de las pernoctaciones), mientras que Cataluña, Andalucía y Valencia alcanzan conjuntamente otro 30% de las estancias, confirmando el papel del arco mediterráneo como destino turístico, que se completa con la participación de Canarias, cifrada en un 15% de pernoctaciones. Las razones que justifican la acusada especialización del mediterráneo y las islas ya han sido comentadas, sobre la base de los componentes físico-ecológicos y de renta de situación de estas zonas del litoral español respecto a los países emisores. Pero conviene profundizar, mediante una aproximación regional, en los factores económicos y territoriales que explican la desigual distribución interna de la oferta en este ámbito. Un primer factor a valorar es la accesibilidad, puesto que determinados “retrasos” en materia de ocupación turística sólo se pueden entender debido a la inexistencia de unas infraestructuras de comunicaciones que conectaran las zonas emisoras con los puntos de

destino. La diferencia comparativa existente entre los niveles de especialización turística del litoral de Murcia y la parte costera más oriental de Andalucía, frente a la Costa Blanca alicantina, se justifica en buena parte por la interrupción del eje de comunicaciones con Europa que constituye la A7 y las ventajas con que contó Alicante al entrar en funcionamiento en 1967 el aeropuerto internacional de El Altet. Es obvio que Cataluña se benefició de la proximidad a Europa por carretera y de la existencia del aeropuerto internacional de Barcelona; del mismo modo, el transporte aéreo es la clave del éxito turístico en Baleares y Canarias. Pero no lo es menos a la hora de explicar el crecimiento del espacio turístico de la Costa del Sol, en Andalucía, ya que la dinámica de Torremolinos, Fuengirola y otros núcleos, está en estrecha relación con el tráfico aéreo internacional. Esta valoración de la conexión con países emisores por vía aérea no es, sin embargo, determinante en las costas mediterráneas, ya que el papel fundamental en la llegada del turismo exterior e interior ha correspondido a la carretera. Un segundo factor que ayuda a entender la distribución de zonas turísticas es la propia imagen social de algunas ciudades españolas que, ya desde el siglo XIX, se configuran como núcleos de veraneo, captando una clientela nacional; tal es el caso de Málaga y Alicante, en el Mediterráneo, que cuentan con una larga tradición como centros balnearios de mar, y de San Sebastián y Santander, en el Cantábrico. En estos casos, sobre todo en los mediterráneos, aunque su actual función turística dista cualitativa y cuantitativamente de los efectos del veraneo histórico, existen vínculos con focos emisores que se han mantenido y resultan fundamentales, como el atractivo de Alicante para los habitantes de Madrid. Estos factores, aun siendo relevantes, no explican los contrastes de ocupación que se observan desde Cataluña a Málaga, y cuya respuesta se encuentra en la estructura preturística, especialmente en las actividades y usos del suelo existentes antes de la irrupción del turismo de masas. Se ha podido afirmar, con evidente fundamento, que la especialización turística es consecuencia directa de la debilidad de la base económica existente en cada zona. Las áreas de secano con escasos rendimientos y las poblaciones marítimas que arrastraban los problemas de una emigración secular, interpretaron el turismo como panacea y volcaron todos sus esfuerzos al fomento de esta actividad que se convertía rápidamente en el elemento de transformación del uso del suelo, valorado como mercancía.

5.4. Riesgos y vulnerabilidad de los ecosistemas de las zonas costeras e insulares

La concentración de poblaciones (residentes y no residentes) y actividades humanas presenta considerables amenazas para los ecosistemas y recursos del litoral, que afectan a cuatro áreas principales: a) la estructura y función de los ecosistemas naturales, como consecuencia de la construcción y gestión de instalaciones para las actividades humanas y el desarrollo urbanístico que llevan aparejado; b) la calidad y cantidad de los recursos naturales (bosques, suelos, agua,

bancos de pesca, playas, etc.), como consecuencia del aumento de las concentraciones de personas y actividades que incrementan la demanda de uso y explotación de los mismos y la posterior eliminación de residuos; c) las zonas costeras, como consecuencia del desarrollo de diferentes actividades humanas y de las instalaciones correspondientes, así como de la competencia entre usuarios con intereses contrapuestos; d) los paisajes naturales y artificiales, como consecuencia de los cambios en las actividades y de las dimensiones de la urbanización y las instalaciones correspondientes.

Los ecosistemas costeros prestan una amplia variedad de servicios a la sociedad, entre los que se incluyen el suministro de alimentos, combustible, madera, recursos energéticos, y productos naturales y culturales (ocio), como el turismo y la diversión. Por otra parte, los ecosistemas costeros ofrecen importantes servicios de regulación y apoyo, por ejemplo estabilizan la línea de costa y amortiguan los peligros naturales, o purifican las aguas contaminadas. A medida que las costas han ido asumiendo una función de “puerta de entrada” en el comercio mundial y la logística, éstas se han desarrollado de forma creciente, lo que ha provocado la degradación de los ecosistemas. Estas tendencias son importantes porque los servicios mencionados representan una proporción significativa del valor económico total de las zonas costeras. Por ejemplo, los recursos biológicos marinos en Europa dependen en gran medida de la calidad de las zonas costeras. Si se produce una interrupción de estas funciones naturales, los procesos de degradación se acelerarán progresivamente, dificultando cualquier respuesta posible por parte de la sociedad. Estas funciones naturales no pueden ser sustituidas por la tecnología. Hasta ahora, el desarrollo del litoral se ha basado en la reestructuración económica. Esto se ha logrado principalmente mediante el turismo y el boom de la construcción asociado al mismo especialmente en las regiones del Mediterráneo.

En otras regiones se ha dado prioridad a la reestructuración económica de la industria pesquera, debido al drástico declive de los bancos de pesca. Asimismo, el aumento del número de puertos y del volumen del transporte marítimo ha provocado que las zonas costeras se estén erigiendo cada vez más como plataformas logísticas. Al mismo tiempo, una expansión urbana descontrolada, la creación de lugares de veraneo y el desarrollo de puertos, además de la acuicultura, afectan directamente a los ecosistemas. Sus efectos van más allá de los impactos directos como la contaminación, la sedimentación y los cambios en las dinámicas costeras. Las prácticas pesqueras destructivas, la sobreexplotación de los bancos costeros, el cambio climático y la subida del nivel del mar son también amenazas importantes para hábitats costeros como las tierras de cultivo de uso extensivo, humedales y bancos de algas. Asimismo, la densidad de la población en las regiones costeras es, de media, un 10 % superior a su equivalente en el interior; en algunos países esta cifra se eleva al 50 %. Lo que resulta aún más perturbador es que la

conversión de zonas costeras naturales EN superficies artificiales modificadas por el hombre está creciendo a un ritmo aún más rápido que la densidad de la población. Dada la naturaleza irreversible de estos cambios, éstos se ven como una de las principales amenazas a la sostenibilidad de las zonas costeras. La vivienda (principalmente la segunda residencia en muchas zonas), los servicios y las instalaciones recreativas son los principales factores, y suponen el 61 % de la conversión total del suelo de la zona costera en superficies artificiales.

En el pasado, la mayor parte de las regiones litorales se consideraban periféricas. No obstante, actualmente, de cada vez más, las zonas costeras constituyen un espacio fundamental para el desarrollo. Hay muchas zonas costeras donde la cuota de superficies creadas por el hombre supera el 45 % de la extensión total de la franja costera (hasta 1 Km. de la línea de costa). Las zonas utilizadas más intensivamente se encuentran en las costas mediterráneas. También las regiones atlánticas del País Vasco y de Huelva están densamente pobladas. El aumento de la renta personal se traduce en el aumento de segundas residencias, sobre todo en la costa, no sólo porque es una buena inversión sino también porque ofrecen nuevas oportunidades de ocio. El desarrollo de las infraestructuras y servicios en estas zonas (por ejemplo hoteles, parques acuáticos, campos de golf y circuitos de kart) se traduce en una pérdida de identidad de muchas de las zonas costeras, que se enfrentan, igualmente, a la amenaza adicional del cambio climático. Las diversas presiones no climáticas mencionadas anteriormente podrían haber afectado ya adversamente la viabilidad a largo plazo de los ecosistemas costeros y en consecuencia su capacidad para hacer frente a las presiones adicionales del cambio climático. Las tierras bajas costeras han experimentado tasas de desarrollo similares, con un incremento en las superficies artificiales entre 1990 y 2000. Esta tendencia no muestra signos de detenerse. Como resultado de ello, se está experimentando el denominado “apiñamiento costero” en muchas zonas de costa. Este concepto hace referencia a la situación en la que los edificios y las infraestructuras se extienden y crecen cada vez más cerca de la orilla del mar, a expensas de los sistemas naturales, que normalmente actúan como zona de amortiguación entre el mar y la tierra. Este “apiñamiento” aumenta la vulnerabilidad de las zonas costeras al cambio climático y a la subida del nivel del mar, especialmente cuando coincide con fenómenos atmosféricos extremos, como marejadas ciclónicas. Mejorar la gestión de las zonas costeras, especialmente con respecto a la planificación territorial, tiene el potencial de reducir su vulnerabilidad. El principio de retirada controlada, que pretende reducir la vulnerabilidad de los sistemas sociales y medioambientales frente a las consecuencias del cambio climático, encaja bien en el concepto básico de gestión integrada de estas zonas costeras.

Bibliografía

- [1] Bielza de Ory, V. (Coord.). Territorio y Sociedad en España, I. Geografía Física. Editorial Taurus, 1989. pág. 189-215.
- [2] European Environment Agency. Evolución de las zonas costeras en Europa. Informe nº 6/2006 de la AEMA, Agencia Europea de Medio Ambiente, Copenhague.
- [3] Gil Olcina, A. y Gómez Mendoza, J. (Coord.). Geografía de España. Editorial Ariel, 2001. pág 57-86.
- [4] Méndez, R y Molinero, F. (Coord.). Geografía de España. Editorial Ariel, 1993. pág 468-501.

Tema 6. Los grandes grupos de suelos en España. Paisajes naturales. Bosques: tipología y aprovechamientos. Espacios protegidos en España: tipología y gestión. Conservación de la naturaleza y de la diversidad biológica.

6.1 Los grandes grupos de suelos en España

Diversos factores influyen en la distribución y características de los suelos. Entre ellos, los más importantes son el sustrato, la topografía, la vegetación y el clima, este último de especial interés debido a que influye en su evolución en relación con el desarrollo de la cubierta vegetal. En la Península, de forma general, la naturaleza rocosa del sustrato favorece la acidez de los suelos en el sector occidental, sobre el conjunto de rocas del macizo Herciniano y los materiales derivados de ellas. En el sector oriental, incluidas las islas Baleares, dominan ampliamente los suelos básicos, desarrollados sobre los materiales de las cordilleras y sistemas montañosos alpinos, y los procedentes de la denudación de los mismos. En los suelos canarios, generados a partir de materiales volcánicos, influyen fundamentalmente en la edafogénesis la naturaleza de la roca y su edad, el relieve y la orientación de la pendiente.

En un país montañoso como España, la topografía tiene gran influencia en la distribución de los suelos, ya que de ella dependen, en gran medida, su desarrollo y estabilidad. En las cumbres rocosas, agrestes y elevadas, el frío y la pendiente limitan la evolución del suelo encontrándose solamente, en los sectores más favorables, algunos leptosoles (del griego *leptos*, delgado); tanto en la alta como en la media montaña, en áreas frías con nula o escasa pendiente, se generan turberas y trampales, formaciones de suelos hidromorfos (gleysoles e histosoles), si hay suficiente humedad. En las laderas la topografía puede ser muy variada pero, en general, en las partes altas y medias dominan los suelos delgados, en los sectores inferiores y áreas llanas, dominan los cambisoles, de evolución moderada (del latín *cambiare*, cambiar, debido a los cambios de color, estructura y consistencia), y los luvisoles (del latín *luere*, lavar), de evolución más acusada. Son frecuentes también los fluvisoles en las riberas fluviales, asociados con gleysoles e histosoles debido a la humedad edáfica. Gran parte de los suelos de las llanuras y bajas vertientes se han convertido en antrosoles o suelos antrópicos por la profunda transformación de los horizontes originales o su enterramiento.

Dada la complejidad de los suelos de España, sólo se mencionarán los principales grupos existentes, denominados según la clasificación de la FAO (Tavernier, 1985) y sus posteriores revisiones (FAO-UNESCO, 1998). Los cambisoles en general y los cambisoles calcáreos en

particular son, sin duda, el grupo mejor representado, ya que en conjunto son los suelos potenciales en más del 70 % de la superficie de la Península, Baleares y en parte de las islas Canarias; se caracterizan por poseer un horizonte B cámbico o de alteración *in situ* de los minerales de la roca, que no llega a ser completa, y un color pardo vivo debido a la liberación de óxidos de hierro. En muchos sectores, especialmente en aquellos con mayor capacidad agrícola, estos suelos han sido profundamente modificados o sustituidos por antrosoles; en otros han sufrido degradaciones importantes en relación con la pérdida de la cubierta vegetal o su sustitución por comunidades menos favorables a la edafogénesis y fijación del suelo.

Los suelos de la región Eurosiberiana se han desarrollado, asociados a bosques de frondosas y algunas coníferas, en zonas montañosas. En el noroeste peninsular dominan los suelos ácidos, pobres en nutrientes para las plantas, debido a la ya mencionada naturaleza silíceas del sustrato, pero también a las abundantes precipitaciones que lavan fácilmente los horizontes, de textura arenosa, muy porosos y permeables, arrastrando en las escorrentías los nutrientes y materiales finos. En las áreas centrales y septentrionales de Galicia y en áreas silíceas de Asturias, Cantabria, País Vasco y Pirineos, en zonas llanas o sobre débiles pendientes, se desarrollan los umbrisoles háplicos (tierras pardas húmedas), con un horizonte A úmbrico (oscuro), cuya tasa de saturación en bases es inferior al 50 %; los cambisoles dísticos (tierras pardas meridionales) más pobres en materia orgánica, aparecen en áreas más interiores o meridionales (sureste de Galicia). En áreas de escasa pendiente, con buena cobertura arbórea de frondosas, son frecuentes suelos con un mayor desarrollo evolutivo, apareciendo de forma dispersa diferentes tipos de luvisoles. En condiciones especiales de lluvias abundantes, sustratos muy permeables, pobres en bases, y vegetación acidificante aumenta la distrofia y los suelos se podsolizan (eluviación o migración de materia orgánica y óxidos del horizonte. A, formándose un horizonte de color claro característico e iluviación o acumulación de compuestos húmicos y óxidos en profundidad.

En zonas muy planas, depresiones intramontañosas, etc., pueden formarse también suelos hidromorfos con un horizonte de gley (capa de agua profunda permanente, sin oxígeno, en la que se reduce el hierro adquiriendo un color verdoso característico) o hístico (horizonte superficial con mucha materia orgánica, saturado en agua y pobre en nutrientes). En las montañas silíceas, desde Galicia a los afloramientos del zócalo paleozoico en el Pirineo, predominan los leptosoles (rankers) que constituyen también las fases primeras de evolución hacia los suelos más evolucionados (cambisoles o luvisoles) de toda la región.

En las rocas calizas de la región Eurosiberiana, en terrenos de pendiente moderada, los suelos maduros son cambisoles calcáricos (suelos pardos calizos), que se caracterizan por tener un horizonte A ócrico (color claro y pobreza en materia orgánica) con porcentajes de saturación en

bases superiores al 50 % y ser calcáreos ente 20 y 50 cms, y cambisoles dístricos cuando el porcentaje es inferior. Los leptosoles réndzicos sobre roca calcárea (rendsinas) son suelos con un horizonte A mólico (rico en humus) situado directamente sobre el material calcáreo. Se extienden por Asturias y Cantabria, alternando con los suelos silíceos, y son muy frecuentes en el País Vasco y los Pirineos. En terrenos con escasa pendiente y vegetación densa se favorece la descarbonatación de los horizontes superiores del suelo, lo que propicia una mayor evolución del mismo, desarrollándose luvisoles de distinta naturaleza, tanto en esta región como en la Mediterránea. En algunas cuencas pirenaicas como la de Pamplona se forman vertisoles litomorfos en áreas donde se acumulan las arcillas expansivas sobre las que éstos se generan. La sequía estival de la región Mediterránea hace que los suelos tengan menor desarrollo y contengan menos materia orgánica.

En los afloramientos del zócalo paleozoico de la Meseta aparecen, como en el noreste peninsular, los umbrisoles háplicos, asociados con leptosoles; pero sobre los materiales metamórficos de esta área y de las penillanuras meridionales, ampliamente extendidas ente los valles del Tajo y del Guadiana, y las áreas montanas, se forman los cambisoles eútricos, con horizonte ócrico (color claro). Estos suelos se desarrollan también en los materiales metamórficos de las montañas de la Meseta y sus piedemontes, de las sierras béticas del suroeste peninsular y, de forma más dispersa, en los afloramientos de la misma naturaleza del Sistema Ibérico y las montañas catalanas, siempre en sectores de débil pendiente. Las rocas plutónicas, asociadas a estos afloramientos suelen tener suelos más pobres, cambisoles dístricos.

En las cuencas sedimentarias de la Meseta los suelos son más profundos y de reacción básica. Sobre materiales procedentes del desmantelamiento del zócalo, se desarrollan cambisoles eútricos y dístrico, junto a regosoles (suelos inmaduros sobre materiales no consolidado) y luvisoles. Estos son muy frecuentes en la región Mediterránea (suelos rojos mediterráneos), poseen un horizonte B árgico o textural en el que a la arcilla y óxidos de hierro producidos por alteración se unen la arcilla y los óxidos de hierro procedentes del lavado del horizonte superior. Los luvisoles corresponden a grados altos de evolución edáfica, son suelos maduros, y se desarrollan en climas templados, con lluvias suficientes, cuando la pendiente o la litología no limitan esta evolución. Se encuentran bien representados en la cuenca del Duero, entre Valladolid, Segovia, Ávila y Salamanca; en la cuenca de Madrid, en La Mancha, valle del Guadalquivir, depresiones intrabéticas, etc. Los luvisoles crómicos son de un rojo profundo, se localizan sobre los sedimentos mencionados y también sobre las calizas de los páramos donde se asocian con luvisoles cálcicos; en la provincia de Badajoz estos suelos se denominan “barros” y, por su interés agrícola, han dado nombre a una comarca. Los suelos rojos pueden formarse actualmente bajo el clima mediterráneo en determinadas condiciones de temperatura y

precipitación, sobre topografías planas y bajo cubierta arbórea, ya que las lluvias invernales arrastran arcillas topografías planas y bajo cubierta arbórea, ya que las lluvias invernales arrastran arcillas y óxidos al horizonte B. Algunos suelos rojos son heredados, por ejemplo, las llamadas “terras rossas” de las alcarrias castellanas, que son suelos decapitados por la deforestación y el laboreo agrícola.

Otros suelos de las cuencas, con menor extensión pero bastante interés son: los calcisoles que poseen un horizonte cálcico y se desarrollan sobre calizas, margas y terrazas fluviales en áreas secas; los arenosoles, suelos con mayor desarrollo edáfico que los regosoles, sobre las arenas eólicas de Segovia y Valladolid; los planosoles de las depresiones endorreicas, y de los valles del Tajo y Guadiana, en Cáceres y Badajoz, respectivamente, suelos que sufren un encharcamiento temporal en superficie al elevarse los freáticos o concentrarse las escorrentías; los suelos de las depresiones salinas, solonchaks, nombre que hace referencia a su contenido en sales. En el Sistema Ibérico, Cadena Costero-Catalana y Sierras Béticas calcáreas dominan los cambisoles calcáricos, leptosoles réndzicos, luvisoles crómicos, etc. Las diferentes litologías dentro de la serie calcárea de la cobertura mesozoico-cenozoico y las distintas situaciones topográficas, microclimáticas y biológicas, diversifican los suelos. Así, por ejemplo, se forman: leptosoles (rendsinas) en las áreas pendientes de las montañas, luvisoles crómicos en superficies carstificadas, vertisoles o suelos de carácter vértico asociados con regosoles sobre las margas del Trías, etc. En las áreas de mayor aridez de la Península, centro de la depresión del Ebro, amplia franja entre Albacete y Alicante y diversos sectores de las provincias de Almería y Murcia, se forman una serie de suelos que aparecen también con menor extensión en las áreas más xéricas de las cuencas meseteñas. Son fundamentalmente los calcisoles, asociados con solonchaks gleicos y crómicos y los gypsisoles.

En el valle del Guadalquivir, sobre las margas y arcillas moicenas, se generan un conjunto de suelos complejo entre los que se encuentran los vertisoles crómicos (“tierras negras” o “bujeos”) que se asocian con luvisoles y regosoles cuando el material de partida es más arenoso, y con cambisoles de horizonte superficial muy fértil sobre las margas calcáreas. En las terrazas del río son frecuentes los luvisoles (suelos rojos) y en amplios sectores los planosoles. En la marisma, sobre los limos y arcillas, con diversos grados de salinidad y condiciones deficientes de drenaje, se forman solonchaks a veces con encostramientos y eflorescencias salinas. Los fluvisoles son los suelos que se desarrollan sobre las llanuras aluviales de los grandes ríos peninsulares, en los tramos medios y bajos de su recorrido y en sus desembocaduras. Son suelos recientes, con freáticos altos, sin horizontes bien diferenciados, pobre en nutrientes en general por ser muy porosas y lavados, por lo que suelen corregirse con abonos para su uso agrícola. Entre los suelos canarios se encuentran los andosoles. Formados a partir de rocas volcánicas tienen en superficie

un horizonte melánico (oscuro). Los suelos más frecuentes son los umbrisoles háplicos desarrollados bajo el “Monteverde”, los menos desarrollados andosoles vítricos y leptosoles diversos vinculados a la accidentada topografía de las islas, los vertisoles de áreas como La Laguna (Tenerife), los regosoles y arenosoles de las acumulaciones arenosas, los luvisoles cálcicos, los fluvisoles de las ramblas, etc.

6.2 Paisajes Naturales

Dentro de la compleja diversidad geográfica española, el clima continúa siendo el factor que más claramente permitirá distinguir los tres grandes conjuntos o dominios. Estos pertenecen a la zona templada septentrional y son denominados mediterráneo, eurosiberiano y boreo-alpino.

6.2.1 El dominio mediterráneo

Es el que ocupa un área mas extensa y se define por el clima mediterráneo cuyas características generales y hechos físicos asociados son: la existencia de un período árido más o menos prolongado y en verano; suelos poco desarrollados y poco potentes, con frecuencia poligénicos; relieve accidentado, con fuertes pendientes y escasa vegetación, lo que contribuye a que se registren graves problemas de erosión. La vegetación de hojas persistentes y esclerófilas es característica. El equilibrio ecológico es muy frágil, es decir, se destruye con facilidad; en cambio, necesita mucho tiempo para recuperarse.

• Subdominio mediterráneo subhúmedo

Tiene una mayor pluviosidad, superan los 350 mm anuales y la reducción de los meses áridos a menos de tres. Respecto a los suelos, dominan las rendizas sobre las pendientes calizas, los ranker sobre las silíceas y las tierras pardas meridionales en los sectores más planos. Los *Quercus* de hoja perenne ocupan potencialmente todo el territorio, pudiéndose constituir asociaciones vegetales muy densas. La acción humana ha transformado profundamente estas formaciones haciendo desaparecer totalmente la vegetación natural en los sectores llanos, ocupándolos con cultivos, básicamente cereales, viñedo, olivar y forrajes. El bosque de las vertientes montañosas ha sido muy explotado para obtener carbón, leña o corcho. En los puntos donde la vegetación no ha sido destruida del todo, se pueden apreciar diferentes facies; una vegetación de tipo maquia, o tipo garriga o matorral y un tipo de vegetación denominada tomillar.

- **Subdominio mediterráneo árido**

Se extiende por las costas mediterráneas al sur de delta del Llobregat, por parte de las depresiones del Ebro y del Guadalquivir, así como en pequeños sectores de la Meseta septentrional y de la Mancha, áreas que registran cuatro o más meses áridos al año. Los suelos son muy poco evolucionados y son frecuentes las costras calcáreas. Básicamente por la falta de humedad, la vegetación no puede tener porte arbóreo y el equilibrio ecológico, en general, es el más frágil de España y de toda la península Ibérica. La acción humana ha sido en él muy acusada, desde antiguo, por lo que la vegetación natural se halla reducida a pequeños y escasos restos.

6.2.2 El dominio eurosiberiano

El dominio eurosiberiano queda reducido a una franja septentrional que se ensancha hacia el oeste, sin alcanzar por el este el mar Mediterráneo, y a algunos “islotes”, originados por la altitud, en los sistemas montañosos de la mitad septentrional de la península Ibérica. Abundancia de precipitaciones, con un régimen anual muy uniforme, y temperaturas poco acusadas tanto en invierno como en verano. Los suelos son relativamente evolucionados, siempre de mayor espesor que los propios del dominio mediterráneo. Vegetación naturalmente muy exuberante, con gran abundancia de caducifolios. En conjunto, las estrategias de la actividad humana han incidido menos en la alteración de los sistemas naturales, por otra parte mucho más estables y equilibrados y con una facilidad de recuperación mucho mayor que los propios del dominio mediterráneo.

- **Subdominio atlántico**

Esta unidad ocupa el norte y el noroeste de la península Ibérica. Su clima es extremadamente húmedo, sin veranos secos y con temperaturas muy poco contrastadas. En él abundan las rocas ácidas en pendientes, ya que se extiende por áreas muy montañosas que forman parte del macizo Ibérico. Los suelos más abundantes son de tipo ranker o rendzinas en las vertientes montañosas, mientras en los sectores planos se forman tierras pardas medioeuropeas, ricas y bien desarrolladas. En la vegetación natural predominan los árboles caducifolios, siendo los más frecuentes el roble y el haya. Las explotaciones agrícolas, en forma de pequeñas unidades y relacionadas con el tipo de relieve montañoso, han contribuido a la conservación de la vegetación en importantes sectores.

- **Subdominio submediterráneo**

Esta unidad se extiende por la vertiente meridional de los Pirineos y Prepirineos, apareciendo algunos sectores disyuntos en la cordillera Ibérica. La pluviosidad anual se mantiene entre los 800 y los 1.200 mm, sin que exista un período de sequedad estival marcado, si bien ésta se empieza a dejar sentir un poco. Las rocas son muy variadas, ácidas en las partes más altas y carbonatadas en el Prepirineo, generalmente calcáreo, aunque abundan también las margas, las areniscas y los conglomerados. El relieve, en general, es abrupto y con fuertes pendientes, lo que impide en estos sectores el buen desarrollo de los suelos. Las tierras pardas medioeuropeas alternan con rankers y rendzinas. Las asociaciones y especies vegetales aparecen mezcladas, las que tienen carácter eurosiberiano con las mediterráneas, si bien el predominio corresponde a las primeras. Predominan el bosque de roble, básicamente de *Quercus petrae* y el *Quercus pubescens*.

6.2.3 El dominio bóreo-alpino

Se halla vinculado el factor altitud el cual modifica la temperatura. Este hecho, junto a otros de tipo topográfico, como pendientes siempre acusadas, dificultad de acceso, etc. hacen que presente unos caracteres extraordinariamente originales. Por lo general, los suelos, más o menos ricos en materia orgánica, son poco evolucionados. La vegetación es poco densa y el equilibrio ecológico inestable por falta de calor y humedad. La acción antrópica es relativamente reducida, pues si bien se explotan los pastos, el acceso a ellos resulta difícil y la vida no es fácil. Hay que indicar no obstante que en la actualidad la potenciación de los deportes de invierno ha contribuido a que sectores importantes de la montaña se hallen en fases graves de destrucción.

Este dominio corresponde a la denominada alta montaña y su área se presenta como un conjunto de sectores disyuntos. Las áreas más importantes se localizan en los Pirineos a partir de los 1.600 m, si bien en muchos puntos ya a partir de los 1.200 se inician las características de la montaña alta. Otro rasgo de este dominio es que el gradiente altitudinal origina una subdivisión en pisos, es decir, una sucesión en altitud de diferentes unidades de paisaje.

- **Subdominio de la montaña alpina**

Corresponde exclusivamente a los Pirineos. El clima se caracteriza por una humedad importante y existen suelos lixiviados de tendencia acidófila, incluso formados sobre rocas carbonatadas.

- **Subdominio de las montañas de transición**

Desde el punto de vista del paisaje, una gran parte de la alta montaña de España presenta características intermedias entre las correspondientes al dominio eurosiberiano y al mediterráneo. Las montañas de transición afines al dominio eurosiberiano son las montañas cantábricas. Su disposición paralela a la costa, así como su proximidad al mar, ocasionan una pluviosidad muy elevada. Los suelos son acusadamente lixiviados y son frecuentes los sectores donde aparecen manchas que indican su tendencia a la podzolización. Por encima del hayedo, que en los sectores calcáreos puede llegar hasta los 1.900 m, aparece un piso que podríamos denominar supraforestal y en el que la vegetación no puede desarrollarse mucho, formándose sólo un matorral de pequeños arbustos.

Las montañas de transición afines al dominio mediterráneo. Al sur de la cordillera Cantábrica, y limitando la Meseta septentrional por el este y por el sur, se encuentran núcleos de montañas con sectores lo suficientemente altos como para que puedan ser incluidos dentro de esta unidad de paisaje. La característica que mejor la define es el clima del verano, en el que se aprecian los primeros signos de una cierta sequía. Los suelos suelen ser rendzinas o rankers, según el tipo de roca, y en la vegetación abundan las especies de origen mediterráneo del piso montano de caducifolios, o mixto, con pino silvestre, al piso supraforestal.

- **Subdominio de la montaña mediterránea**

Al sur y al este de los sectores pertenecientes a los subdominios anteriores son muy poco importantes las áreas que pueden ser consideradas como alta montaña, pudiéndose tomar en consideración tan sólo la sierra Nevada. Aquí la característica fundamental es la existencia de un verano que puede ya considerarse seco. Los suelos que más abundan son las rendzinas y las tierras pardas meridionales. El piso montano está constituido por árboles mediterráneos perennifolios (encinas) y en los sectores más húmedos se encuentra el marojo. Son especialmente importantes las especies mediterráneas de montañas bien adaptadas.

6.3 Bosques: tipología y aprovechamientos

La dualidad entre el bosque caducifolio oceánico y el esclerófilo mediterráneo se acompaña de otras dos formaciones de gran entidad. Una corresponde al bosque marcescente del rebollo, o roble rebollo, y del quejigo, o roble enciniego, cuyas hojas secas del otoño no se desprenden hasta la foliación primaveral mostrando en eso y en su reparto caracteres de transición entre los anteriores. La otra son bosques de coníferas y acículas, de las familias de las pináceas (pinos y

abetos) y cupresáceas (sabinas y enebros); su carácter climático se precisa mal, sobre todo en los pinos, por el frecuente origen antrópico, mientras que las sabinas y enebros suelen adaptarse al rigor climático del interior ibérico.

6.3.1 El bosque templado-oceánico

En buenas condiciones climático-edáficas este bosque alcanza 25-30 m de altura, pero destaca más su frondosidad, merced a su producción de hoja blanda y fina. A partir del otoño, la hojarasca desprendida en el suelo húmedo se descompone con facilidad. Con una sola especie, el haya suele formar masas monoespecíficas donde se adapta mejor y masas mixtas con los distintos robles en áreas marginales. El hayedo tolera mal el calor y exige gran humedad del aire, resultándole favorable las nieblas y rocíos estivales de las montañas. Se adapta a sustratos calizos y silíceos. Con madera de buena calidad, dura y densa, el hayedo es un bosque de interés económico; si antaño se destinaba al carboneo, la celulosa o la construcción, hoy se limita a la madera de muebles o utensilios, y a la leña. El crecimiento bastante rápido permite turnos madereros de 80-100 años, o algo menos en el tipo de demanda actual. Los robledales caducifolios con base en las especies del carballo, albar y pubescente, o sus híbridos, alternan con los hayedos y hasta se mezclan, pero ceñidos a altitudes algo más bajas por su menor tolerancia al frío. Son menos exigentes en humedad, mostrando en el sustrato cierta tendencia silicícola, salvo el roble pubescente. El carballo es la especie principal y de mayor talla, hasta 40 m de altura y de 3 de diámetro en ejemplares pluricentenarios. El roble albar es algo más rústico y propio de la montaña, donde se intercala o forma corros entre el hayedo, pero en su porte y su madera se acerca al carballo resultando en ambos noble, dura, densa, bella y resistente a la intemperie. Tal calidad, junto con la de la leña, es factor del retroceso de sus masas, cuyos bosques escasean por sobreexplotación secular; la construcción (vigas, parquet), las traviesas de ferrocarril, barcos, toneles, carros, muebles, utensilios, leña y carboneo, han sido algunos usos. El crecimiento lento, acorde con la longevidad, requiere turnos largos para buena madera (150-300 años), y marca límites a la explotación o recuperación. El roble pubescente, de hoja pilosa, difiere de los anteriores en su temperamento xerotermófilo y basófilo. No pasa del grosor y talla medianos (hasta 20 m); la calidad inferior de su madera o el fuste torcido merman bastante sus usos, limitados en general a la leña. La recuperación y pervivencia del bosque caducifolio se enfrentan a problemas de falta de interés de la población rural y escasa rentabilidad. La pérdida de usos tradicionales de la madera se une a la marginalidad de la leña ante los combustibles fósiles en la cocina y calefacción rurales. Los ingresos obtenidos por municipios, pueblos y entidades en los espacios comunales, que ocupaban y ocupan la mayoría de los bosques, han caído drásticamente. Y el aumento del matorral es un obstáculo para la actividad ganadera y con la quema del matorral, el bosque arde o no se recobra.

6.3.2. El bosque marcescente

A partir del rebollo y de dos especies de quejigo, esta formación muestra en su marcescencia y formas rasgos intermedios entre el bosque caducifolio y el mediterráneo xerófilo. Su presencia y área potencial corresponden a sectores con aridez estival algo atenuada y dentro de un gran recorrido climático: las isothermas anuales de 6 y 17 °C y las isoteyas entre 400 y más de 1.000 mm. Este bosque tiene talla moderada, pues pocos árboles superan los 20 m, siendo el diámetro mediano, así como los fustes más torcidos y la cobertura menor que en el bosque caducifolio. Por su talla, forma y la calidad mediana de su madera, los usos se polarizaron en la leña o el carboneo, con buena aptitud, y la bellota, a veces combinado con los anteriores. La difusión del rebollar muestra la tolerancia al frío y el contraste térmico, así como cierta exigencia de precipitación. La excelente reproducción y la vitalidad distinguen a su paisaje vegetal. Eso le permite superar incendios y cerrar claros en tiempo bastante breve. Con esas tolerancias el rebollar alterna con el bosque caducifolio, hasta en bosques mixtos, pero también con el encinar xerófilo. Desde los años cuarenta el rebollar, que nunca se valoró mucho por su uso ceñido a leña y carboneo, suprimiéndolo cuando alternaba con encinas o robles más apreciados, sufrió un nuevo deterioro ante la competencia con los pinos silvestres y resineros. La repoblación supuso el descuaje del rebollo a veces, o su permanencia en filas alternas con las de pinos. Con pocas expectativas económicas el rebollar tiene valor ecológico como bosque mejorante de suelos, protector de la erosión y acogedor de fauna.

Alguna de las dos especies de quejigo arbóreo (el enciniego y el andaluz) se observan en casi toda la España peninsular. La dispersión del quejigo concuerda con su tendencia a mezclarse en bosques mixtos. Por eso se halla junto a los caducifolios y junto a la encina y el alcornoque. Pero la marginalidad es también antrópica; los quejigos, orientados a la leña y carboneo, se postergaron en favor de casi todos los demás árboles, salvo el rebollo, más rentables por su fruto, corteza o madera, como encinas, alcornoques, robles y hayas. El acomodo en sustratos calizos del enciniego lo salvó en parte de la competencia con el pinar repoblado. Pero también lo reemplazan el laricio y el carrasco. Los quejigales de las llanuras, se roturaron por la calidad agrícola de sus suelos y aunque los quejigos crecen bastante bien de cepa o bellota, tiene menos vitalidad estolonífera que el rebollo.

6.3.3 Los encinares como dominante del bosque esclerófilo.

La durisilva, basada en el encinar, con dos encinas, la interior o carrasca (la más extendida) y la costera, constituye la formación climática y potencial de bosque más extensa y general en España. Los alcornocales completan la durisilva con entidad mucho menor. La adaptación a la aridez y a otros contrastes de clima o suelo de este bosque afecta a toda la morfología. La

cobertura de las copas amplias y cerradas mitiga en el suelo la insolación y la evaporación, y las potentes raíces captan el agua escasa. El carácter perennifolio permite resistir a las heladas. Así como el brote fácil de tocón y de raíz en estolones, completan el carácter tenaz. Pero el bosque esclerófilo crece lentamente y tarda en lograr su techo (hasta 20 m de altura y 1 diámetro, sobre todo el alcornoque algo más voluminoso) hasta varios siglos, dentro de una longevidad de 7-8 siglos. El alcornocal, silicícola en sustratos, es más termófilo y exigente en lluvia anual que el encinar, soportando bien la aridez estival. En el oeste de Andalucía y sur de Extremadura, se mezcla con la encina, con la que comparte usos y paisajes, dominando los adhesados de orientación ganadera, a partir de su bellota algo peor que la enciniega, pero con mayor vocación forestal, a través del corcho. Este producto, con vaivenes de demanda, no pudo salvar del descuaje a la mayor parte de los alcornocales. Las isothermas anuales de 5 y 18 °C, y la precipitación desde poco más de 300 mm hasta más de 2.000 dan idea de la gama de adaptaciones de la encina interior, junto con la indiferencia a los sustratos del suelo; desde canchales silíceos hasta margas yesíferas. Los contrastes de porte derivados, acentuados por la acción humana, hacen que los encinares actuales superen rara vez los 15 m, pues los cultivos los desplazaron de las tierras de mejores condiciones. Y al desalojo o situación marginal de las encinas actuales (montañas, piedemontes, rañas), se unen una variada explotación forestal y agraria. Hasta los años sesenta la bellota, la leña y la madera fueron esquilmos notables. La primera, clave en las dehesas, permitió la subsistencia del árbol en aclareo ralo, con altura limitada y copa ampliada por poda, que aportaba una producción secundaria de leña apta para carboneo. En el resto del área, cepas y tallares vastos destinados a la leña, el carboneo y el pastizal, semejantes a paisajes del rebollo. La madera se obtenía por talas controladas a nivel de individuos arbóreos. Si la leña y el carbón son de gran calidad, la madera era muy apreciada: densa, durísima y resistente. Perdidos casi todos estos usos, el parquet y la carpintería fina dan lugar hoy a una demanda marginal, por la dureza, difícil trabajo y alto precio. La crisis de la encina afecta a todos sus usos, exigentes en mano de obra y complicados por la lentitud del crecimiento arbóreo. La crisis del encinar adhesado coincidió con la mecanización en la agricultura y aún más los sistemas de regadío móviles. La caída del uso doméstico de leña marginó los talleres y cepedas como áreas inútiles, espesándose y creciendo el matorral. Los tipos de presencia de la encina predominantes son masas arborescentes de cepa y tallar, o arbustivo incluso, junto con bosquetes de forma dispar situados con frecuencia en enclaves poco accesibles de montaña y protegidos de los incendios.

6.3.4. Los bosques de coníferas

Al menos nueve especies pináceas y una cupresácea, la sabina albar, forman bosques en la España peninsular y balear, y salvo una, el pino insigne, todas son autóctonas. Pero su reparto

actual dista mucho del potencial por la difusión antrópica y la plantación sistemática, sobre todo en las pináceas, que fueron expandidas, frente al retroceso sabinar. Los bosques de coníferas se acercan a $\frac{3}{4}$ de la superficie forestal total y dominan en Canarias con el pino canario. La disparidad de las coníferas no las vincula a dominios climáticos o a sustratos; según especies se adaptan a condiciones extremas de frío, calor, humedad y aridez. Sus rasgos comunes radican en su morfología de copa y hoja pequeña o acícula, cuya cobertura modesta crea un pie de bastante luz, menos abrigado y protegido de la evaporación que en los bosques frondosos.

La extensión de los abetales de pinabete y pinsapo es expresiva de su falta de significado económico. Su carácter endémico y la sutileza de sus exigencias climáticas le otorgan un gran valor ecológico y científico. Los sabinares de sabina albar se adaptan a medios difíciles, desde los mayores contrastes térmicos y precipitaciones de 300 mm con aridez estival hasta los suelos más raquíuticos explican la pervivencia de la especie, poco apreciada tradicionalmente y sin expectativas económicas, al margen de su valor ecológico. El carácter ralo de los sabinares en recuperación, la parquedad del manto arbustivo y más del herbáceo reducen el riesgo de incendio.

Si en pocos casos puede considerarse al pinar como bosque climático, sino dentro de niveles de degradación de los frondosos, o incluso mera plantación, su extensión responde a la explotación forestal. Madera, aglomerado, pasta de papel, resina o piñón son productos esenciales. El crecimiento permite turnos de corta entre 50 y 100 años en pinos autóctonos, y desde 15 en el insigne. En la última década la crisis completa de la resina, y acusada en otros productos, concentra la producción en la madera, que es fácil de trabajar para los destinos más diversos. Desde los años cuarenta la repoblación corresponde a pinos en sus $\frac{3}{4}$, llegando al techo a mediados de los cincuenta. La repoblación pasa por varios enfoques; desde el autárquico y logro de autonomía en materias primas forestales, hasta el del empleo rural y el sentido medioambiental, más reciente. Por eso se señalan las virtudes del pinar para restaurar medios muy degradados, permitiendo en una fase posterior la recuperación de los bosques frondosos. El aprecio y difusión históricos del pinar y sus técnicas forestales imprimen rasgos comunes a su morfología: perímetros regulares, alineaciones, densidad de condiciones climáticas y edáficas. El pino silvestre, heliófilo y tolerante de aridez leve, produce madera de calidad; su adaptación a medios montañosos de mal suelo y sin gran aptitud agraria son las claves de sus vastas repoblaciones. El pino laricio soporta el contraste térmico y la aridez estival, marcando el carácter mediterráneo; la adaptación a sustratos calizos o silíceos hasta en roquedales lo hacen versátil para repoblación. Orientado a la madera, crece despacio y contacta con quejigales, sabinares y encinares, pero en repoblaciones desplaza también al rebollo y otros bosques. Los pinares de pino resinero son hoy los más extensos en España. Desde 400 mm de precipitación,

tolera la aridez estival y diversos regímenes térmicos, siendo el más repoblado. El cese de la resinación limita hoy su destino a la madera de poca calidad, pero el crecimiento es rápido.

Más termófilo y xerófilo resulta el pino piñonero. La madera es secundaria frente al piñón en este bosque claro y heliófilo. El pino carrasco es termófilo, xerófilo (>250 mm) y poco exigente en sustratos. Repoblado, está presente en los peores suelos y laderas. Si antaño se resinó, hoy produce madera sin mucha calidad ni rendimiento, en parte por sus malos pagos, pues se ha repoblado como último recurso donde no pueden crecer otros pinos. Procedente de California e introducido en el siglo pasado, el pino insigne alcanza buen porte y es precoz en crecimiento; se resiente a la aridez y agradece la templaza térmica, humedad y precipitación elevada, así como suelos profundos y sustratos arcillo-arenosos. La pasta de papel y la madera de cajonerías y embalaje son sus productos en un ciclo de explotación corto, que oscila entre 10 y 30 años.

6.3.5. La degradación de la vegetación de Ribera y las choperas como paisaje de sustitución

La vegetación climácica en los lechos mayores fluviales, por la abundancia y permanencia de agua en el suelo, corresponde a un arbolado caducifolio en cintas de anchura variable desde decenas de metros a pocos kilómetros. Con gran riqueza y buen porte en las especies arbóreas, las formaciones rupícolas tienden a una sucesión simétrica en bandas por las márgenes. En la composición hay dualidad entre especies propiamente rupícolas como los sauces, frente a otras que forman bosques externos, como el abedul o el fresno. Como elemento arbóreo-arbustivo típico de sucesión horizontal y vertical a partir del agua, destaca en primer lugar una cinta de sauces de al menos una docena de especies. Intercalados con los sauces, aunque algo más al exterior y más altos abundan los alisos. Inmediatamente al exterior destaca la faja de más altura, anchura y mixtura arbórea, dominada por los chopos y álamos y donde suelen abundar fresnos varios y olmos. Las riberas actuales muestran un fuerte retroceso y pérdida de gran parte de esos elementos, sobre todo los más externos. Entre los muchos factores de degradación o extinción, el principal es su conversión en uno de los mejores pagos de cultivo de las vegas. En sectores húmedos y algo encharcadizos que se libraron de la roturación, la plantación de híbridos precoces de chopos y álamos reemplaza en parte a la vegetación de ribera. Las choperas, destinadas a madera y sobre todo de embalaje y con turnos a partir de 10 años, son una alternativa aceptable en los planes de reforestación y compensación de rentas agrarias.

6.4 Espacios protegidos en España: tipología y gestión

La superficie que goza en España de algún tipo de protección sobrepasa los tres millones y medio de hectáreas y afecta a más de seiscientos espacios. La mayor parte ha sido declarada a

raíz de las transferencias de legislación y gestión ambiental a las Comunidades Autónomas y de la promulgación de la Ley de Conservación de la Naturaleza y de la Flora y Fauna Silvestres (1989). La ley establece cuatro figuras de protección (parques, reservas naturales, monumentos naturales y paisajes naturales) cuya declaración y gestión corresponde a las respectivas comunidades autónomas. El Parlamento español se reserva la declaración de espacios marítimo-terrestres y de parques nacionales cuya gestión compete al gobierno central. La ley de 1989 incorpora el concepto de red estatal de parques nacionales que deberá integrar una muestra representativa de los principales ecosistemas españoles. La creación del parque nacional marítimo-terrestre del archipiélago de Cabrera en 1991 constituye un paso en esta dirección. En el parque de Cabrera están protegidos fondos marinos, islotes rocosos y matorral mediterráneo. La adhesión de España a la CE supuso, igualmente, la aceptación de normativas comunitarias referidas al medio ambiente y a la conservación del sistema natural.

- **Los parques nacionales**

La distribución territorial de nuestros parques nacionales representa la historia de nuestra política conservacionista, desde la inicial atracción de los paisajes de la alta montaña y de los bosques mesófilos a la defensa reciente de los humedales, del monte mediterráneo y de los enclaves marítimos e insulares. En conjunto, doce parques nacionales intentan representar a las áreas poco transformadas por la explotación humana, y que merecen ser conservadas por la belleza de sus paisajes, la representatividad de sus ecosistemas, la singularidad de su flora, de su fauna o de su riqueza geomorfológica. La recalificación de cada uno de los parques nacionales – a finales de los setenta y principios de los ochenta- permitió crear zonas periféricas de protección e instrumentos de gestión. Las zonas periféricas de protección –transferidas a las Comunidades Autónomas- son entornos de atenuación de impactos. Los preparques o entornos periféricos han ampliado la superficie protegida aunque no siempre consiguen integrar la totalidad del geosistema. Los gestores de un parque nacional son el patronato y la junta rectora. Según la ley, los intereses públicos y privados que rodean los parques están representados en los patronatos. Son órganos asesores y consultivos que hacen una labor de control de la gestión de la junta rectora. El Plan Rector –aprobado por el patronato y posteriormente por el Gobierno- contiene las directrices generales de ordenación del parque y las normas de gestión tendentes a proteger los valores naturales y a garantizar la investigación, la educación ambiental y el uso de los ciudadanos. Los más de cien parques naturales existentes en España nos muestran dimensiones y situaciones de gestión y conservación muy dispares. La superficie varía desde las 214.000 ha del parque natural de las sierras de Cazorla, Segura y Las Villas, el mayor de la península Ibérica, hasta el minúsculo del peñón de Ifach (35 ha). Una buena parte de los mismos responde en su origen y delimitación a movimientos reivindicativos recientes y a propuestas

científicas asumidas por las administraciones. Existen coincidencias lógicas y continuidad con categorías anteriores (Cotos Nacionales de Caza, Reservas Nacionales de Caza, Sitios Naturales de interés Nacional, Paisajes Pintorescos...), en las que se mantenía sobre todo un compromiso de conservación fundamentalmente cinegético. Asimismo, no escasean argumentos relacionados con el carácter marginal y la grave situación socioeconómica de estos espacios, depositando en la figura protectora las esperanzas de mejora y de conservación. La exaltación de los paisajes naturales protegidos y su estrecha vinculación con los espacios rurales de mayor raigambre e identidad cultural se vio reforzada con la aparición del *Libro Verde de la Comunidad* (1985) y el documento sobre el *Futuro del Mundo Rural* (1988), consolidándose los enfoques integrados sobre el desarrollo local y la elección de los parques naturales como ámbitos idóneos de intervención. En efecto, los parques naturales: "...espacios de relativa extensión, notable valor natural y singular calidad biológica, en los que se compatibiliza la coexistencia del hombre con el proceso dinámico de la naturaleza, a través de un uso equilibrado y sostenible de los recursos", se han convertido en modelos alternativos en las estrategias de conservación medioambiental y de desarrollo de las propias Comunidades Autónomas. Las estrategias señaladas se han beneficiado en los últimos años de las políticas y ayudas europeas. Con frecuencia, si los presupuestos son generosos, las políticas se traducen básicamente en mejoras de infraestructuras, saneamiento o equipamientos que contribuyen a la mejora de la accesibilidad y calidad del entorno. Más de 600.000 ha están protegidas en forma de Reserva Natural, Paisaje Protegido, Monumento Natural u otras categorías análogas por la legislación estatal o autonómica, aunque su funcionalidad como instrumentos de salvaguardia sea dudosa y su incidencia territorial muy desigual. Las propias Comunidades Autónomas han convertido la conservación de sus áreas sensibles en un catálogo más o menos localista, cuyas denominaciones administrativas y localización geográfica resulta confusa. Son las Reservas Naturales, los espacios más frágiles y vulnerables, las que reciben un mayor número de categorías y matices (Reserva natural Integral, Reserva Natural Parcial, Reserva Natural Especial...). Por su dimensión internacional merecen una mención especial las dieciséis Reservas de la Biosfera, declaradas al amparo del Programa del Hombre y la Biosfera (MAB) de la UNESCO. Concebidas para responder a la necesidad de conciliar la conservación de la diversidad biológica, la búsqueda de una mejora económica y social y el mantenimiento de los valores culturales asociados, se han convertido en algunos casos en una etiqueta de prestigio más que en un instrumento de armonización medioambiental y desarrollo sostenible. De igual modo, la ratificación por España (1982) del Convenio de Ramsar cuyo objetivo es garantizar la protección de los humedales de entidad internacional, particularmente como hábitats de aves acuáticas, ha impulsado la investigación e inventario, la recuperación y la gestión de humedales. Los 38 acogidos al convenio configuran ámbitos ecológicos de gran belleza y fragilidad. Unas constantes de los últimos tiempos son: los retrasos prolongados en la constitución de los

órganos de gestión (patronatos y comisiones mixtas en los parques nacionales); los cambios frecuentes en las direcciones de los parques; la falta de Planes Rectores de Uso y Gestión y de su aprobación y aplicación; la indefinición de los regímenes de compensación en las áreas de influencia socioeconómica de los parques, o la ausencia de planes efectivos de desarrollo sostenible o de fomento. Dichas circunstancias favorecen todo tipo de desmanes: furtivismo, incendios, abusos de los visitantes, equipamientos o proyectos turísticos agresivos.

Comunidades Autónomas	Parque nacional		Parque natural		Reserva natural		Paraje natural		Paisaje protegido		Monumento natural		Otras figuras		N.º	Total (ha)	Sup. C.A. (ha)	%
	N.º	Ha	N.º	Ha	N.º	Ha	N.º	Ha	N.º	Ha	N.º	Ha	N.º	Ha				
Andalucía	2	121.673	22	1.292.673	28	4.368	31	63.183	—	—	20 ⁽¹⁾	663	1	10	84	1.481.907	8.726.800	17,0
Aragón	1	15.608	3	82.106	1	777	—	—	1	3.335	—	—	—	—	26	102.489	4.765.000	2,2
Asturias	—	24.560	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(Principado de)	1*	(64.660)	3	152.500	9	14.277	—	—	10	133.400	33 ⁽²⁾	27	—	—	56	324.764	1.056.500	30,7
Baleares	1	10.021	4	4.442	1	16.000 ⁽³⁾	—	—	—	—	—	—	82 ⁽⁴⁾	175.752	88	206.215	501.400	41,1
Canarias	4	27.352	18 ⁽⁵⁾	194.562	26	22.243	—	—	27	39.098	51	29.575	19 ⁽⁶⁾	1.404	145	314.234	724.200	43,4
Cantabria	—	15.381	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(Comunidad de)	1*	(64.660)	4	27.478	1	3.500	—	—	—	—	—	—	—	—	6	46.359	528.900	8,8
Castilla-La Mancha	2	43.733	3	30.778	2	1.980	—	—	—	—	—	—	1 ⁽⁷⁾	—	6	76.491	7.923.000	1,0
Castilla y León	—	24.719	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(Comunidad de)	1*	(64.660)	7 ⁽⁸⁾	354.400	2	8.842	—	—	—	—	5	18.188	—	—	15	406.149	9.419.300	4,3
Cataluña	1	14.119	8	97.056	65 ⁽⁹⁾	12.273	6	8.216	—	—	—	—	—	—	80	131.664	3.193.000	4,1
Extremadura	—	—	2	28.422	1	6.800	—	—	—	—	3	351	—	—	6	35.573	4.160.200	0,9
Galicia	—	—	6	38.519	—	—	—	—	6 ⁽¹⁰⁾	16.068	—	—	3	401	15	54.988	2.943.400	1,9
Madrid	—	—	3 ⁽¹¹⁾	108.278	2	691	—	—	—	—	1	50	2 ⁽¹²⁾	297	8	109.316	799.500	13,7
(Comunidad de)	—	—	6 ⁽¹³⁾	42.407	1	109	—	—	5	5.333	—	—	—	—	12	47.849	1.131.700	4,2
Murcia	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(Región de)	—	—	2	23.448	41	9.745	—	—	—	—	6	0	25 ⁽¹⁴⁾	2.833	74	36.025	1.042.100	3,5
Navarra	—	—	5	44.492	1	23.000	—	—	—	—	—	4	—	641	10	68.133	726.100	9,4
País Vasco	—	—	1	23.640	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	23.640	503.400	4,7
La Rioja	—	—	9	36.461	3	5.969 ⁽¹⁵⁾	1	2.000	—	—	—	—	—	—	13	44.430	2.330.500	1,9
Comunidad Valenciana	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Totales	12	297.166	106	2.581.662	184	130.574	38	73.399	49	197.234	119	48.854	137	181.338	645	3.510.316	50.475.000	7

* Parque Nacional de Covadonga, ahora de los Picos de Europa.
(1) Glaciares pirenaicos en la provincia de Huesca (Aneto, Maladeta, Posets...). (2) En los monumentos naturales solamente figura la superficie de las turberas de las Duenas (27 ha). (3) 13.680 ha son superficie marítima correspondiente a las salinas de Ibiza y de Formentera. (4) Áreas naturales de Especial Interés (ANEI) y Áreas Rurales de Interés Paisajístico (ARIP). (5) Incluye los siete parques rurales. (6) SIC = Sitio de Interés Científico. (7) Sitio Natural de Interés Nacional (Ciudad Encantada, Cuenca). (8) Incluye los dos parques regionales (Picos de Europa y Gredos). (9) Los volcanes de la Garrotxa figuran como Reserva Natural Parcial. (10) Espacios protegidos en régimen de Protección General. (11) Incluye el Parque Natural de Peñalara y los Parques Regionales de la Cuenca Alta de Manzanares (76.728 ha) y de los cursos bajos de los ríos Manzanares y Jarama (31.550 ha). (12) Corresponden al Hayedo de Montejo (Sitio Natural de Interés Nacional) y a la Laguna de San Juan (Refugio de Fauna). (13) Parques Regionales. (14) Enclaves Naturales, principalmente sotos. (15) 5.910 ha de superficie marítima (cabo San Antonio, isla de Tabarca e islas Columbretes).
FUENTE: Ministerio de Medio Ambiente y datos parciales correspondientes a las Comunidades Autónomas.

Tabla 1. Los espacios naturales y paisajes protegidos en el año 2000 por Comunidades Autónomas.

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente en Gil Olcina y Gómez Mendoza, 2001.

6.5 Conservación de la naturaleza y de la diversidad biológica

Durante años, el movimiento proteccionista mundial se centró en la preservación de enclaves vírgenes, de alto valor paisajístico. El conservacionismo en sus primeras formulaciones admiraba la naturaleza con una actitud contrapuesta a la humanización y se plasmó legalmente en Estados Unidos al declarar el parque de Yellowstone en 1872.

En España, la protección de espacios naturales se plasmó en la Ley de Parques Nacionales (1916), vigente hasta 1957. Era una ley –tres artículos- que trazaba las líneas básicas de declaración y gestión pero sin un régimen sancionador. El Reglamento de la Ley de Parques Nacionales (1917) estableció dos figuras de protección (Parques Nacionales y Sitios Nacionales) cuya gestión dependía de una Junta Central de Parques Nacionales. Al amparo de la

ley, se declararon el Parque Nacional de Covadonga (1918) y el del Valle de Ordesa (1918), entre otros. Posteriormente se ampliaron las tipologías de espacios protegidos (Sitio Natural de Interés Nacional, Monumento Natural de Interés Nacional). La Segunda República no alteró los criterios paisajísticos de protección. La gestión de parques y sitios fue encomendada a la Comisaría de Parques Nacionales en la que había una representación de los mejores naturalistas. Tras la Guerra Civil, se suprimió la Comisaría de Parques Nacionales y sus competencias se trasladaron al Ministerio de Agricultura. Por esta y otras razones, durante años proliferan de forma desmesurada las declaraciones de reservas de caza. En las declaraciones de parques y de sitios naturales subsistieron los criterios naturalistas de valoración paisajística. Durante los cuarenta años de vigencia de la ley de Parques Nacionales se declararon cinco parques, una docena de sitios naturales y numerosos paisajes pintorescos.

En 1957 quedó derogada la Ley. Los parques y sitios declarados pasaron a regirse por la Ley de Montes (1957) que desarrollaba los aspectos productivistas y a ellos subordinaba la conservación de áreas de singular riqueza biológica. Con la creación en 1971 del Instituto para la Conservación de la Naturaleza (ICONA), la protección adquiere un sesgo más forestal y biológico, que se verá fortalecido con la Ley de Espacios Naturales Protegidos de 1975 y con mayor claridad en la ley vigente (1989). En medio nos queda un loable inventario de paisajes naturales (1978) y la Ley de Agricultura de Montaña (1982) que, además de una preocupación socioeconómica por la montaña, fija la atención en la conservación y restauración del medio físico.

No son ajenos al cambio de sensibilidad y a las demandas conservacionistas los diferentes movimientos cívicos de los años setenta y ochenta vinculados al ecologismo, que propugnan unas relaciones armónicas de la sociedad con la naturaleza, corrigiendo los daños de un mal denominado progreso particularmente del industrialismo salvaje. Debe reconocerse su labor en pro de la defensa y declaración del parque natural de Monfragüe, el parque nacional de Cabañeros o el parque nacional del archipiélago de Cabrera, entre otros, en la recuperación de especies en peligro y de áreas degradadas o desecadas como los humedales.

En 1999 se presentó la Estrategia Española para la Conservación y el Uso Sostenible de la Diversidad Biológica que, recogiendo los convenios y acuerdos ratificados por la Unión Europea establece líneas de actuación, planes y medidas para atajar la degradación ambiental y la pérdida de biodiversidad. La Directiva Hábitats (92/43/CEE) es la principal herramienta sobre la conservación de la naturaleza en la UE y su antecedente es la Directiva sobre Aves (79/409/CEE) y la creación de una red de Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA). La vía elegida para conseguir la compatibilidad entre la conservación de la biodiversidad para

las generaciones venideras y el desarrollo sostenible es la construcción de una red europea de espacios naturales protegidos, Red Natura 2000. Ésta supone una representación adecuada de los distintos hábitats y taxones correspondientes a las seis regiones biogeográficas europeas: mediterránea, atlántica, continental, boreal, alpina y macaronesia. Nuestro país es el de más alta diversidad natural de la Unión Europea, pues de los 226 tipos de hábitats de interés comunitario, el 50 % se encuentran en España, sobresaliendo los correspondientes a la región mediterránea y macaronesia y en menor medida a la atlántica y alpina. La elaboración de los lugares de Interés Comunitario (LIC), base de la selección de las Zonas Especiales de Conservación (ZEC), junto a las ZEPA, integran la Red Natura 2000. Es la iniciativa de mayor envergadura abordada en Europa y en España a favor de la naturaleza y de los paisajes que, a medio y largo plazo, debe convertirse en una de las columnas vertebrales de la ordenación territorial.

Bibliografía

- [1] Bosque Maurel, J. y Vilà Valentí, J. (Coord.). Geografía de España. Geografía física. Editorial Planeta, 1989.pág. 561-584..
- [2] Gil Olcina, A. y Gómez Mendoza, J. (Coord.). Geografía de España. Editorial Ariel, 2001. pág 153-192, 207-220.
- [3] Mendez, R y Molinero, F. (Coord.). Geografía de España. Editorial Ariel, 1993. pág 178-204, 297-321.

Tema 7. Paisajes agrarios en España: Tipología y aprovechamientos. Evolución y transformación económica y paisajística de la agricultura y ganadería en España. La explotación forestal. La política agraria común en la Unión Europea. Los procesos de rururbanización.

7.1 Paisajes agrarios en España: tipología y aprovechamientos

Los paisajes agrarios se entienden como la plasmación de los distintitos elementos (cultivos, hábitat, parcelario...) en función de la interacción de los diversos factores. En una primera aproximación al campo español se aprecia una clara concordancia entre regiones naturales, más concretamente climáticas, y paisajes agrarios. Es evidente que la agricultura de la España húmeda se contrapone a la de la España seca. Sin duda, los condicionamientos climáticos manifiestan su influencia en la importancia de la superficie forestal y, más aún, la significación de los prados y pastizales en la España atlántica. En definitiva, ese medio natural fundamenta la escasa proporción de las tierras de cultivo, así como la orientación ganadera de su economía agraria en contraposición con el resto de España. De igual manera, la aridez de la España seca define la importancia de los secanos, cerealistas y arbóreos. Ahora bien, dada la gran extensión superficial de la España seca, sus diferencias altitudinales, la oposición interior-periférica, sus matices termo-pluviométricos, su grado distinto de aislamiento, la antigüedad y peso del regadío, etc., todo ello obliga a distinguir dos grandes macroregiones en ella: la España interior-representada por la Meseta, aunque engloba otras Comunidades además de las asentadas en aquélla- y la España periférica, la España mediterránea.

Por consiguiente, se nos presentan así tres grandes unidades a las que hay que agregar las Islas Canarias, cuya especificidad insular y latitudinal engendra un medio específico. Sobre esta división en grandes conjuntos agrarios en que se prima en primera instancia los factores del medio físico se sobreponen los factores socioeconómicos, cuyo significado se observa a distintas escalas: regadío, sistemas de cultivo, propiedad, política forestal...

7.1.1 La España atlántica

El norte peninsular está constituido por un medio montañoso y un clima oceánico. Tales caracteres contribuyen a configurar la imagen de esta España húmeda definida por la primacía del bosque y los prados que conjuntamente ocupan más del 70% de su territorio por lo que es

fácil entender la especialización ganadera de toda la cornisa cantábrica incluso la escasa tierra puesta en cultivo está orientada igualmente a la ganadería: los cultivos forrajeros.

La unidad de esta macroregión no es solamente paisajística, ecológica, sino también humana, dada tanto por el predominio del poblamiento disperso –que alcanzan un espléndido ejemplo en el caserío vasco-, como por la omnipresencia del minifundismo y primacía de la propiedad como régimen de tenencia, y por la simbiosis del monte y del terrazgo en la organización del espacio. La especialización ganadera está sentada en el bovino de leche.

En el tránsito del siglo XIX al actual, tuvo lugar la revolución ganadera, que se especializó en la leche. La expansión de razas extranjeras ha convertido en residuales a las razas autóctonas. Tal sustitución ha provocado no sólo un aumento de los rendimientos, sino un cambio en los sistemas de explotación: mayor superficie destinada a cultivos forrajeros, así como la decadencia de la trashumancia tradicional de la ganadería autóctona.

7.1.2 La España interior

La España interior se define por una serie de rasgos como, la ausencia de precipitaciones estivales, el matiz de continentalidad, como lo demuestra la existencia del riesgo de heladas que se prolongan durante varios meses o una altitud elevada. Caracteres, todos ellos, que crean un marco natural negativo para el desarrollo de las actividades agrícolas. Con todo, la superficie cultivada se eleva al 44% de la superficie total, si bien el influjo de esos condicionamientos naturales se aprecia en la escasa diversificación de los aprovechamientos de labrantío: cereales, especialmente la cebada, el barbecho y los cultivos leñosos ocupan siempre más de dos tercios de aquél. A ello es preciso añadir, también como elementos unificadores, el predominio del doblamiento concentrado y un regadío en reciente expansión.

Castilla-León y Castilla-La Mancha son las Comunidades que mejor se ajustan a esos rasgos. Son tierras tradicionales de cereales las cuales conocen en los últimos años la sustitución del trigo por la cebada y el girasol. Sus tierras también se destinan al viñedo y olivar. Es la ganadería ovina la que define ambas cabañas. En cambio no sucede así con el bovino y porcino en los que Castilla-León ocupa el primer lugar.

En la cuenca alta del Ebro, Navarra y Rioja presentan unos paisajes que, según las zonas, nos recuerdan los de la España atlántica (la Navarra húmeda) o la España seca (Bárdenas Reales). Tanto desde el punto de vista físico –precipitaciones, temperatura, vegetación- como humano – poblamiento, usos del espacio agrario- reflejan esa afinidad a una u otra. Las zonas de montaña

(Pirineos, Sierra de la Demanda) tienen una clara orientación ganadera y forestal. En contraste, las áreas de llanura en las inmediaciones del Ebro son agrícolas por excelencia. En ellas y en la confluencia de los afluentes se extienden los regadíos navarros con una propiedad muy parcelada dedicada a cultivos industriales (remolacha azucarera), forrajes y, sobre todo, hortalizas (espárragos, tomate, pimiento, coliflor...) que alimentan una importante industria conservera de larga tradición. Entre los cultivos de secano sobresale el viñedo en constante expansión. La calidad de estos vinos –defendida por la Denominación de origen, bajo la que se comercializa, explica su demanda y su peso creciente en la producción agrícola, de lo que no está ausente su creciente comercialización embotellada y la disminución, por consiguiente, de la venta a granel como sucedía antaño.

La contraposición con el regadío marca el paisaje agrario aragonés. Esta contraposición secano-regadío se produce también en cuanto a la propiedad: frente al minifundio del regadío, el secano y la tierra no cultivada forman grandes latifundios, especialmente en Teruel y Huesca, si bien una gran parte de estas propiedades son bienes comunales o de titularidad pública. El campo aragonés ha conocido y sigue padeciendo un proceso de abandono y se encuentra materialmente vacío como consecuencia del éxodo rural: la densidad de población en Teruel no alcanza los 11 hab./Km², y en Huesca 14 hab./Km² con decenas de municipios –en Teruel, por ejemplo, más del 50%- con menos de 250 habitantes.

7.1.3 La España mediterránea

Si se exceptúan algunas zonas, por lo general montañosas, la aridez marca profundamente esta amplia región, en la que se encuentran zonas típicamente estepas. La escasez de precipitaciones, su desarrollo en un corto número de días unido a unos procesos humanos poco racionales respecto al medio en la ocupación del territorio, han generado un grado de erosión que en algunas provincias es ya irreversible. No sorprende por ello que el desarrollo de la agricultura haya estado unido en gran medida al del regadío y que, por ello, la España mediterránea se identifique con la España del regadío teniendo en las “huertas” su máximo exponente.

Regadío y secano marcan profundamente el paisaje agrario de estas zonas. Es preciso significar la distribución desigual de este regadío debido a su fuerte implantación en la Comunidad Valenciana y Murcia. Estos regadíos son sede de una agricultura intensiva y de unos cultivos distintos según las zonas, pues si bien las hortalizas suelen estar siempre presentes, sin embargo hay áreas en que priman los cítricos, en otros, forrajes, frutales, etc. Por su parte, el secano está dominando por los cereales –cada día más cebada que trigo- y leñosos: olivar, vid y almendro.

Por tanto, el sector agrícola es prioritario en todo este litoral, excepción hecha de Cataluña donde es la ganadería la que más participa en la economía. Es indudable que en Cataluña, el peso de la ganadería –fundamentalmente porcina y bovina- debe más a la urbanización e industrialización. Estas son las causas del proceso de reconversión de las explotaciones hacia cultivos hortofrutícolas, flores, cultivos forrajeros unidos al vacuno de leche y de carne que conocen las explotaciones próximas a los centros urbanos.

7.1.4 Islas Canarias

El carácter insular, la importancia de los suelos volcánicos, el carácter accidentado de su topografía, la proximidad del trópico y, en fin, la contraposición pluviométrica existente entre las laderas de sotavento y barlovento son, todas ellas, circunstancias que crean un medio natural peculiar en el conjunto español, medio poco favorable al desarrollo de las actividades agrarias: la superficie cultivada no llega a un quinto de la superficie en tanto que el regadío supone el 30.9% de la tierra en cultivo, un regadío que ha ido acumulando toda una serie de técnicas tanto de captación de agua como de cultivos que muestran cómo el agua es el factor clave –de ahí la lucha e interés por su control- de la agricultura canaria, la cual se caracteriza por ser una agricultura regada especializada en cultivos de exportación (caña de azúcar, tomate, patata, plátano).

	Censo agrario España 1989	Censo agrario España 1999	Variación %
Número de Explotaciones	2.284.944	1.790.162	-21,7
Superficie total (ST)	42.939.193	42.180.950	-1,8
Superficie agrícola utilizada (SAU)	24.740.506	26.316.787	6,4
-Tierras labradas (TL)	16.247.747	16.920.360	4,1
- Herbáceos y barbechos	12.094.633	12.399.723	2,5
- Frutales	1.210.316	1.151.968	-4,8
- Olivar	1.789.864	2.273.589	27,0
- Viñedo	1.082.238	1.035.347	-4,3
- Otros leñosos	70.696	59.733	-15,5
-Pastos permanentes	8.492.759	9.396.427	10,6
Ganadería (núm. cabezas)			
- Bovinos	4.800.129	6.360.827	32,5
- Ovinos	17.576.632	20.989.148	19,4
- Porcinos	11.955.303	22.079.591	84,7
- Aves (miles)	118.482	182.446	54,0
Unidades de trabajo año (UTA)			
Totales	1.262.256	1.188.894	-5,8
- Familiar	958.171	805.260	-16,0
- No familiar	304.085	383.634	26,2
Indicadores estructurales			
ST/Explot.	18,8	23,6	25,3

SAU/Explot.		10,8	14,7	36,1
SAU/ST (%)		57,6	62,4	8,3
TL/SAU (%)		65,7	64,3	-2,1
UTA/Explot		0,6	0,7	20,2
Cabezas de ganado y número de explotaciones				
Bovinos				
Explotaciones		328.130	196.640	-40,1
Cabezas		4.800.129	6.360.827	32,5
Cabezas/expl.		15	32	
Ovinos				
Explotaciones		147.228	122.196	-17,0
Cabezas		17.576.632	20.989.148	19,4
Cabezas/expl.		119	172	
Porcinos				
Explotaciones		376.353	218.110	-42,0
Cabezas		11.955.303	22.079.591	84,7
Cabezas/expl.		32	101	
Aves				
Explotaciones		521.582	329.020	-36,9
Cabezas		118.482.000	182.446.364	54,0
Cabezas/expl.		227	555	
Caprinos				
Explotaciones		112.768	60.752	-46,1
Cabezas		2.553.748	2.743.149	7,4
Cabezas/expl.		23	45	
Grandes categorías de cultivos				
Herbáceos				
Explotaciones		1.318.739	890.094	-32,5
Superficie (ha.)		12.094.633	12.399.723	2,5
Ha. /expl.		9,2	13,9	
Frutales				
Explotaciones		622.938	565.018	-9,3
Superficie (ha.)		1.210.316	1.151.968	-4,8
Ha. /expl.		1,9	2,0	
Olivar				
Explotaciones		555.958	602.249	8,3
Superficie (ha.)		1.789.864	2.273.589	27,0
Ha. /expl.		3,2	3,8	
Viñedo				
Explotaciones		396.762	342.096	-13,8
Superficie (ha.)		1.082.238	1.035.347	-4,3
Ha. /expl.		2,7	3,0	
Otros *				
Explotaciones		50.267	40.155	-20,1
Superficie (ha.)		70.696	59.733	-15,5
Ha. /expl.		1,4	1,5	
(*) Comprende: Viveros de cultivos leñosos no forestales, otros cultivos permanentes y cultivos leñosos en invernadero				

Tabla 1. Evolución del Censo Agrario (1989-1999).

Fuente: Ministerio Agricultura, Pesa y Alimentación.

7.2 Evolución y transformación económica y paisajística de la agricultura y ganadería en España.

7.2.1 La Agricultura

No es posible entender la dinámica del campo español si no se establece una clara diferenciación entre dos tipos de terrazgo: el secano y el regadío. Existe una gran extensión de secanos –el 82% de las tierras cultivadas-, que aporta una reducida cantidad de la producción final agraria, frente a una pequeña extensión del regadío –un 19 %, que aporta lo sustancial de las producciones y rentas agrícolas- con la salvedad derivada de la importancia y hasta trascendencia económica y paisajística de los secanos arbolados basados en el olivar.

La producción final vegetal en 1999 representó un total de 2.545.400 millones de pesetas, según estimaciones del MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), lo que significa un 59,3 % de la producción final de la rama de actividad de agricultura y ganadería; este desequilibrio agrícola se debe, precisamente, a la importancia que adquieren en España los cultivos hortícolas y frutícolas. Los cultivos como el trigo, la vid y el olivo se extienden de una manera muy desigual por los terrazgos españoles. El trigo, que ha sido superado por los cereales-pienso, y especialmente por la cebada, se extiende por todo el territorio español; el olivo ocupa ámbitos mediterráneos más cálidos, especialmente la depresión del Guadalquivir, la del Ebro y las tierras del Tajo y del Guadiana, además de los secanos de la orla costera mediterránea. Y el viñedo invade todo el país, desde los ámbitos mediterráneos a los atlánticos, aunque concentrado especialmente en Castilla- La Mancha, y en comarcas de la España del Sur.

- La gran expansión del cereal y de los cultivos herbáceos por los secanos españoles.

Los cultivos herbáceos de secano ocupan una extensión de 11,9 millones de hectáreas sobre un total de 19,1 millones de hectáreas cultivadas, es decir, que entorno al 62 % del terrazgo cultivado. La dinámica de los cultivos herbáceos extensivos en todo el territorio español ha estado condicionada por la PAC (Política Agraria Común) especialmente por las subvenciones concedidas a los agricultores a partir de 1992 para compensar la caída de rentas derivada de la adaptación de los precios internos a los del mercado internacional. Por ello, los secanos herbáceos han conocido una evolución singular, basada en el protagonismo obvio de los cereales, pero con un aumento creciente de las superficies dedicadas a oleaginosas, y sobretodo al girasol, que se convirtió durante los años 1993 a 1996 en la estrella de los secanos e invadió

territorios que nunca antes lo habían tenido. Cuando las subvenciones a las oleaginosas empezaron a ser rebajadas hasta los mismos niveles que las de los cereales, comenzó a caer su superficie y los incentivos de los PAC provocaron una auténtica mutación de aprovechamientos en el campo español. Sin embargo, el auge, expansión y caída del girasol contrasta con la consolidación de los cereales, principalmente la cebada, seguida del trigo, avena, centeno... que siempre han constituido la base de los secanos del interior de España. Sus rendimientos son escasos aunque están aumentando levemente.

No se pueden dejar de lado las leguminosas, ya que, al margen de su escasa entidad espacial, han estado siempre asociadas a los secanos peninsulares, bien como cultivos de rotación, bien como complemento de la alimentación humana o como fundamento de la alimentación animal. Cayeron a niveles mínimos durante los años de la agricultura productivista, cuando no se podían cosechar mecanizadamente; han vuelto a surgir con fuerza merced a las ayudas PAC, muy superiores a las del cereal, pero tienen un valor y entidad limitados por sus propias características agronómicas y técnicas. Sus rendimientos bajos no permiten augurarles una fuerte expansión; su dificultad de mecanización y de tratamiento con herbicidas selectivos ha motivado un fortísimo retroceso.

- Resurgimiento y auge del olivar en los secanos arbolados

Los secanos arbolados han constituido siempre un aprovechamiento destacable de la agricultura mediterránea. Favorecido por la PAC, se ha producido un auge espectacular del olivar en toda España meridional y oriental cálida. Así lo ponen de manifiesto los datos sobre la evolución de la superficie olivarera, con unos 2,2 millones de hectáreas dedicadas al olivar de almazara y otras 120.000 ha al olivar de aceituna de mesa en 1997. Frente a la coyuntura anterior al ingreso de España en la CEE, cuando se le exigía la reducción drástica del olivar, se ha pasado a una expansión inusitada, a partir de los años noventa, en la que se han dedicado explotaciones enteras de tierra calma a superficies olivareras, tanto en las campiñas del Guadalquivir como fuera de ellas.

Pero no sólo se ha producido una fortísima expansión, sino que ésta se ha acompañado de un incremento firme de los rendimientos. La superficie olivarera concentrada en áreas principalmente de la provincia de Jaén, seguida de las campiñas cordobesas e hispalenses, de las tierras de Málaga y Granada, de Badajoz, Toledo, Ciudad Real, Tarragona, etc. Frente al olivar, el resto de los secanos arbolados palidecen.

- La entidad y variedad de los viñedos españoles

Si el secano arbolado está dominado por el olivar, el secano arbustivo lo está por el viñedo. No cabe duda de que España es uno de los grandes productores mundiales de vino y que cada vez tienen más importancia los vinos de calidad, aunque la mayor extensión corresponda a los de pasto o de consumo masivo, concentrados especialmente en Castilla-La Mancha. Los viñedos españoles se han orientado claramente hacia las producciones de calidad y, con este objetivo, se han modernizado las empresas vitícolas, que han aumentado considerablemente los rendimientos y las rentas obtenidas.

- La fuerte expansión del regadío en España

El área regada en España se triplica durante el siglo XX, pasando de 1,2 millones de hectáreas totales en 1900 a los 3,4 millones actuales. La localización de los regadíos españoles es en Campos de Dalías y Níjar y Bajo Almanzora, en Almería, en Campos de Águilas, en Mazarrón y Cartagena con la Vega media del Segura, en Murcia, en Bajo Segura y Campo de Elche, en Alicante, en La Salfor, Ribera del Júcar y Horta del Turia, en Valencia, Plana de Castellón, tierra del Ebro y Canarias. Estas áreas se dedican al cultivo de cítricos, hortalizas y frutales. Además, existe un eje de comunicaciones rápidas que une estas regiones con los mercados consumidores europeos que ha favorecido la gran expansión del regadío. Tal incremento ha supuesto una sucesión de cambios paisajísticos en las áreas tradicionales de regadío y en las de secano transformadas. Estas mutaciones han sido tanto de reorganización parcelaria, como técnicas, legales y económicas.

- Mutaciones de los paisajes de huertas tradicionales y creación de nuevas áreas de regadío intensivo

La dinámica de transformación de los paisajes de las huertas tradicionales mediterráneas se ha producido en los últimos treinta años y ha conducido a la configuración de nuevas imágenes, fruto de la implantación de tecnologías de cultivo avanzadas y de la manera de organizar el territorio afectado.

Este profundo cambio estructural se traduce en una completa modificación del ordenamiento del territorio, con marginación de la cerealicultura, sustituida primordialmente por la horticultura. Junto a esto se ha producido una multiplicación del caserío disperso, cuando no un proceso de rururbanización por expansión de las ciudades que se ubican en el centro de estas huertas, caso de Castellón, Valencia, Elche, Murcia, etc. Hoy, las huertas tradicionales ligadas a grandes

ciudades llevan camino de desaparecer devoradas por el propio crecimiento de las urbes y sus infraestructuras de servicios y transporte, como son los ejemplos de la huerta de Valencia, con unas pérdidas de cerca del 80 % de su superficie; Elche, casi el 100 %.

Sin embargo, las superficies hortofrutícolas han crecido a un ritmo acelerado al mismo tiempo que se producía el proceso anterior. Para ello fue necesario habilitar nuevas áreas de cultivo en las periferias de estas huertas y en el acondicionamiento de terrazgos de secano.

- La adaptación a las coyunturas en los regadíos extensivos

En los regadíos de la España interior hallamos los verdaderamente extensivos, dedicados a cereales (maíz y trigo, especialmente) y los semiintensivos que combinan la trilogía de remolacha, parara y alfalfa. Tanto los regadíos del Ebro como otros de la España interior estuvieron orientados principalmente a la producción de remolacha azucarera, que se completaba con la patata o la alubia, como cultivos de consumo humano, y con la alfalfa u otros forrajes para la ganadería. Estos regadíos del interior de España empleaban gran cantidad de mano de obra y aportaban unos rendimientos económicos superiores a los del secano. Cuando se ingresa en la CEE en 1986, España debe adaptarse a las normativas europeas y orientarse a las producciones demandadas por el mercado. Por ello, los años noventa han visto consolidarse los regadíos extensivos, adaptados a la PAC, bien tecnificados y modernizados, de buenos rendimientos, pero obligados a producir los cultivos subvencionados si querían subsistir. De ahí la importancia adquirida por el maíz.

- El papel social de los regadíos

El análisis de las comarcas afectadas por las mutaciones de la horticultura intensiva pone de manifiesto que se está ante la presencia de territorios intensamente humanizados, donde se ha roto con el ciclo emigratorio y se ha pasado a otro de inmigración y de crecimiento vegetativo positivo.

El primer dato llamativo es la fuerte disminución del número de explotaciones agrarias, que no cesa de caer, si bien todavía se mantiene una elevada proporción de agricultores a tiempo parcial que conservan sus explotaciones por afición, entretenimiento, o como complemento de rentas. La explotación agraria española ha conocido un proceso inexorable de modernización, que ha corrido parejo a la pérdida de activos agrarios y al envejecimiento general. En este sentido, y en contra de lo que venía sucediendo, se está produciendo un rejuvenecimiento claro del campo,

basado en la incorporación de las ayudas familiares a la titularidad de la explotación, en gran parte relacionado con las posibilidades y oportunidades que ofrece.

7.2.2 La ganadería: los espacios y sistemas ganaderos

La cabaña actual reúne el máximo de efectivos pecuarios jamás logrado por la ganadería española. No obstante, si bien especies como la ovina presentan un censo equivalente al de los años cuarenta, y las especies caprina y equina han disminuido considerablemente.

- Quiebra y transformación de los aprovechamientos ganaderos tradicionales

Hasta finales de los años cincuenta los sistemas ganaderos españoles se caracterizaban por su naturaleza extensiva y, muy particularmente, por la integración de las prácticas agrícola y ganadera sobre unos mismos espacios agrarios, los cuales en buena medida presentaban una ordenación adecuada a la coexistencia de ambos aprovechamientos.

Las distintas cabañas ganaderas estaban formadas por ejemplares pertenecientes a razas autóctonas, que componían un variado y rico mapa pecuario y ofrecían un alto grado de rusticidad, que era exponente de la adaptación secular de los animales a las condiciones ambientales de los espacios de radicación. Pastaban en régimen extensivo y el aprovechamiento a diente de los pastos confería a los rebaños una presencia visible dentro del paisaje. Gozaban de plena vigencia agrosistemas como el de dehesa, o prácticas seculares, como la trashumancia y la trasterminancia, que, al desplazar los rebaños desde las tierras altas a las bajas para el aprovechamiento de los pastos invernales, permitían la integración funcional entre los espacios de montaña y del valle, entre las prácticas agrícolas, forestales y pecuarias con un marcado carácter ecológico y económico.

Pero estos sistemas ganaderos ocupaban demasiado espacio, precisaban mucha mano de obra y presentaban una menguada rentabilidad en el contexto agrario y socioeconómico que comenzaba a dibujarse. Por ello debieron acometer una profunda transformación, fruto de la cual es el modelo ganadero actual.

La política ganadera fue puesta en práctica por el Gobierno en el contexto general de los Planes de Desarrollo e inspirada en el informe elaborado, a petición española, por la misión del Banco Mundial y la FAO. Abogaba decididamente por la intensificación de los sistemas ganaderos, la racionalización de las prácticas pecuarias, la mejora de la cabaña ganadera, la introducción de razas nuevas, etc., y todo ello conducido por la estabulación, el repliegue de las razas autóctonas

y por el desarrollo de una agricultura que abasteciera a la ganadería. A tales fines, hicieron su aparición en la cabaña española animales importados, pertenecientes a razas selectas.

La presencia de nuevos animales y sistemas ganaderos, así como la demanda selectiva de carne y leche por parte de la población, provocaron la ruptura del equilibrio tradicional de las especies en la cabaña española, resultando una notable densificación de la cabaña bovina y un crecimiento espectacular de las ganaderías porcina y aviar.

Las transformaciones comentadas se desarrollaron durante los años sesenta y setenta. Con ello, España instauró un sistema ganadero muy frágil, desequilibrado en cuanto a especies y razas, muy sensible a las crisis energéticas y muy dependiente de la importación de piensos desde Estados Unidos y de los países europeos.

- Nuevas ganaderías y nuevos sistemas ganaderos

En la actualidad se ha producido un notable aumento de la actividad pecuaria, han variado la composición interna de la cabaña e incluso su propia tipología, pues ahora está formada por animales pertenecientes a razas autóctonas, a razas importadas y por animales mestizos resultantes de los denominados cruces industriales. De igual manera han hecho su aparición especies ganaderas tan novedosas como el avestruz y, en sentido contrario, han retrocedido hasta niveles sin precedentes las especies equinas.

Las nuevas prácticas pecuarias han hecho surgir explotaciones ganaderas cada vez menos dependientes de las condiciones agronómicas de medio, aunque tributarias de la importación de piensos. Ello ha facilitado que se rompa la relación que ha existido tradicionalmente entre la carga ganadera y la superficie de pastos.

- El mapa ganadero

El mapa ganadero actual es el reflejo de la dualidad de sistemas ganaderos existente hoy en España, los cuales se superponen espacialmente: de una parte los sistemas agroganaderos tradicionales, en cuyas explotaciones coexistieron la agricultura y ganadería, y de otra, los sistemas ganaderos intensivos, particularmente los estabulados que se superponen al espacio generando instalaciones industriales antes que paisaje ganadero.

El mapa de los sistemas agroganaderos tradicionales se dibuja conforme al predominio de la especie vacuna en las regiones de la España húmeda. El ganado ovino ocupa los secanos del

interior peninsular y el ganado porcino se extiende por las penillanuras occidentales y espacios mariánicos; finalmente, el ganado caprino queda recluido a las islas Canarias y a las comarcas áridas y montañosas del Sur y Sureste peninsular.

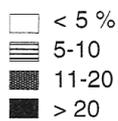
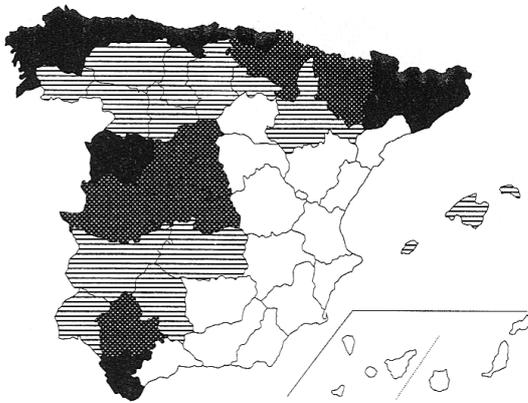


FIG. 15.2. *Ganado bovino (cabezas/100 ha).*

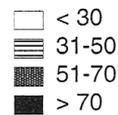
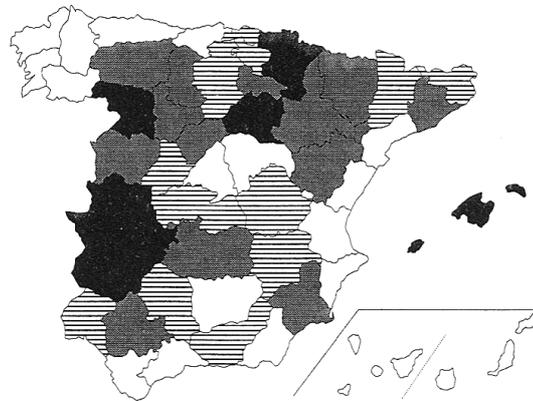


FIG. 15.3. *Ganado ovino (cabezas/100 ha).*

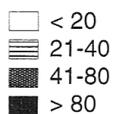
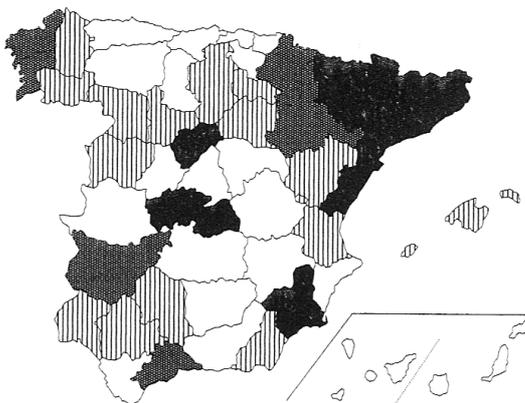


FIG. 15.4. *Ganado porcino (cabezas/100 ha).*

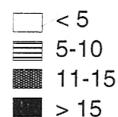
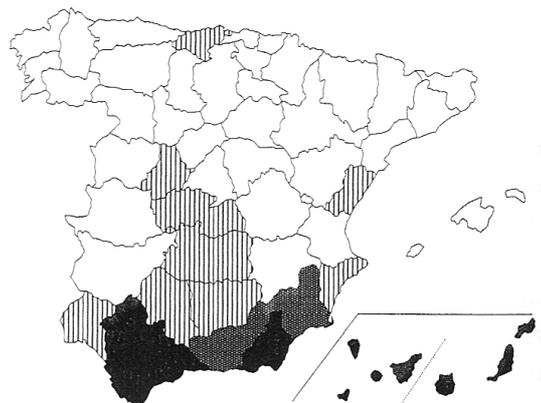


FIG. 15.5. *Ganado caprino (cabezas/100 ha).*

Figura 1. Mapa ganadero España.

Fuente: Gil Olcina, A.; Gómez Mendoza, J. Geografía de España. Editorial. Ariel, 2001. Barcelona.

En cambio, hay establecimientos ganaderos industriales cuya localización no depende de los componentes agronómicos del medio y de la provisión natural de alimentos, sino de factores de

localización industrial ya aludidos. La principal concentración de esta ganadería industrial en España se sitúa en el litoral mediterráneo y el Valle del Ebro.

La explotación ganadera gira hoy en torno a la producción cárnica, de leche y de huevos. En cuanto a la geografía de la producción, las principales regiones productoras son Cataluña, Castilla y León y Galicia en bovino; Cataluña, Castilla y León y Aragón en ovino; Cataluña y Andalucía en caprino; Cataluña en porcino, y Cataluña, Valencia y Galicia en carne de ave.

7.3 La explotación forestal

Los montes juegan un importante papel en nuestro medio natural. Se extienden sobre algo más de 26 millones de hectáreas -51% de la superficie nacional. El 69% de su superficie -18,5 millones de hectáreas- pertenece a propietarios privados y el 31% restante a entes públicos. Los montes arbolados (cubierta arbórea superior o igual al 20%) se extienden sobre 10,7 millones de hectáreas, mientras que los de arbolado ralo o poco denso cubren 3,2 millones de hectáreas; 12 millones de hectáreas están ocupadas por sistemas forestales arbustivos, de matorral y de herbazal.

El 45% de la superficie forestal arbolada está dominada por coníferas, el 44% por frondosas y el 11% restante por sistemas forestales mixtos. Las coníferas principales son el pino negral o resinero -*Pinus pinaster*-, el pino carrasco -*Pinus halepensis*- y el pino silvestre o albar -*Pinus sylvestris*-. Las frondosas dominantes están representadas por la encina -*Quercus ilex*-, el haya -*Fagus sylvatica*- y el rebollo o melojo -*Quercus pyrenaica*.

En términos de distribución altitudinal el 43% de los bosques españoles se sitúan por encima de los 800 m y el 58% sobre pendientes superiores al 20%, datos que evidencian su marcado e importante carácter protector. Nuestros bosques acumulan 600 millones de metros cúbicos de madera, el 60% sobre propiedad privada, y crecen a un ritmo de más de 30 millones de metros cúbicos al año. Las cortas anuales de madera han oscilado en los últimos diez años entre los 14 y los 15 millones de metros cúbicos, lo que supone una tasa de extracción del 47%, frente al 69%, media de los países de la UE.

La cadena bosque-industria aporta cerca de 12 millardos de euros, sostiene más de 200.000 empleos, exporta 2.031 millones de euros e importa 3.925 millones de euros, de los cuales 601 millones corresponden a madera en rollo o aserrada; es decir, materia prima para el sector.

7.4 La política agraria común en la Unión Europea (PAC)

Durante siglos, la actividad agraria ha ido dando forma al paisaje rural de nuestro Viejo Continente. Desde la creación de la Comunidad Europea, la agricultura y la política agraria han constituido un motor fundamental en la tarea de unificar Europa, puesto que el sector primario fue uno de los primeros ámbitos en los que los estados miembros cedieron parte de su soberanía a favor de la Comunidad. Desde su inicio, la política agraria hubo de hacer frente a ambiciosos objetivos; estaba diseñada para una Comunidad deficitaria que producía aproximadamente el 85 por ciento de lo que consumía. Por ello, los instrumentos de la Política Agraria común fueron concebidos teniendo como marco de referencia las condiciones económicas del momento. Resultados de la PAC se han desarrollado en páginas precedentes, en el análisis de los diferentes sistemas agrarios.

En los últimos treinta años, la Europa verde ha sufrido profundas transformaciones. De una agricultura deficitaria se ha pasado a una insostenible saturación de mercados, con cargas excedentarias de imposible absorción por la Comunidad; lo que ha conducido a que la intervención haya sido progresivamente utilizada como vía normal de comercialización. Tales excedentes se han convertido en un pesado lastre para el presupuesto de la Comunidad y su almacenamiento. La Política Agraria Común, pese a sus mecanismos estabilizadores, no ha conseguido mejorar la renta de los agricultores. La presión de los excedentes estructurales provocó el deterioro de la renta agraria.

Desde su creación, la PAC ha sufrido diversas reformas. Los motivos determinantes de la reforma han sido, entre otros factores la evolución económica y social, el desarrollo tecnológico y la transformación del papel del agricultor; unidos a la exigencia de frenar los excedentes agrícolas, la disminución de las rentas del sector, las tensiones surgidas en el seno de la Comunidad internacional, la preocupación creciente por el deterioro medioambiental y la necesidad de hacer más competitiva nuestra agricultura.

7.5 La rururbanización

La rururbanización es un proceso relativamente reciente en España, el cual consiste en urbanizar el medio rural, en la invasión del medio rural por parte de pautas urbanas. De esta forma se trasladan los modos de vida urbanos al campo, con lo cual el espacio rural, de cada vez más, es menos agrario, se transforma más en escenario, en paisaje, que en elemento productivo. La

rururbanización se da especialmente en las zonas rurales más próximas a las áreas urbanas. Las causas de la revitalización rural son diversas: el mercado de la tierra, en cantidad y precio, es más asequible para los que buscan un nuevo hogar, la calidad ambiental es mayor que la de la ciudad, el mercado de la vivienda, cuenta con mejores y más numerosas y variadas ofertas y precios, las facilidades de acceso a centros de empleo, todo ello acompañado de una política de infraestructuras de alta capacidad que permite disociar trabajo de residencia. Es un ejemplo más de los fenómenos de urbanización dispersa. Desarrollo extensivo en los temas 8 y 9.

Bibliografía

- [1] Ferrer Regales, M, Los sistemas urbanos, Ed. Síntesis, 1992, Madrid.
- [2] Gil Olcina, A.; Gómez Mendoza, J, Geografía de España. Editorial Ariel, 2001. Barcelona
- [3] Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, La Nueva Política Agraria Común, 1993
- [4] Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Libro Blanco de la agricultura, 2003
- [5] Saenz Lorite, Manuel. “Geografía Agraria”. Editorial Síntesis, 1990, Madrid.

Tema 8. La población española. Volumen y estructura demográfica. Dinámica natural y movimientos migratorios. La inversión reciente de las tendencias demográficas. Movimientos migratorios recientes. Origen y destino. El incremento de la población inmigrante. Sus efectos económicos y sociales. La distribución territorial y sus tendencias. La persistencia de los desequilibrios internos.

8.1 La población española

La población de España alcanza los 40.847.371 habitantes según los datos del último Censo de Población del 2001 realizado por el INE (Instituto Nacional de Estadística) con referencia a uno de noviembre de dicho año. El anterior Censo de población se realizó en 1991, con referencia uno de marzo, y contabilizó un total de 38.872.268 personas lo que supone un incremento, en términos absolutos de 1.975.103 habitantes, y del 5,08% en términos porcentuales, durante el periodo transcurrido entre las dos fechas indicadas. Según las anteriores cifras, el crecimiento en la última década ha sido considerablemente superior al habido en el periodo 1981-1991 que fue de 1.189.913 y que supuso un incremento, en términos porcentuales del 3,16%. Doce comunidades autónomas incrementan su población respecto a la del Censo de 1991, son: Illes Balears (18,69%), Región de Murcia (14,54%), Canarias (13,44%), Comunidad de Madrid (9,62%), Comunidad Valenciana (7,92%), Comunidad Foral de Navarra (7,04%), Castilla-La Mancha (6,15%), Andalucía (6,01%), La Rioja (5,04%), Cataluña (4,68%), Cantabria (1,48%) y Aragón (1,3%). Disminuyen su población cinco comunidades, las de Castilla y León (-3,51%), Principado de Asturias (-2,83%), Galicia (-1,31%), País Vasco (-1,02%) y Extremadura (-0,32%). La mayoría de las comunidades continúan, en el último decenio, la tendencia de aumento o disminución de la población iniciada en periodos anteriores, mientras que en el caso de la Comunidad de Aragón se pasa de un crecimiento negativo en el decenio 1981-1991 a tenerlo positivo en 1991-2001.

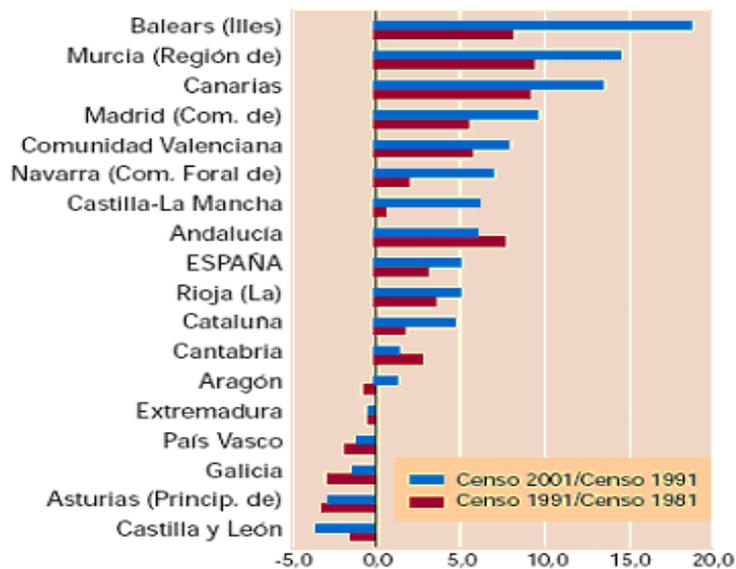


Figura 1. Incrementos porcentuales de población según Censos de 1981, 1991 y 2001 por Comunidades Autónomas.

Fuente: INE (Instituto Nacional de Estadística).

Las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla incrementan su población, respectivamente, en el 5,75% y 17,33% durante el decenio 1991-2001, crecimientos superiores a los registrados en el anterior decenio que fueron de 3,60% y 5,61%.

Durante el siglo XX la población de España no ha dejado de crecer llegándose a final del siglo con más del doble de la población existente en 1900 (incremento del 117%).

Año	Población de derecho	Crecimiento absoluto	Porcentaje	Tasa anual acumulativa por mil
1900	18.830.649			
1910	20.360.306	1.529.657	8,12	7,8
1920	22.012.663	1.652.357	8,12	7,8
1930	24.026.571	2.013.908	9,15	8,8
1940	26.386.854	2.360.283	9,82	9,4
1950	28.172.268	1.785.414	6,77	6,5
1960	30.776.935	2.604.667	9,25	8,8
1970	34.041.531	3.264.596	10,61	10,1
1981	37.682.355	3.640.824	10,70	10,0
1991	38.872.268	1.189.913	3,16	3,1
2001	40.847.371	1.975.103	5,08	4,6

Tabla 1. Población de derecho de España según Censos (1900-2001). Fuente: INE.

8.2 Volumen y estructura demográfica

La estructura de la población trata de poner en relación número de personas existentes en un determinado ámbito geográfico y la edad de las mismas. Así se habla de forma general de poblaciones más o menos envejecidas, de efectivos existentes en distintos grupos de edad o de distintos índices que relacionan el número de personas pertenecientes a intervalos de edad concretos. La primera aproximación a la estructura de edad se encuentra en la pirámide de población que muestra la distribución por edades de los efectivos existentes de hombres y mujeres. Aparte de las marcas dejadas en las pirámides por las consecuencias de guerras, epidemias y otros acontecimientos puntuales. En España, la comparación de las pirámides de 1991 y 2001 muestra, como hechos sobresalientes, el ensanchamiento de la base de la pirámide de 2001 en las edades más jóvenes marcando una recuperación de la natalidad, la considerable entrada de efectivos en edades de actividad laboral entre los 25 y 58 años así como el importante incremento de personas mayores (65 y más años).

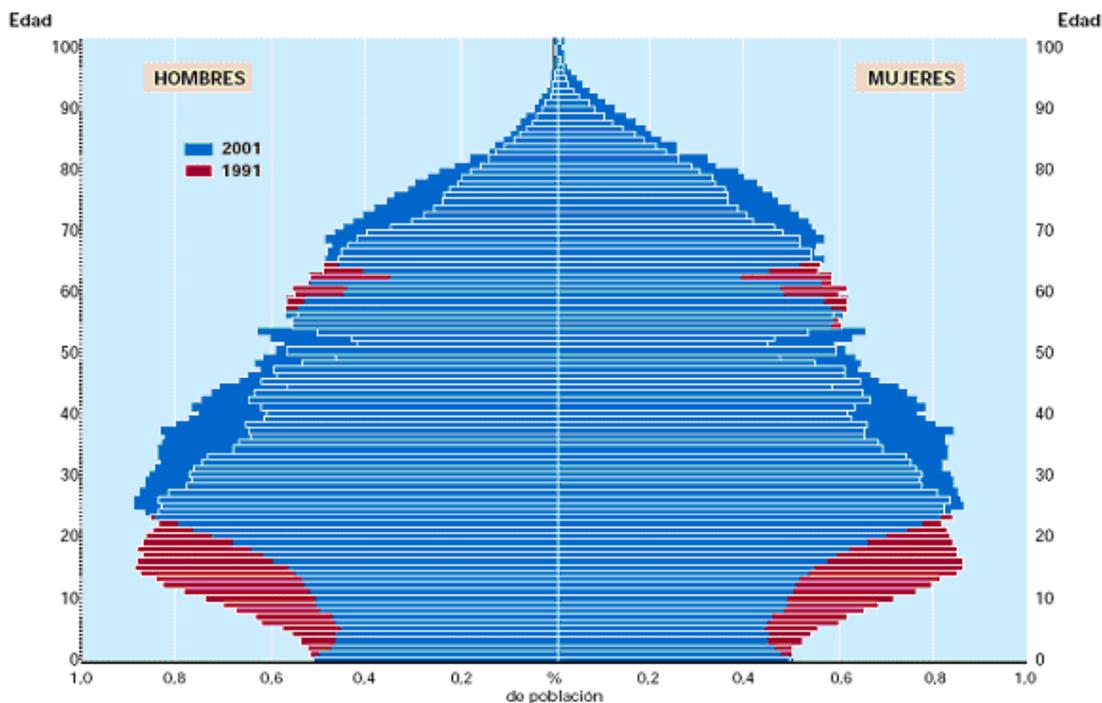


Figura 2. Pirámide población española (1991-2001). Fuente: ARROYO PÉREZ, A.; ZOIDO NARANJO, F. “La población de España” en: Tendencias demográficas durante el siglo XX en España. Instituto Nacional de Estadística (INE) y Universidad de Sevilla, 2003.

La distribución por grandes grupos de edad de la población tanto para el total de España como para cada comunidad autónoma indica que, con los datos del Censo de 2001, España cuenta con el 14,5% (7,5% de hombres y 7% de mujeres) de su población con edad menor de 15 años y un porcentaje superior, 17% (7,2% de hombres y 9,8% de mujeres), de población mayor (con 65 ó más años). Se ha producido el hecho histórico de que el colectivo de mayores posee en la población mayor peso que el de jóvenes. Ello no se ha generalizado en todas las comunidades autónomas y es así que comunidades de estructura de edad más jóvenes como Andalucía, Islas Baleares, Canarias y la Región de Murcia poseen, en la fecha de referencia censal, mayor proporción de jóvenes que de mayores. En el colectivo de personas con 75 y más años se encuentran dos comunidades autónomas (Castilla y León y Aragón) con más de una de cada diez personas en este grupo de edad. En el caso de mujeres son ocho comunidades las que poseen más del diez por ciento de sus mujeres en edad de 75 ó más años (Castilla y León (12,76), Asturias, Aragón, Galicia, La Rioja, Cantabria, Castilla-La Mancha y Navarra). El colectivo de personas de 85 y más años ha ido tomando importancia creciente debido al incremento de la esperanza de vida. En el caso de las mujeres tan sólo cuatro comunidades poseen un porcentaje de ellas inferior al 2% en este grupo de edad, respecto al número total de mujeres. Cinco de ellas poseen porcentajes superiores al 3% y en el caso de Castilla y León se sobrepasa el 3,5%.

	Menos de 15	15-64 años	65 o más años	75 o más años	85 o más años
España	5.932.470	27.950.634	6.964.267	3.026.142	708.248
Andalucía	1.274.080	5.008.488	1.074.990	435.645	91.798
Aragón	151.902	793.660	258.653	120.265	28.665
Asturias (Ppdo. de)	108.659	721.169	233.170	105.116	24.877
Baleares (Illes)	130.714	587.272	123.683	56.034	13.639
Canarias	279.525	1.210.946	204.006	77.515	18.834
Cantabria	65.200	367.485	102.446	46.690	11.603
Castilla y León	293.603	1.606.216	556.655	262.246	67.480
Castilla-La Mancha	280.990	1.130.918	348.608	157.696	36.761
Cataluña	872.924	4.366.073	1.104.113	489.781	115.399
Comunidad Valenciana	611.145	2.868.594	683.037	291.363	62.018
Extremadura	172.875	683.481	202.147	86.233	19.303
Galicia	319.555	1.808.532	567.793	254.731	65.431
Madrid (Com. de)	775.026	3.857.957	790.401	336.841	81.858
Murcia (Región de)	207.778	818.443	171.425	70.797	14.699
Navarra (Com. Foral de)	76.242	378.978	100.609	47.194	11.699
Pais Vasco	246.803	1.462.364	373.420	157.343	37.195
Rioja (La)	35.917	186.517	54.268	24.927	5.843
Ceuta y Melilla	29.532	93.541	14.843	5.725	1.146

Tabla 2. Población por grandes grupos de edad. España y Comunidades Autónomas. Fuente: INE. Censo de población 2001.

8.3 La inversión reciente de las tendencias demográficas: dinámica natural y movimientos migratorios recientes (origen y destino).

8.3.1. Dinámica natural

España ha seguido en su evolución demográfica un comportamiento del crecimiento natural con un modelo semejante a otros países demográficamente más avanzados, pero con dos características fundamentales importantes. Por una parte, el calendario de las transformaciones se produce con un cierto desfase temporal, iniciándose, con respecto a algunos países, varias décadas después, y, por otra, los cambios se realizan a una velocidad superior y por ello en un periodo de tiempo más corto. En el último medio siglo España ha pasado de poseer un crecimiento natural en torno a las 400.000 personas, al comienzo del periodo, a poseerlo, según los últimos datos, en un valor cercano a los 40.000, siendo en el final de este periodo la décima parte del valor de partida y habiendo pasado por valores próximos al crecimiento natural nulo.

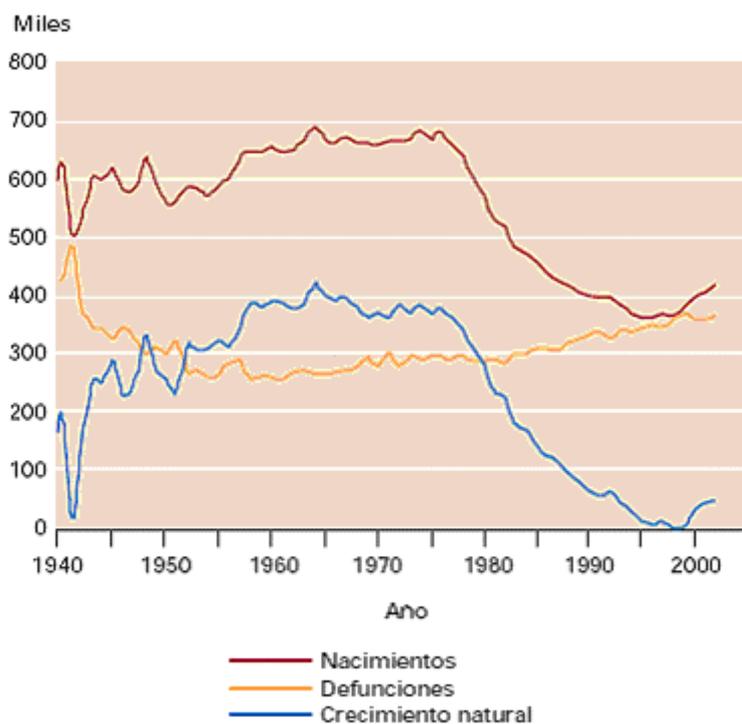


Figura 3. Evolución crecimiento natural en España (1940-2002). Fuente: INE.

A la escala de Comunidades Autónomas, existen notables diferencias respecto del conjunto de España:

- Existe un conjunto de comunidades, con tasas de crecimiento natural por encima del valor medio: en el año 2002 las mayores tasas correspondían a la Región de Murcia (5,20), Comunidad de Madrid (4,48), Canarias (4,13), Illes Balears (3,12) y Andalucía (2,76).
- Por el contrario existe otro conjunto de comunidades, con tasas de crecimiento natural inferiores, en general, a las de España. Así pues, en el año 2002 eran: Asturias (-5,32), Galicia (-3,27), Castilla y León (-3,12), Aragón (-2,12), Cantabria (-1,64), Extremadura (-0,39) y la Rioja (-0,16).
- El resto de las comunidades autónomas poseen crecimientos más próximos al valor medio estatal.

8.3.2. Movimientos migratorios

- **Migraciones interiores**

Las migraciones interiores constituyen el fenómeno demográfico que, en el último siglo, mayor incidencia ha tenido en la distribución espacial de la población en España, repercutiendo a la vez de manera muy notable en el comportamiento y características sociodemográficas de los territorios afectados por ellas. La significación de este fenómeno queda patente en los siguientes datos. Según el último censo realizado, a finales del año 2001 casi la mitad de la población de España (48,8%) residía en un municipio distinto al que nació, y cerca de una cuarta parte (22,4%) en una provincia diferente a la de nacimiento. Por otra parte, los datos sobre movilidad recogidos tanto en censos de población y renovaciones padronales, ponen de relieve que, desde principios de la década de los sesenta hasta la actualidad, se han producido más de veinte millones de cambios de residencia entre municipios españoles. Si a ellos sumamos los diez millones estimados para el período 1900-1960, se puede hablar de una cifra superior a los treinta millones de desplazamientos internos en el último siglo.

Este fenómeno, por otra parte, no ha parado de crecer en las últimas décadas, situándose desde fines de la década de los ochenta en más de quinientos mil anuales y desde 1998 en torno al millón. Y, aunque su peso en relación a las migraciones exteriores ha disminuido en la última década, todavía el número de altas padronales producidas como consecuencia de un cambio de

residencia entre municipios españoles (994.615 en 2001) duplica a las originadas por desplazamientos procedentes del extranjero (414.772 en 2001).

Las principales provincias receptoras (Madrid, Barcelona, Vizcaya y Guipúzcoa) registran a lo largo de toda esta fase saldos muy negativos (Madrid desde 1991), situándose a la cabeza de las áreas emisoras. En los últimos años, no obstante, parece que se está produciendo una relativa estabilización e incluso ligero descenso de estos saldos, aunque manteniendo el signo negativo. Las provincias mediterráneas (con la excepción de Barcelona), insulares (Baleares y Canarias) y del eje del Ebro (Álava, La Rioja, Navarra, etc.) consolidan su papel de áreas receptoras. Durante esta fase estos ejes de desarrollo se amplían incluyendo a provincias como Málaga, Lérida y Huesca, que hasta la segunda mitad de la década de los ochenta habían sido emisoras netas. Baleares, Las Palmas, Gerona, Tarragona y Alicante, con un pujante sector turístico, son las provincias que a lo largo de esta fase presentan saldos positivos mas elevados.

El incremento de la movilidad por razones residenciales queda claramente reflejado en el notable volumen de inmigrantes que reciben provincias como Guadalajara, Toledo y Cantabria, limítrofes y con buena accesibilidad a las aglomeraciones urbanas de Madrid y Bilbao respectivamente.

Tres provincias, tradicionalmente emisoras, se convierten en receptoras desde 1989, presentando desde entonces, especialmente Guadalajara y Toledo, las tasas mas elevadas de migración neta. El efecto mancha de aceite de la aglomeración de Madrid, que extiende sus límites mas allá de las fronteras provinciales, así como el extraordinario incremento del precio del suelo y la vivienda en los municipios de su comunidad autónoma, explican esta drástica inversión de los flujos en Guadalajara y Toledo. Razones similares, así como los procesos de retorno, parecen explicar la inversión de los saldos en Cantabria, cuyo superávit está estrechamente relacionado con las salidas efectuadas desde Vizcaya.

Provincias relativamente pobladas como Sevilla, Zaragoza y La Coruña, con ciudades importantes que gozan de centralidad regional, pasan de registrar saldos positivos, con máximos a principios de la década de los noventa (en el caso de Sevilla por el efecto de la Exposición Universal de 1992), a presentar saldos negativos en la segunda mitad de dicha década (Zaragoza y Sevilla desde 1997), situación que se mantiene hasta la actualidad.

Los efectos de la coyuntura económica sobre la movilidad se ponen de manifiesto claramente en algunas provincias que registran saldos positivos en los momentos de crisis y negativos en los de bonanza. Este es el caso, especialmente de las provincias de Albacete, Badajoz, Cáceres,

Granada y Pontevedra, que sólo presentan saldos positivos durante el primer quinquenio de la década de los noventa merced a la contención de las emigraciones por motivos laborales y el incremento de los retornos.

Por último, destacar una serie de provincias que mantienen, al igual que ya venía sucediendo desde la década de los sesenta, saldos negativos a lo largo de todo este período: Asturias, Ávila, Burgos, Ciudad Real, Teruel y Zamora. En ellas se mantiene de manera más o menos continuada la salida de personas (jóvenes en su mayoría) hacia áreas con más oportunidades, hecho que no llega a ser compensado por los movimientos de retorno, ni siquiera en las coyunturas de crisis económica. Cabe decir, no obstante, que algunas de estas provincias han reducido sus saldos negativos en los últimos años (Burgos, Ávila) e incluso los han invertido puntualmente (Teruel), en razón, no tanto de su capacidad de atracción, sino de la imposibilidad de exportar mas población (envejecimiento demográfico).

- **Migraciones exteriores**

España, debido a su estratégica situación geográfica, ha sido, a lo largo de toda su historia, lugar de partida, paso, encuentro y establecimiento para distintas civilizaciones y grupos humanos. Si nos centramos exclusivamente en las migraciones contemporáneas, es decir, las que han tenido lugar en los dos últimos siglos, se pueden observar numerosos cambios en la dirección e intensidad de los flujos, los cuales están relacionados con las transformaciones operadas en la estructura económica y sociodemográfica de nuestro país y en su propia posición en el contexto internacional.

Haciendo un breve repaso a las migraciones exteriores, podemos destacar varios aspectos. Los efectos de la crisis del petróleo de 1973 en las economías de los países desarrollados de Europa occidental y los cambios sociopolíticos operados en España tras el final de la dictadura franquista provocaron, entre otros factores, una reducción de la emigración española hacia el exterior y un notable incremento del número de retornos. Desde mediados de la década de los setenta el número de entradas en España comienza a superar al de salidas, dando como resultado un saldo neto favorable a la inmigración que se va a mantener a lo largo de todo el último cuarto de siglo hasta la actualidad.

En efecto, desde dicha fecha la emigración española se reduce significativamente, situándose según las estadísticas oficiales del Ministerio de Trabajo por debajo de las veinticinco mil salidas anuales entre 1975 y 1990, y de las diez mil salidas desde 1991 hasta la actualidad.

Paralelamente, el número de inmigrantes, españoles y extranjeros, que llegan a nuestro país experimenta un notable crecimiento. En la segunda mitad de la década de los setenta el proceso más significativo es el retorno de españoles, situándose su número entre las cincuenta y las cien mil entradas anuales hasta 1978, y por encima de veinte mil durante los años 1979 y 1980 (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 2002: 25). Durante la década de los ochenta la corriente de retorno se atenúa un poco situándose entre 1981 y 1986 entre las quince y las diecinueve mil entradas, a la vez que va cobrando progresivamente intensidad el flujo de inmigrantes extranjeros.

Año	Total	Espanoles	Extranjeros
1985	20.103	13.927	6.176
1986	14.088	9.754	4.334
1987	16.683	11.588	5.275
1988	24.380	14.730	9.650
1989	33.910	19.493	14.417
1990	33.966	20.236	13.730
1991	24.320	13.767	10.553
1992	38.882	20.663	18.219
1993	33.026	17.665	15.361
1994	34.123	15.572	18.551
1995	36.092	16.553	19.539
1996	29.895	13.209	16.686
1997	57.877	22.261	35.616
1998	81.227	24.032	57.195
1999	127.365	28.243	99.122
2000	362.468	31.587	330.881
2001	414.772	20.724	394.048

Tabla 3. Inmigración exterior (1985-2001). Fuente: INE

Desde finales de la década de los ochenta hasta la actualidad, el número de personas procedentes del extranjero crece de forma exponencial pasando de algo menos de 25.000 en 1988 a más de 400.000 en el año 2001. La inmigración de españoles se mantiene superando, al menos en las estadísticas, a la de extranjeros hasta el año 1994. La ligera tendencia al alza mostrada por la inmigración de españoles durante los cinco últimos años obedece, en buena parte, no tanto a retornos en sentido estricto como a la llegada de descendientes de emigrantes que han nacido fuera de nuestras fronteras.

Pero, sin duda, el hecho más llamativo es el espectacular crecimiento del flujo de inmigrantes extranjeros, que ha pasado de algo menos de 10.000 en 1988 (40% del total) a ms de 390.000 en el año 2001 (95% del total). Si hasta 1988 fue predominante el flujo de inmigrantes extranjeros

procedentes de otros países de la Unión Europea, desde 1989 es superior el número de ciudadanos extracomunitarios, los cuales representan en el año 2001 el 87,3% de la inmigración extranjera (y el 82,9 de la inmigración total) que llega a España. Los últimos informes del Instituto Nacional de Estadística (INE) apuntan que en el año 2006, España tiene ya casi 44 millones de habitantes, de los cuales 3,5 millones son inmigrantes, lo que supone el 8% de la población.

Pais nacionalidad	Total (1-11-2001)	Porcentaje (1-11-2001)
Marruecos	247.872	15,8
Ecuador	216.465	13,8
Colombia	160.096	10,2
Reino Unido	94.860	6,0
Alemania	78.017	5,0
Rumania	57.533	3,7
Argentina	47.656	3,0
Francia	46.891	3,0
Portugal	40.861	2,6
Perú	38.532	2,5
Italia	36.815	2,3
República Dominicana	31.579	2,0
China	27.593	1,8
Bulgaria	26.391	1,7
Cuba	25.788	1,6
Argelia	22.647	1,4
Ucrania	22.195	1,4
Países Bajos	18.709	1,2
Resto de países	331.517	21,0
Total	1.572.017	100,0

Tabla 4. Nacionalidad de los inmigrantes residentes. Fuente: INE. Censo 2001.

Entre los principales motivos explicativos de la inmigración en España, cabe destacar los siguientes:

- La proximidad al continente africano convierte a España en la principal puerta de entrada en Europa para la inmigración procedente de África en general y el Magreb en particular.
- Los lazos histórico-culturales que unen España con Latinoamérica, convierten a nuestro país en el principal nexo de unión entre los países iberoamericanos y Europa.

- El surgimiento y desarrollo en España de una demanda laboral en sectores muy específicos (temporeros agrícolas, servicios personales, etc.), insatisfactoriamente cubierta por la mano de obra local.

- La bondad climática de buena parte del territorio español, especialmente el mediterráneo y las islas, así como su proximidad a centros emisores de turismo internacional le ha llevado a ser elegida, desde hace ya varias décadas, como residencia temporal o semipermanente por varios miles de personas procedentes de los países más desarrollados del centro y norte de Europa, Asia y Norteamérica.

La población extranjera residente en España presenta un elevado nivel de concentración geográfica. Las grandes aglomeraciones urbanas españolas (Madrid y Barcelona, especialmente), el litoral mediterráneo y los dos archipiélagos (Baleares y Canarias) acogen la mayor parte de los extranjeros que residen en nuestro país, presentando asimismo las más elevadas proporciones de éstos respecto al total de su población. Esta distribución territorial está íntimamente ligada tanto a la propia repartición espacial de la población española, claramente conectada por su parte a los desequilibrios económicos internos, como a las particulares características y preferencias residenciales de los extranjeros que viven en España. En el lado opuesto, las más bajas concentraciones de población extranjera se registran en provincias del interior peninsular, coincidiendo con las áreas menos pobladas y, en general, menos dinámicas de nuestro país. Entre éstas, cabe destacar tres provincias de Castilla y León (Zamora, Palencia y Ávila).

El análisis de la distribución territorial de los extranjeros según nacionalidades y áreas geográficas de procedencia pone en evidencia matices interesantes que revelan patrones de asentamiento y preferencias residenciales diversas. Los extranjeros que proceden de la Europa desarrollada (Unión Europea y Espacio Económico Europeo) manifiestan una mayor preferencia por el litoral mediterráneo y los dos archipiélagos, siendo Málaga la provincia que concentra mayor número de ellos (algo más de 40.000). Su presencia es, en términos absolutos, también relevante en las aglomeraciones urbanas de Madrid y Barcelona; y, en términos relativos, en las provincias fronterizas con Portugal, en virtud de las tradicionales relaciones de vecindad entre comarcas limítrofes de ambos países. Por su parte, los africanos y, sobre todo, los latinoamericanos y asiáticos, se asientan preferentemente en las grandes aglomeraciones urbanas, así como en las áreas con mayor actividad productiva, con más posibilidades de satisfacer las demandas de empleo que constituyen, por lo general, el principal motor de la inmigración de estos colectivos. En cualquier caso, se detectan algunas peculiaridades en cada uno de estos dos grandes colectivos. Este es el caso, por ejemplo, de los latinoamericanos, una

parte de los cuales se asientan en las áreas con mayor tradición migratoria hacia América (Galicia, Asturias, Canarias) en relación probablemente con los procesos de retorno de emigrantes españoles.

8.4 El incremento de la población inmigrante; sus efectos económicos y sociales

La entrada de inmigrantes en España ha sido, sin duda, el fenómeno socioeconómico más importante de los últimos años que ha contribuido a aumentar la población. Este proceso de inmigración exige la necesaria adecuación de servicios públicos como la sanidad, la educación y la vivienda. Pero quizás, el efecto más inmediato recae sobre el mercado de trabajo.

Algunas de las causas que explican la creciente demanda de inmigrantes están relacionadas con los desajustes producidos en el mercado de trabajo como consecuencia del cambio tecnológico, así como con la insuficiente movilidad laboral regional o con factores institucionales y demográficos (como las bajas tasas de participación femeninas o el creciente número de trabajadores retirados). Por otra parte, los cambios demográficos en los países de la OCDE han dado lugar a una fuerza laboral envejecida y a una disminución de la población en edad de trabajar. La posibilidad de que estos cambios originen una escasez de mano de obra y de que alteren las oportunidades económicas para los trabajadores nativos ha hecho surgir un importante debate sobre el impacto económico de la inmigración y sobre el tipo de políticas que los países receptores deberían llevar a cabo.

La mayoría de inmigrantes vienen a España en busca de trabajo. Según la encuesta de población activa, durante el tercer trimestre de 2005, cerca de 2.267.000 extranjeros se hallaban ocupados, mayoritariamente en los servicios (59%) y en la construcción (21%). En la industria y la agricultura, la proporción era mucho menor (12% y 8%, respectivamente). La mayor parte (en torno al 85%) ocupaba un empleo de baja calificación. Como cabía esperar, el aumento de la ocupación extranjera ha repercutido favorablemente en el total de afiliaciones a la Seguridad Social, hasta el punto que cerca de un 45% de las altas registradas en los últimos cuatro años corresponde a trabajadores foráneos. En líneas generales, los datos de la afiliación por sectores coinciden con los resultados de la encuesta de población activa.

La inmigración ha provocado un incremento poblacional que lógicamente ha supuesto un incremento de los costes en términos de financiación de programas sociales (educación, sanidad...). Sin embargo, la llegada de inmigrantes también ha contribuido a financiar el sistema de bienestar social del país. En la medida en que los trabajadores inmigrantes pagan impuestos y cotizaciones en el país de acogida.

8.5 La distribución territorial y sus tendencias. La persistencia de desequilibrios internos

En las dos últimas décadas, periodo transcurrido entre los censos de 1981 y 2001, España incrementa su población en un 8,40%, (3.165.016 personas), resultado de unos incrementos importantes en las Illes Balears, Canarias, Comunidad de Madrid, Andalucía y Comunidad Valenciana y de pérdidas de habitantes en Principado de Asturias, Castilla y León, Extremadura, País Vasco y Galicia. Es de destacar un incremento generalizado de población en las Comunidades insulares. En el periodo 1981-2001 las Illes Balears aumenta su población un 28,32% (fruto de incrementos del 8,12% en 1981-1991 y del 18,69% en 1991-2001). Así, esta comunidad multiplica por más de dos su ritmo de crecimiento en el último periodo intercensal. Canarias posee un crecimiento cercano al 24% en 1981-2001 siendo especialmente intenso durante el último decenio llegando a ser de más del 15% en la provincia de Las Palmas y más del 11% en la de Santa Cruz de Tenerife.

Comunidad Autónoma	Población 2006
1. Andalucía	7.975.672
2. Cataluña	7.134.697
3. Comunidad de Madrid	6.008.183
4. Comunidad Valenciana	4.806.908
5. Galicia	2.767.524
6. Castilla y León	2.523.020
7. País Vasco	2.133.684
8. Canarias	1.995.833
9. Castilla La Mancha	1.932.261
10. Región de Murcia	1.370.306
11. Aragón	1.277.471
12. Extremadura	1.086.373
13. Principado de Asturias	1.076.896
14. Islas Baleares	1.001.062
15. Comunidad Foral de Navarra	601.874
16. Cantabria	568.091
17. La Rioja	306.377
18. Ciudad Autónoma de Ceuta	75.861
19. Ciudad Autónoma de Melilla	66.871
TOTAL	44.708.964

Tabla 5. Distribución de la población por Comunidades Autónomas. España. 2006. Fuente: INE (Padrón de población, 2006).

Un hecho importante a reseñar es la pérdida global, a nivel nacional, de habitantes en los municipios capitales de provincia durante la última década 1991-2001. Estos municipios perdieron 44.230 personas en el periodo indicado, mientras que en la década anterior se contabilizó una ganancia de 134.232. Aunque la pérdida es relativamente pequeña, (-0,32%), tiene su importancia, no solamente por la inversión en el sentido del crecimiento sino, fundamentalmente, por el hecho de que mientras que se producía esta pérdida en los municipios capitales, la población total de España contaba con un crecimiento relativo del +5,08%.

En la década 1981-1991 eran siete las capitales de provincia que registraron pérdidas en su población total. En 1991-2001 son catorce las capitales de provincia que disminuyen en población; de ellas diez poseen pérdidas superiores al 4%: Cádiz (-13,6%), León (-9,1%), Barcelona (-8,5%), Santa Cruz de Tenerife (-5,8%), Granada (-5,7%), Santander (-5,4%), Bilbao (-5,4%), Coruña (A) (-4,3%), Valladolid (-4,3%) y Salamanca (-4,0%). Madrid posee una pérdida de -2,4% y junto a Cádiz, Bilbao y Barcelona constituyen el grupo de municipios capitales de provincia que han registrado pérdidas en las dos décadas comprendidas entre 1981 y 2001.

Provincia	Población 2006
1. Madrid	6.008.183
2. Barcelona	5.309.404
3. Valencia	2.463.592
4. Sevilla	1.835.077
5. Alicante	1.783.555
6. Málaga	1.491.287
7. Murcia	1.370.306
8. Cádiz	1.194.062
9. Vizcaya	1.139.863
10. A Coruña	1.129.141

Tabla 6. Jerarquía de provincias según peso demográfico. Fuente: INE (padrón 2006).

Ciudad	Población 2006
1. Madrid	3.128.600
2. Barcelona	1.605.602
3. Valencia	805.304
4. Sevilla	704.414
5. Zaragoza	649.181
6. Málaga	560.631
7. Murcia	416.996
8. Las Palmas de Gran Canaria	377.056
9. Palma de Mallorca	375.048
10. Bilbao	354.145

Tabla 7. Principales ciudades españolas según peso demográfico. Fuente: INE (padrón 2006).

La comparación de los mapas que representan la distribución de la población española al final del siglo XIX y principio del XXI (figura 1), permite plantear los cambios estructurales o de mayor entidad que se han producido en relación con el poblamiento. La representación gráfica se hace mediante la localización en la cabecera municipal de esferas que guardan proporcionalidad con el tamaño poblacional de todo el municipio. Este tipo de mapas proporciona una buena forma de mostrar la presencia real de la población en el territorio. Cuatro son las tendencias de cambio más significativas apreciables en dichos mapas respecto a la distribución espacial de la población:

- La urbanización; forma netamente dominante de asentamiento de la población española al final de la centuria en la totalidad del territorio.
- La despoblación rural; fenómeno sólo en cierto modo complementario del anterior, menos intenso y con manifestaciones desiguales según el tipo de hábitat y por regiones.
- La densificación litoral; en parte sustentada sobre el primer proceso, aunque también en causas que operan específicamente en el territorio próximo al mar.
- La formación de aglomeraciones metropolitanas y conurbanizaciones o continuos urbanos; hecho más reciente que plantea retos de intensidad hasta ahora desconocida.

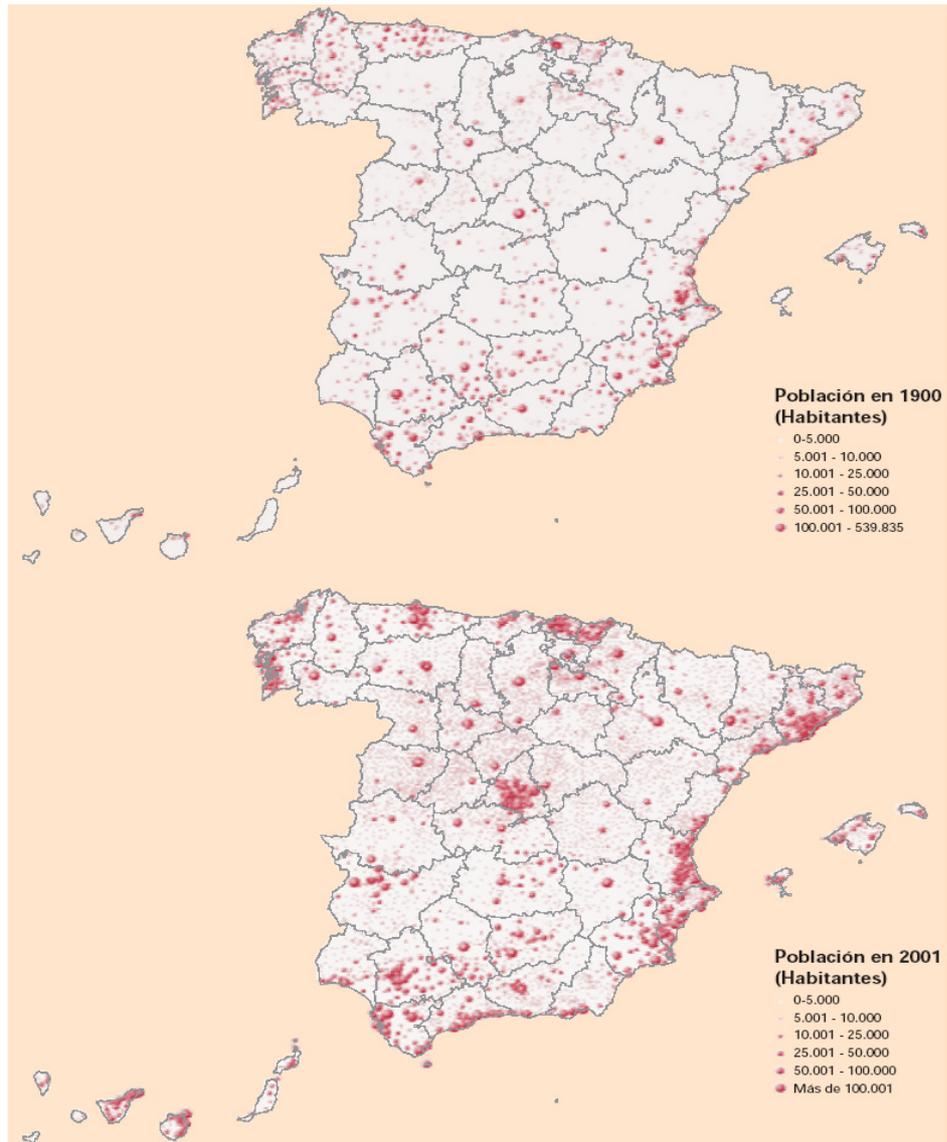


Figura 4. Distribución de la población por municipios. Fuente: ARROYO PÉREZ, A.; ZOIDO NARANJO, F. “La población de España” en *Tendencias demográficas durante el siglo XX en España*. Instituto Nacional de Estadística (INE) y Universidad de Sevilla, 2003.

Bibliografía

[1] ARROYO PÉREZ, A. (coord.). Tendencias demográficas durante el siglo XX en España. Instituto Nacional de Estadística (INE) y Universidad de Sevilla, 2003.

[2] <http://www.rinconcastellano.com/economia/inmigracion/>

Tema 9. El sistema urbano español: estructura y tipología. Los espacios metropolitanos y el fenómeno de ciudad dispersa. El espacio urbano: morfología (los planos de las ciudades) y estructura interna de la ciudad. Distribución de los usos del suelo. Tipologías. El planeamiento urbano. La ordenación del territorio.

9.1 El sistema urbano español

Uno de los rasgos definitorios de la historia española del siglo XX ha sido, sin duda, el proceso de urbanización. A inicios de la centuria, el país contaba con una red urbana débil y escasamente integrada. Así en 1960, cerca de la mitad de la población española residía todavía en municipios menores de 20.000 habitantes, es decir, en localidades que habitualmente no suelen ser consideradas como urbanas. Ahora bien, a partir de esta fecha, las ciudades españolas entraron en el período de crecimiento más rápido de su historia. De tal modo que, en la actualidad, dos de cada tres españoles viven en áreas urbanas.

El declive industrial de la España cantábrica, el fortalecimiento de las grandes áreas metropolitanas, la terciarización de la economía y, especialmente el fuerte impulso del turismo configuraron una nueva estructura del sistema español de ciudades que, a su vez, está asociada a una nueva organización territorial.

9.1.1 El nivel de urbanización

Destaca lo que podemos considerar como la estructura urbana básica, que engloba el triángulo nororiental, con los vértices clásicos del País Vasco, Madrid, Barcelona y Valencia, con un cruce nodal en Zaragoza y el Valle de Ebro. Un segundo aspecto a resaltar es la fuerza que adquirió el proceso de urbanización en las zonas turísticas del litoral mediterráneo. Un tercer aspecto es la aparición de una prolongación de la estructura básica a través de un eje de crecimiento urbano entre Madrid y Sevilla. Otro hecho a resaltar es la existencia de una relación inversa entre el crecimiento de las ciudades y el grado de desarrollo urbano alcanzado. Ahora, paradójicamente, son las ciudades medias y pequeñas de las zonas rurales las que más crecen, mientras que las áreas metropolitanas grandes y medias –a excepción del hecho coyuntural de Sevilla- tienen un crecimiento más lento.

En España se pueden diferenciar los siguientes subsistemas urbanos: los sistemas metropolitanos (Madrid, 6,0 %; levantino, 8,5 %, y Ebro, 7,4 %), los sistemas urbano-industriales (catalán 0,8 % y cantábrico 1,6 %), los más turísticos (Baleares, 6,9 %, y Canarias, 4,5 %) y los subsistemas que componen el modelo rural meridional (Andalucía, 13,18 %; el extremeño, 16,4 %; el castellano-leonés, 10,5 %; y el castellano-manchego, 12,5 %).

9.1.2 El proceso de urbanización

En una primera fase, el crecimiento urbano se concentró en las aglomeraciones urbanas mayores, que son las que acumulan potencial económico (sería la fase industrial). A ésta, sucedió una segunda etapa. En ella, las ciudades medias se incorporan al crecimiento, mientras las pequeñas se estancan o decrecen (la fase de transición); la tercera fase se caracteriza por un estancamiento de las grandes aglomeraciones, probablemente debido a las deseconomías de aglomeración, aceleradas por la desindustrialización del mercado de trabajo. Por el contrario, las aglomeraciones intermedias mantienen – en conjunto- un crecimiento alto, y el proceso de difusión descendente alcanza ya a muchas ciudades pequeñas, que empiezan a tener crecimientos relativos más elevados. Otro hecho a comentar es que las ciudades que más crecen forman parte de sistemas policéntricos que por su misma naturaleza están asociadas a redes urbanas descentralizadas, compuestas por ciudades medias y pequeñas.

Tendencias durante la última década:

- El declive de las ciudades industriales especializadas (Bilbao, San Sebastián, Avilés, Ferrol y Cartagena), de las pequeñas ciudades minero-siderúrgicas asturianas y de otras ciudades de industria especializada (como Alcoy).
- El fuerte crecimiento de las ciudades medias y pequeñas designadas capitales autonómicas: Santiago, Vitoria, Mérida.
- El espectacular ascenso de las aglomeraciones turísticas (Málaga, Marbella, Almería, o Alicante y Benidorm).
- El fuerte crecimiento de las pequeñas ciudades del interior.

Se dibujan claramente, dentro del espacio peninsular, ocho redes urbanas consolidadas:

- a) Las redes monocéntricas de Barcelona y Madrid, esta última en fase avanzada de difusión hacia una red periférica de base.

- b) La red monocéntrica equilibrada del sistema levantino presenta una variedad de situaciones, en relación a la diversificación funcional endógena. El turismo, al formar nuevas aglomeraciones urbanas, acrecentó el policentrismo y la diversidad anterior.
- c) La red de Andalucía Oriental, o de la Costa del Sol, es la que adquirió mayor dinamismo demográfico, y a ella pertenece el conjunto urbano con más fuerte crecimiento que, liderado por la aglomeración central de Málaga, se extiende, sin solución de continuidad, por uno de los litorales turísticos más urbanizados del mundo.
- d) La red de Andalucía Occidental, menos dinámica en su conjunto, mantiene su policentrismo, pero se acusa cada vez más el predominio de Sevilla, en esos años forzada por la función de capital regional y los espectaculares y poco productivos programas de inversión realizados que, a la larga, producirán un aumento de los desajustes, ya que el crecimiento demográfico –en gran parte debido a la inmigración– fue mucho mayor que el crecimiento económico conseguido.
- e) La red urbana de Galicia mantiene su policentrismo histórico, que se acentuó como consecuencia del impulso adquirido por Santiago como capital autonómica.
- f) La crisis industrial de la obsoleta red cantábrica, a la que se sumaron las crisis sociopolíticas en el País Vasco, son causa –una vez más– de un declive generalizado. En contraste, la zona que en el pasado reciente era su periferia hoy se extiende por las ciudades del Valle del Ebro (eje Pamplona-Logroño-Zaragoza) y del eje castellano (Burgos-Palencia-Valladolid) con un vértice común. La formación de este nuevo subsistema tiene interés para la articulación del espacio interior.
- g) El resto de la red urbana, formada por ciudades medias y pequeñas, sigue siendo un espacio desarticulado, pero ahora con un alto crecimiento demográfico, en términos relativos.

9.1.3 La organización espacial del territorio español

Encontramos la existencia de un eje directriz entre Madrid y Barcelona, que en una dirección se prolonga hacia el eje mediterráneo europeo (nordeste), y en otra tiende a continuar hacia Lisboa (Oeste). A ambos lados de ese eje se encuadran dos grandes espacios que, en cierto modo, reproducen en España el esquema territorial europeo. De un lado, al Oeste, el arco atlántico, un espacio con potencialidades ciertas, nuevas o heredadas, pero con problemas evidentes de dinamismo y, sobre todo, de articulación. Del otro, el arco mediterráneo, con mayor dinamismo general, y al que las recientes infraestructuras y los efectos difusores, ligados al turismo principalmente, han dotado de una mejor articulación y una mayor continuidad física.

El que denominamos *nuevo eje estructurante* une los principales centros de actividad del sistema territorial. Sus modos de gravedad son las grandes áreas metropolitanas de Barcelona y Madrid, y el área metropolitana intermedia de Zaragoza. En él, la metrópoli catalana funciona como nodo de convergencia de los ejes urbano-industriales consolidados, y Madrid, como nuevo centro de difusión de la etapa postindustrial. En este eje, los elevados índices de crecimiento económico se suman al alto nivel de urbanización vinculado a la industria en los ejes intermodales y al complejo productivo-terciario en las áreas metropolitanas, donde la tasa de crecimiento de la población urbana tiende a disminuir, salvo en Madrid, que merced a la expansión del terciario avanzado ha logrado altas tasas de crecimiento general.

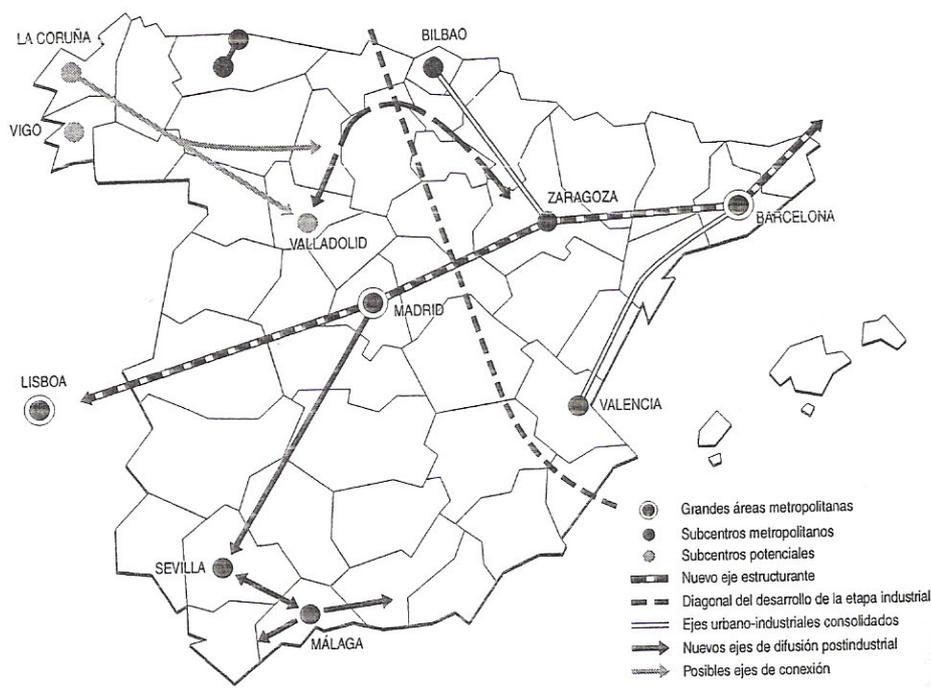


Figura 1. Nuevo modelo espacial. Al igual que ocurre en Europa Occidental, también en España tiende a configurarse un nuevo eje estructurante que diagonalmente atraviesa el territorio.

Fuente: Precado Ledo, A. Ciudad y desarrollo urbano, Editorial Síntesis, 1996, Madrid.

9.2 Los espacios metropolitanos y el fenómeno de ciudad dispersa

El acelerado proceso de urbanización que experimenta el país a partir de la década de los sesenta, ha convertido algunas ciudades en verdaderas metrópolis: enormes áreas urbanas que comprenden, no una, sino diversas localidades, y albergan una parte sustancial de la población y la actividad de sus respectivas regiones.

Las ciudades metropolitanas son, hoy, los motores de la economía española, los polos vertebradores del sistema urbano peninsular, los centros de innovación tecnológica, los principales focos de irradiación cultural y los crisoles de la transformación social. Estas áreas urbanas conocen, en la actualidad, aceleradas transformaciones, tanto en lo que se refiere a su relación con el resto del sistema urbano como en lo que atañe a su estructura interna. Transformaciones de las que se derivan oportunidades y retos que no siempre encuentran adecuada respuesta en la Administración y el planeamiento urbanístico.

En la cabecera del sistema urbano español se encuentran siete grandes áreas urbanas, cada una de las cuales supera, en población, el medio millón de habitantes: Madrid (4,5 millones), Barcelona (4,2), Valencia (1,3), Sevilla (1,1), Bilbao (0,9), Málaga (0,7) y Zaragoza (0,6). Juntas, sobre apenas un 2 % del territorio español, estas áreas urbanas albergan un tercio de la población del país, producen cerca de la mitad del valor añadido bruto nacional y contienen unas dos quintas partes de la fuerza del trabajo industrial.

La consolidación de unos ejes territoriales en los que tiende a concentrarse la población y las actividades es la primera consecuencia espacial del proceso de urbanización de la sociedad española en la segunda mitad del siglo XX. El crecimiento de las áreas metropolitanas ha contribuido poderosamente a la configuración de estos ejes, los cuales surgieron, precisamente, como líneas de contacto entre las principales ciudades. Y es esta contribución lo que explica, en buena parte, la continuidad y la profundización de la tendencia de las actividades y la población a asentarse de manera preferente en la periferia peninsular, con la notabilísima excepción de Madrid.

Los principales ejes de actividad peninsulares son notablemente excéntricos: el Arco Mediterráneo, que se extiende desde Cataluña hasta Murcia, con potenciales prolongaciones hacia Andalucía y el eje de Ebro, desde el País Vasco y Navarra hasta Cataluña, por Aragón. El desarrollo de las áreas metropolitanas –Barcelona, Valencia, Zaragoza, Bilbao y, en menor medida, Málaga y Sevilla- ha sido esencial para la consolidación de estos ejes vertebradores. En cambio, las dificultades de articulación lineal de algunas áreas del territorio español, como el denominado Arco Atlántico, podrían explicarse por la ausencia o el carácter aún incipiente de sus ámbitos metropolitanos.

La preeminencia de las siete mayores áreas metropolitanas como cabecera del sistema urbano español. En los últimos tres lustros, con la integración de España en la Comunidad europea, las grandes ciudades se han consolidado como el engarce privilegiado entre el espacio español y el europeo. Así, su jerarquía respecto a los respectivos ámbitos regionales y al sistema urbano en

su conjunto se ha visto aun reforzada por su papel de bisagra entre los flujos de orden global y las lógicas locales. Al frente de estas áreas destacan Madrid y Barcelona, que son verdaderas metrópolis nacionales, y se mantienen claramente, por jerarquía de funciones y población, como primera y segunda áreas urbanas del país, respectivamente. Les siguen, ya como metrópolis de proyección sobre todo regional, Valencia y Sevilla, la cual ha sustituido a Bilbao como cuarta área metropolitana, y, a continuación figuran Málaga y Zaragoza. A estas realidades metropolitanas, que superan hoy en todos los casos los 600.000 habitantes, podrían sumárseles en un futuro próximo otras áreas.

Los grandes espacios turísticos –en particular, los archipiélagos balear y canario-, los cuales alcanzan, durante diversos meses al año, niveles de actividad y de población parangonables, en buena parte, a los de las principales áreas urbanas. Finalmente, para completar la panorámica relativa a la posición de las grandes ciudades en el sistema urbano español, hay que señalar su carácter bicéfalo. Por tamaño de población, Madrid y Barcelona son, respectivamente, la quinta y la sexta áreas urbanas de Europa y suelen estar consideradas entre las diez áreas más atractivas de Europa en términos económicos (IEMB, 1998; Healey y Beaker, 1998, referidos en la bibliografía citada).

9.2.1 Las dinámicas metropolitanas en las grandes ciudades

La consolidación de las grandes ciudades al frente del sistema urbano español se ha visto acompañada por importantes transformaciones en su estructura interna. En efecto, en todas y cada una de las grandes ciudades españolas se ha producido una profundización de las dinámicas metropolitanas. Estas dinámicas se caracterizan hoy por tres procesos concomitantes: en primer lugar, la expansión de las áreas metropolitanas, que las lleva a integrar espacios siempre más vastos; en segundo lugar, la tendencia de la población y las actividades a dispersarse sobre los respectivos territorios metropolitanos, con la consiguiente disminución de peso relativo de sus municipios centrales, y, finalmente, la progresiva especialización funcional – y en muchos casos también social- de los espacios que integran cada área urbana.

La expansión de las realidades metropolitanas sobre el territorio ha sido bien estudiada, sobre todo a partir del análisis de la movilidad obligada (es decir, los desplazamientos cotidianos por motivos de trabajo y estudio). Estos datos nos permiten ver cómo, en los últimos lustros, las grandes ciudades han superado los límites administrativos de un municipio para integrar ámbitos mucho más extenso. Así, podemos afirmar sin reservas que hoy las áreas metropolitanas españolas tienden a ser realidades supralocales (Nel.lo, 1997). La evolución del poblamiento metropolitano, en el período 1960-1975, se explicaba sobre todo por la existencia

de migraciones interregionales asociadas al mercado de trabajo, hoy se explica, en primer lugar, por la presencia de migraciones intrametropolitanas asociadas al mercado de la vivienda.

La dispersión de la población se ha correspondido, también, con una acusada tendencia a la descentralización y difusión de las actividades y la ocupación en los espacios metropolitanos. Así, la descentralización de la ocupación se ha convertido, junto a la flexibilización de los procesos productivos y la terciarización de la ocupación, en uno de los rasgos principales de la evolución de las economías metropolitanas en los últimos lustros.

La tercera dinámica metropolitana que –con la expansión territorial y la dispersión urbanística– caracteriza hoy la evolución de las grandes ciudades españolas es la especialización funcional – y en algunos casos, social– de las distintas áreas que las integran. La integración metropolitana de las periferias se inició en el período de crecimiento acelerado de los años sesenta y setenta, en un contexto de notoria falta de planeamiento urbanístico y políticas sociales. De tal modo que, a mediados de los años setenta, las periferias metropolitanas, con perfiles sociales notablemente inferiores a los de sus respectivos centros, presentaban graves déficit infraestructurales, de equipamientos, de servicio y de oportunidades (Capel, 1975; Terán, 1982 y 1999; Fernández y Gavira, 1986, citados en la bibliografía de referencia). Pero en los últimos veinte años la actuación de las autoridades locales democráticas, por una parte, y las dinámicas metropolitanas, por otra, se han conjugado para transformar esta situación. Ahora bien, esta igualación relativa no ha implicado, en forma alguna, una homogenización de los territorios metropolitanos. Sino todo lo contrario: se han producido nuevos fenómenos de especialización funcional y social, con la diferencia de que ahora éstos no se expresan tanto por la oposición entre grandes áreas – el centro y las coronas metropolitanas– como entre espacios más circunscritos –municipios o barrios de una misma área metropolitana–.

9.2.2 La problemática de las grandes ciudades: retos.

Estos retos pueden ser agrupados en cuatro grandes ámbitos, referidos respectivamente a la apertura, la funcionalidad, la sostenibilidad y la cohesión social de las grandes ciudades:

- *Apertura*. La internacionalización de las economías de las grandes ciudades supone importantes desafíos en lo referente a las infraestructuras de accesibilidad exterior.
- *Sostenibilidad*. La expansión territorial de las realidades metropolitanas y el consiguiente salto de escala física las hace más integradas y competitivas, pero provoca problemas ambientales de gran entidad. En efecto, al expandirse y dispersarse sobre el territorio, las grandes ciudades tienden a ocupar superficies ingentes de suelo.

- *Funcionalidad.* Otra de las consecuencias de las dinámicas de expansión y dispersión metropolitana es la exacerbación de las necesidades de movilidad de los ciudadanos. En efecto, la dispersión de la urbanización, unida a la creciente especialización interna de los ámbitos metropolitanos, implica que muchos ciudadanos, para resolver necesidades básicas que antes satisfacían en muchos casos en la propia localidad de residencia, se vean ahora obligados a desplazarse siempre más y más lejos.
- *Cohesión.* Los problemas de acceso a la vivienda, unidos al envejecimiento de las áreas centrales y a la precarización del mercado laboral, crean riesgos de fragmentación social y segregación urbana.

9.3 El espacio urbano: morfología (los planos de las ciudades)

La morfología proporciona la imagen visual de la ciudad y desde el punto de vista del significado constituye, según Albert Levy (1965), el “continente” (la sustancia física) frente al “contenido” (la sustancia social); dicho en otros términos, la morfología es “el lenguaje espacial a través del cual se manifiesta el contenido”, ya que refleja estilos de vida, modelos y condiciones de organización socioeconómica que se han sucedido a través del tiempo.

Los primeros componentes de la morfología son el emplazamiento y la situación, que hacen referencia a las condiciones naturales del espacio físico, sobre el que se construye y organiza la ciudad; explican las razones que dieron lugar a la fundación de la ciudad e imponen importantes condicionantes a su desarrollo. El valor del emplazamiento es contingente; tiene sentido en un contexto histórico y varía con el paso del tiempo por los cambios de circunstancias económicas, sociales, políticas y tecnológicas. Con frecuencia ha habido que buscar nuevos asentamientos para los ensanches, produciendo desdoblamientos y ha sido preciso recurrir a las modernas tecnologías para superar los obstáculos que los primitivos emplazamientos proporcionaban a la expansión de la ciudad.

9.3.1 El plano resume la historia de la ciudad

El plano es el resultado de la combinación sobre el espacio, a través del tiempo, de superficies libres (calles, parques y jardines, plazas, lugares de aparcamiento, etc.) y de superficies construidas. Es la expresión de una “geometría constructiva” que tiene por corolarios dos nociones: la de fases sucesivas de realización y la de una organización de formas.

Entramado, tipología de los edificios y volumen, que resulta de la superficie y altura edificada, integran la construcción urbana, como otro de los componentes esenciales del paisaje de la

ciudad. El entramado es la forma en que se ordenan y agrupan los edificios dentro de la ciudad. En el entramado u orden cerrado, los edificios se sitúan unos al lado de otros, de manera continua, dando lugar a su vez a:

- a) Edificación compacta. Corresponde a los recintos de origen medieval. Las casas se agrupaban buscando el máximo aprovechamiento del suelo dentro del espacio delimitado por la muralla.
- b) Edificación en manzanas. Las casas se organizan en torno a un gran patio central. Las manzanas pueden ser cerradas, cuando todos sus frentes están ocupados por edificios, o abiertas, cuando uno de los frentes queda sin construir. Es el tipo de ordenación característico de los ensanches españoles del siglo pasado (Madrid, Barcelona, San Sebastián). En el entramado abierto, los edificios se disponen de manera aislada o adosada, dejando espacios libres entre ellos. A esta ordenación corresponden las áreas del tipo ciudad-jardín y las integradas por bloques o torres de viviendas multifamiliares. Los barrios ciudad jardín están formados por viviendas unifamiliares, rodeadas de pequeño huerto o jardín.

9.3.2 Los usos del suelo también configuran el paisaje urbano

Constituyen el tercer elemento de la morfología, puesto que los usos del suelo expresan las diferentes utilidades de espacio en función de las necesidades y actividades de la población que vive y trabaja en la ciudad.

Los usos del suelo son el elemento más dinámico y cambiante de todos los que integran la morfología, debido a las transformaciones continuas que experimentan las funciones urbanas y a la sustitución de unas por otras. Ello se debe a la existencia de fuerzas centrífugas y centrípetas que se oponen entre sí y actúan constantemente en la construcción de la ciudad. Las fuerzas centrífugas resultan de condiciones de repulsión de los centros urbanos para ciertas funciones y de atracción de las zonas suburbanas para otras. Estas fuerzas han favorecido el desplazamiento de grupos sociales de rentas altas hacia la periferia durante las dos últimas décadas y han impulsado el traslado de instalaciones industriales a nuevas localizaciones periurbanas, a la vez que la actividad comercial adquiría progresivamente mayor importancia en los bordes de la ciudad, como consecuencia de la implantación de grandes superficies comerciales para atender las necesidades de la creciente población suburbana.

Entre las condiciones de repulsión del centro figuran: los altos precios del suelo y de los alquileres, los elevados impuestos, la fuerte congestión del tráfico, los mayores costes de los transportes, la dificultad de obtener espacio para una posible ampliación de la empresa negocio, las quejas de los residentes sobre actividades industriales molestas, la existencia de prohibiciones y trabas legales impuestas por las normas y ordenanzas urbanísticas, y la degradación material, deterioro social y envejecimiento de muchas áreas residenciales del interior. Por el contrario, las periferias ofrecen abundancia de suelo con un precio relativamente barato, ventajas generales de localización y facilidades de accesibilidad, sobre todo para el transporte por carretera. Por su parte, las fuerzas centrípetas atraen el centro a grupo con población de comportamiento “urbanitas” y favorecen las tradicionales localizaciones centrales del comercio de calidad y del terciario de dirección, gestión y finanzas.

La repercusión de los usos del suelo en la morfología y diferenciación interna de la ciudad se efectúan también a través de la densidad de ocupación de cada uno de esos usos, entendiendo por era densidad el número de personas que viven o trabajan por unidad de superficie. El principal factor de cambio de densidad es la mayor o menor disponibilidad de suelo urbano. Otros factores de cambio son las modificaciones en los modos y técnicas de producción, la variación en los estilos de vida de los habitantes de la ciudad y las transformaciones en las preferencias residenciales de los ciudadanos. Así, los usos residenciales e industriales han sido los más afectados a partir de los años cincuenta, con manifestaciones en el descenso de la densidad residencial en las áreas centrales por la preferencia creciente de sus habitantes por los espacios suburbanos, y en el descenso de la densidad de ocupación de los usos industriales, al trasladarse las industrial a la periferia e instalarse en ellas las de nueva creación. En cambio, la densidad comercial ha permanecido estacionada; sólo en algunas ciudades ha habido un ligero descenso de densidad por la creación de grandes superficies comerciales en la zona suburbana.

9.3.3 El plano de la ciudad, en evolución.

La formación de la ciudad es un proceso continuo que se va produciendo con distintos ritmos y velocidades según los momentos históricos, procesos de crecimiento del tejido existente, pero también de modificación, transformación y cambio de éste, por obra de las sucesivas generaciones humanas que han ido habilitando la ciudad. El plano y la morfología de una ciudad en un determinado momento histórico es como una fotografía de este instante y los crecimientos que se van produciendo son piezas, a veces de gran tamaño, que se van adhiriendo al cuerpo urbano. Así, como dice Fernando de Terán la ciudad aparece como un “collage” de elementos adheridos y ensamblados a lo largo del tiempo, adherencia de piezas que se produce con una relativa facilidad porque actúan sobre un terreno rústico generalmente con pocas presencias

urbanas. Pero algunas de las transformaciones o modificaciones necesarias del tejido existente se producen cuando esto sólo es posible con extremada dificultad y lentitud. Ejemplo de esto serían las reordenaciones totales de parte del tejido existente e incluso las meras ampliaciones de vías existentes. Otros cambios por el contrario son más fáciles de llevar a cabo, como por ejemplo la sustitución de la edificación existente en una parcela e incluso en una manzana. Esto permite considerar la ciudad no sólo como un “collage” de piezas añadidas a la trama existente, sino también como un “palimpsesto” es decir como un manuscrito antiguo que conserva restos de una escritura anterior borrada artificialmente, solo que con una particularidad y es la dificultad que existe en la ciudad para borrar la trama existente, lo que se conoce como ley de permanencia del plano, y apuntala la posibilidad de considerar el plano de una ciudad como un totalizador de su historia urbana que casi con toda seguridad sólo será infiel en algunas tipologías edificatorias o en aquellas transformaciones, que no produzcan grandes alteraciones en la trama.

9.4 Estructura interna de la ciudad: distribución de los usos del suelo

La ciudad se configura como un espacio diferenciado en grandes áreas de paisaje y usos del suelo predominantes que forman un verdadero puzzle: el centro, áreas residenciales, áreas industriales, áreas comerciales y franja rurbana o periurbana. No obstante, estos usos del suelo y los consiguientes paisajes a que cada uno de ellos da lugar no se distribuyen de forma completamente zonificada: por una parte, su diferenciación responde al período histórico en que esos espacios se formaron, teniendo en cuenta que en el pasado la segregación de funciones era mucho menor dentro de la ciudad que en la actualidad; por otra, paisajes y usos industriales, comerciales, residenciales se ven interrumpidos por las arterias principales de circulación, y distorsionados por particulares del emplazamiento y de la situación.

Con frecuencia, dentro de áreas bien definidas desde los puntos de vista funcional y morfológico, perviven “enclaves” de paisajes residuales que son una herencia del ayer, y que se resisten a desaparecer bajo la lógica de las fuerzas de mercado por razones variadas; entre ellas, destacan las de protección de paisaje, en el caso de conjuntos histórico-artísticos y de espacios de singular valor simbólico o convivencial para toda la ciudad.

9.4.1 Los centros

Los centros se configuran como espacios polivalentes y complejos. Los centros son espacios de mutación. Durante el último cuarto de siglo, los centros urbanos han cambiado más que en los últimos cien años. Hoy, los centros se especializan en actividades pertenecientes al terciario superior o cuaternario, sobre todo en actividades de dirección y gestión. Mientras el proceso ha provocado el desplazamiento de la mayor parte de las funciones de producción y de almacenamiento a las periferias.

La terciarización de los centros ha sido paralela a su vaciamiento y envejecimiento poblacional. Es la consecuencia de la inadaptación a nuevas condiciones de funcionamiento económico, con el deterioro del patrimonio edificado, pérdida de parte del aparato de producción por las innovaciones tecnológicas, reestructuración financiera, extensión de formas nuevas de consumo y huida residencial a la periferia. Todo ello se manifiesta, entre otras cosas, en la degradación social de ciertos sectores que se convierten en tugurios. Sin embargo en la actualidad se están llevando a cabo numerosas rehabilitaciones de los centros históricos de ciudades españolas.

Dentro del centro de las ciudades, se pueden diferenciar:

- Espacios integrados. Son el centro del centro, la parte más dinámica, animada y frecuentada: con una proliferación de actividades de dirección y gestión, y abundancia de funciones de consumo. Constituyen lo que los anglosajones denominan CBD.
- Espacios en vías de integración. Son lugares que han perdido las actividades centrales que tuvieron en el pasado, pero conservan valores de uso locales que mantienen una vida social activa. Hoy, las iniciativas privada y pública intentan su recuperación a partir de las ventajas que ofrecen su posición estratégica. La existencia de un marco arquitectónico atractivo.
- Espacios en espera. Son residuos de una organización espacial correspondiente a antiguos modos de producción con abundancia de inmuebles abandonados y un apartado económico reducido a la supervivencia de algunos talleres, tiendas de barrio y almacenes desmantelados.
- Espacios vigilados. Son barrios totalmente degradados y marginales dentro del centro, a menudo verdaderos guetos.

9.4.2 La zona de transición o pericentro

Entre el centro y las áreas residenciales se extiende una zona intermedia a la que los geógrafos anglosajones denominan zona de transición, y otros, pericentro. Este espacio participa de la animación y de la vida económica del centro pero sin confundirse con él, ni tampoco con los barrios exteriores de predominio residencial que le rodean. Su originalidad dentro de la ciudad deriva de la gran diversidad de los usos del suelo que hay en él y de la importancia que aquí adquieren los fenómenos de invasión-sucesión funcional y social que provocan, respectivamente, continuos cambios en las actividades y composición de la población. Todo ello es resultado de las ventajas de proximidad al centro sin algunos de los inconvenientes de aquel. La zona de transición se beneficia de la expansión de las actividades terciarias del centro y sus condiciones de estacionamiento y de circulación son mejores al estar atravesada por las vías que convergen en él.

9.4.3 Las áreas residenciales

La función residencial es la más característica de la ciudad y el espacio dedicado a este uso es el que ocupa la mayor superficie. Diferentes tipos de ocupación, en función del desarrollo en vertical o en horizontal de las residencias, urbanización dispersa o concentrada....

9.4.4 Las áreas industriales

Las industrias se distribuyen en la ciudad conforme los modelos polinucleares. Los establecimientos se asientan en zonas o áreas a lo largo de los ejes de comunicación y en anillos concéntricos en torno al CBD, en función de la incidencia de los costes de transporte, precios del suelo, mayor o menor necesidad de terrenos, e iniciativas públicas y privadas para la creación de parques industriales, entre otros.

La industria ha tenido a situarse siempre en la ciudad o en sus proximidades, debido a la existencia en ella de ventajas que favorecen su desarrollo. Entre esas ventajas figuran:

- Importancia el mercado urbano. Las ciudades constituyen el principal estímulo para la fabricación de bienes de consumo al concentrar grandes masas de población.
- Convergencia de sistemas de transporte. La centralidad de las ciudades respecto a las redes de transporte facilita el acceso al consumo de las personas pertenecientes a su área de influencia, la recepción de materias primas y la salida de productos fabricados.

- Abundancia de mano de obra. La ciudad proporcionan mano de obra especializada y no cualificada gracias a su fuerte concentración de población.
- Peso de las economías de aglomeración.
- Importancia de las innovaciones tecnológicas. Las ciudades atraen a la industria en general y a los sectores más modernos e innovadores en particular porque constituyen focos de investigación y desarrollo tecnológico.

9.4.5 Las áreas comerciales y de servicios

La ciudad aparece caracterizada desde sus orígenes por el desarrollo de actividades de intercambio que facilitan bienes y servicios a la población de la misma aglomeración y a la de su área de influencia. Dentro de estas actividades, figuran: comercios con transformación, formados por empresas que compran productos y los venden sin someterlos a ninguna manipulación; comercios con transformación, formados por empresas que añaden al proceso de compra-venta otro de producción (pastelería, panadería); servicios, con actividades muy variadas, como hoteles, cafés, restaurantes, agencias inmobiliarias, servicios profesionales, financieros, de seguros, de gestión y dirección, etc.

Estas actividades son las que proporcionan empleo a mayor número de personas. Hasta los años cuarenta, la actividad comercial se localizaba preferentemente en las áreas interiores de todas las ciudades: CBD, calles principales por donde discurrían las líneas de los transportes públicos, cruces de las calles más importantes y “tiendas de esquina”. Sin embargo, a partir de entonces las localizaciones periféricas han alcanzado un considerable desarrollo por la expansión de las áreas residenciales suburbanas, la generalización del uso del automóvil y la creación de grandes empresas de servicios, a menudo de capital multinacional.

9.4.6 Otros servicios urbanos

El crecimiento de las aglomeraciones ha obligado a incrementar los servicios y equipamientos necesarios para el funcionamiento de la ciudad y la atención de sus habitantes. Dentro de ellos, sobresalen los de tipo educativo, cultural, recreativo, deportivo, de seguridad, de gobierno, de asistencia social, de sanidad.

9.5. El Planeamiento urbano y la ordenación del territorio

La ordenación del territorio ha tenido su eclosión en los años noventa en España. Su configuración actual es el resultado de un proceso de experiencias procedentes del campo del Urbanismo, de la política de desarrollo regional, y de la influencia que han ejercido los procesos de planificación llevados a cabo en otros países de nuestro entorno próximo. El desarrollo de la Ordenación del Territorio en nuestro país ha experimentado un giro esencial a partir de la promulgación de la Constitución de 1978, y podemos decir que ha existido un antes y un después en su práctica político-administrativa, eso es, en su concepto, normas e instrumentos.

El cuarto de siglo transcurrido desde la constitución, en que se institucionaliza la Ordenación del Territorio como materia separada y distinta del Urbanismo, hasta su regulación por la Comunidad Autónoma de Extremadura en 2001, última comunidad que quedaba por legislar, ha sido el período de tiempo que se ha requerido para construir el edificio jurídico-administrativo de la Ordenación del Territorio en España.

La Carta Europea de Ordenación del Territorio aprobada por la CEMAT¹ determina que la Ordenación del Territorio es la expresión espacial de la política económica, social, cultural y ecológica de toda sociedad y, que es, a la vez "...una disciplina científica, una técnica administrativa y una política pública concebida como un enfoque interdisciplinario y global cuyo objetivo es un desarrollo equilibrado de las regiones y la organización física del espacio según un concepto rector.

En España la adopción del término Ordenación del Territorio se había efectuado con anterioridad a la Constitución en el momento en que se lleva a cabo la política de Polos de Desarrollo y se considera el término adecuado para definir el ejercicio de una función pública que trata de reequilibrar el desarrollo económico de las regiones. EN efecto el término Ordenación del Territorio será tomado de la experiencia francesa, e implica tanto la planificación física como la planificación económica regional y la acción territorial.

Desde el año 1983 hasta la actualidad, todas las CC.AA. se han dotado de normativa en esta materia. Éstas no contienen apenas determinaciones sustantivas sino procedimentales, con remisiones a instrumentos de carácter integral o sectorial que concretan o desarrollan el

¹ Conferencia Europea de Ministros responsables de la Ordenación del Territorio. Acrónimo de su denominación en francés.

contenido propio de la Ordenación del Territorio. Los objetivos funcionales que las distintas normativas establecen para la Ordenación del territorio son los siguientes:

- Propiciar un desarrollo equilibrado.
- Mejorar la calidad de vida. El objetivo de mejora de calidad de vida se hace posible si se aúna desarrollo económico y medio ambiente.
- Preservar el medio ambiente y los valores y recursos territoriales.

En cuanto a estos objetivos instrumentales se hace patente la necesidad de la planificación como condición necesaria para el desarrollo de la Ordenación del Territorio, lo que significa contar con instrumentos propios que definan esta política, la cual para que sea realmente integrada precisa, además, de mecanismos necesarios para la coordinación y la resolución de conflictos interadministrativos con el objeto de evitar decisiones de intervención contradictorias o no articuladas de las distintas administraciones sobre un mismo territorio.

Por último, la intervención ciudadana viene a expresar la raíz de la Ordenación del Territorio, deudora del Urbanismo, y la relevancia que debe darse en todo proceso de planificación a la información y participación públicas como parte integrante de la propia elaboración del Plan.

Las leyes de Ordenación del Territorio definen esencialmente los instrumentos en que se materializa esta función pública. Estos instrumentos son los planes territoriales, pero junto a ellos se configuran otras figuras de variado alcance y contenido que vienen a completar el marco de acción de la ordenación del Territorio. Éstas son los planes sectoriales, los planes de ordenación de espacios rurales y del medio natural, los programas de actuación, los proyectos de ejecución, las evaluaciones de impacto y los sistemas de información.

9.5.1. El planeamiento urbano

Al convertirse el espacio urbano en soporte de actividades y adquirir fuertes ritmos de crecimiento, la conflictividad en torno a los usos y los aprovechamientos del suelo se acrecienta progresivamente, dando lugar a situaciones de grave deterioro social y de escasa funcionalidad. Las inaceptables condiciones urbanísticas y de habitabilidad a que se ven relegadas las capas sociales con menor poder económico y la proliferación de situaciones en las que el crecimiento incontrolado conduce a una progresiva pérdida de las ventajas económicas de localización para las empresas, mueve a reflexionar sobre la necesidad de ordenar el desarrollo urbano y, de forma muy concreta, su crecimiento espacial.

El planeamiento parte de la voluntad política de controlar el crecimiento urbano, ordenando y regulando los usos y el aprovechamiento del suelo con una serie de disposiciones que limitan los derechos de los propietarios y que dan cauce a las actualizaciones públicas y privadas en materia de creación de infraestructuras, equipamientos, viviendas, etc. Para ello los poderes públicos suelen contar con un respaldo legal que crea el marco jurídico adecuado para la regulación de los derechos de los propietarios de suelo, para la gestión de lo programado, y para la vigilancia de su cumplimiento.

El plan urbanístico es un documento y una estrategia de actuación impregnada de contenidos políticos, no en balde trata de intervenir sobre el conflicto de intereses sociales que se refleja en el espacio urbano.

La planificación urbana en España alcanzará su madurez con la Ley sobre Régimen del Suelo y Ordenación Urbana de 1956. Tras el establecimiento de ese marco legal, los Planes Generales de Ordenación Urbana tratan de dirigir el crecimiento espacial de las ciudades básicamente a través de la clasificación de suelo y de las actuaciones previstas y programadas en ellos. A partir de distintos instrumentos y presupuestos metodológicos un plan debe delimitar la cantidad de suelo preciso para dar respuesta a las necesidades de crecimiento de la ciudad. Ese suelo será clasificado como urbanizable y junto con el suelo urbano (ya urbanizado) vacante constituirán todo el espacio potencialmente utilizable en la expansión de la ciudad. Las determinaciones del plan a este respecto suponen no sólo cuánto a suelo se puede transformar sino, sobre todo, que suelo. Ello implica un determinado modelo espacial de crecimiento que, en la lógica concordancia con la trama urbana preexistente y las características del medio natural, establecerá las líneas de crecimiento. Así mismo fijará los usos y las restantes determinaciones urbanísticas en cuanto a las densidades, las tipologías de edificación, etc.

En 2007 ha entrado en vigor la nueva Ley del Suelo.

Bibliografía

- [1] Benabent Fernández de Córdoba, M., La ordenación del territorio en España. Evolución del concepto y de su práctica en el siglo XX. Colección Kora nº 16. Universidad de Sevilla, 2006.
- [2] Gil Olcina, A.; Gómez Mendoza, J, Geografía de España. Editorial. Ariel, 2001, Barcelona.
- [3] Nel·lo, O. Las grandes ciudades españolas: dinámicas urbanas e incidencia de las políticas estatales: informe elaborado por encargo del European Institute for Comparative Urban Research (EURICUR). Institut d'Estudis Metroplitans de Barcelona, 1997, Barcelona.
- [4] Precedo Ledo, A, Ciudad y desarrollo urbano, Editorial Síntesis, 1996, Madrid.
- [5] Santamera, J.A, Introducción al planeamiento urbano. Universidad Politécnica de Madrid, 1996.
- [6] Vinuesa Angulo, J; Vidal Domínguez, MJ, Los procesos de urbanización, Editorial Síntesis, 1991, Madrid.
- [7] Zárate Martín, A, El espacio interior de la ciudad. Editorial Síntesis, 1991, Madrid.

Tema 10. La globalización económica y sus efectos. Las actividades económicas y su territorialización. El desarrollo endógeno. La terciarización de la economía española. Indicadores territoriales y sectoriales de PIB, las desigualdades.

10.1 La globalización económica y sus efectos

Un nuevo paradigma recorre el mundo: la globalización de la economía y la sociedad. Los sistemas productivos y los mercados adquieren, paulatinamente, dimensión global, el Estado cede protagonismo y liderazgo a las empresas innovadoras y las nuevas tecnologías de la información, los transportes y las comunicaciones permiten el funcionamiento y la interacción de las organizaciones. Las diferentes formas de regionalización y de integración de las economías nacionales (como la Unión Europea, el Acuerdo de Libre Comercio entre México, Estados Unidos y Canadá o el Mercado Común del Cono Sur) se han convertido en los mecanismos a través de los que se institucionaliza el proceso de globalización de la economía.

Existe una fuerte controversia sobre el significado de la globalización, su importancia, dinámica y consecuencias, que frecuentemente lleva a un cierto escepticismo sobre sus implicaciones. En todo caso, se puede aceptar que en la actualidad se asiste a un reforzamiento de las relaciones económicas, políticas e institucionales entre los países que puede conducir a la formación de un sistema global, pero todo indica que es y será geográficamente diversificado.

El proceso de globalización significa, sin duda, un aumento de la competencia en los mercados, lo que implica la continuación de los procesos de reestructuración productiva de los países, las regiones y las ciudades. Dado que las empresas no compiten aisladamente sino que lo hacen juntamente con el entorno productivo e institucional del que forman parte, el proceso de globalización conduce a la formación de una nueva organización del sistema de ciudades y regiones, de acuerdo con la nueva división internacional del trabajo. La globalización económica ha traído consigo diversos efectos como el aumento del desempleo, cierre, creación y desarrollo de empresas, externalización de la producción y aumento de los servicios, mayor difusión de las innovaciones, etc.

Está muy generalizada la opinión de que la globalización es un proceso liderado por aquellas ciudades y regiones urbanas, bien equipadas, en las que se concentran el conocimiento, la organización y la capacidad de producción, lo que permite a las empresas utilizar recursos de calidad y obtener economías de aglomeración. El hecho diferencial sería que los nuevos

espacios de producción e innovación forman parte de múltiples redes estratégicas sobre las que se sustenta el funcionamiento de la economía global.

La globalización y el aumento de la competencia han impulsado a las empresas más innovadoras a competir en mercados globales y a gestionar globalmente sus activos en territorios diversos. Pero la lógica de la globalización ha hecho, además, que las ciudades y regiones compitan entre ellas a escala internacional. El aumento de la competencia entre las empresas y entre los territorios ha llevado a las ciudades y a las regiones urbanas a fortalecer sus ventajas competitivas mediante la mejora de los recursos locales, la diferenciación de sus sistemas productivos y la especialización con respecto a las demás ciudades y regiones del sistema global.

Pero la economía global es asimétrica. A diferencia de lo que propugna el viejo paradigma Centro-Periferia, es policéntrica, y además las categorías Norte y Sur han perdido parte de su capacidad analítica, ya que los centros y las periferias en el nuevo orden económico internacional no se sitúan simétricamente a ambos lados de la hipotética línea divisoria entre el “Norte” y el “Sur”. Existen ciudades y regiones en el Sur articuladas a la economía global y existen ciudades y regiones del Norte que no lo están. Es más, la pobreza es una cuestión que no sólo afecta al SUR sino que los bajos niveles de renta, la insuficiente capacidad tecnológica y la injusta distribución de la renta caracterizan, también, a las ciudades y regiones del Norte, aunque, los niveles de pobreza en el Norte y en el Sur no son siempre comparables.

En definitiva, la globalización y la reestructuración productiva afectan a los sistemas productivos de las regiones desarrolladas y las regiones retrasadas, las ciudades grandes y las ciudades medianas y pequeñas. En un mundo cada vez más globalizado, hay ciudades y regiones que ganan y otras que pierden, en función de su dotación de recursos humanos, recursos naturales y su incardinación a la economía global y no por su pertenencia a un Norte o a un Sur predefinidos, si bien esta pertenencia todavía condiciona la capacidad y la potencia de la respuesta local a los retos de la globalización.

España ha entrado de lleno en el mercado global, tanto por la deslocalización de multitud de empresas de bajo valor añadido, como las textiles, o las automovilísticas, como por los flujos de capitales y de mano de obra procedente del extranjero.

10.2 Las actividades económicas y su territorialización

Las actividades de servicios son un sector económico dotado de una gran ubicuidad, pero sobre el que también inciden muchos y diferentes factores de localización (volumen de población y grado de urbanización del área, accesibilidad, niveles de desarrollo y renta, especialización funcional, rango y tamaño de los núcleos de población, etc.); de tales contingencias depende no sólo la cuantía, sino también el tipo de servicios instalados en cada espacio concreto. Por otro lado, la presencia de las propias actividades de servicios es un elemento esencial en la articulación del territorio, lo que otorga al sector un papel trascendental en la organización espacial; todo lo cual justifica la exigencia de contemplar la distribución geográfica del comercio y los servicios. Un reparto que, en el caso español, refleja grandes desigualdades y desequilibrios regionales, habida cuenta de la tendencia de estas actividades a concentrarse en los ámbitos que poseen ya mayores niveles de renta.

Atendiendo al peso de las empresas de servicios, en el interior de cada Comunidad Autónoma, sobresalen las cifras de Galicia, Canarias, Asturias, Baleares y Cantabria, en las que el número de empresas de servicios es siempre más de la mitad del número total de empresas y supera también el porcentaje medio español, un 48,6 % en 1999. Por el contrario, los porcentajes más bajos, correspondientes a Castilla y León, la Rioja, el País Vasco, la Comunidad Valenciana, Madrid y Murcia, manifiestan un mayor grado de diversificación de la economía regional. Al ordenar las regiones de acuerdo con el peso de sus empresas de servicios en el conjunto nacional, la jerarquía de la clasificación se modifica: a la cabeza se encuentra Cataluña, donde se ubica el 19,2 % de las empresas, seguida de Madrid con el 16,8 %, Andalucía, el 14,2 % y la Comunidad Valenciana, el 10 %; las demás regiones se sitúan en un segundo escalón con valores que apenas rebasan la mitad del último citado. Con ello se hace patente que la distribución territorial de las empresas de servicios está absolutamente sesgada por los condicionamientos que introducen, de manera sustancial entre otras variables, el grado de desarrollo económico y el tamaño demográfico.

En cuanto a la población ocupada en el sector, y de acuerdo con los factores de localización mencionados, las Comunidades Autónomas españolas en que los servicios tienen un peso relativo mayor son las que poseen un gran volumen de actividades turísticas (Baleares, Canarias, Andalucía) o concentran servicios públicos de rango estatal y funcionan como centros de mercado a escala nacional (Madrid). Todas ellas tienen un porcentaje de ocupación en el terciario, superior a la media nacional, si bien el valor más alto corresponde a las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla, por razones particulares, entre las que cabe destacar la práctica ausencia de otros tipos de actividades productivas y su situación geográfica. Las demás

Comunidades se encuentran por debajo del valor medio pero muy cerca de él, salvo Cantabria, Castilla-La Mancha, Navarra, Galicia y La Rioja, que tienen valores sensiblemente inferiores, ya que son las regiones en las que, en términos generales, las actividades agrarias y agroindustriales alcanzan mayor peso relativo.

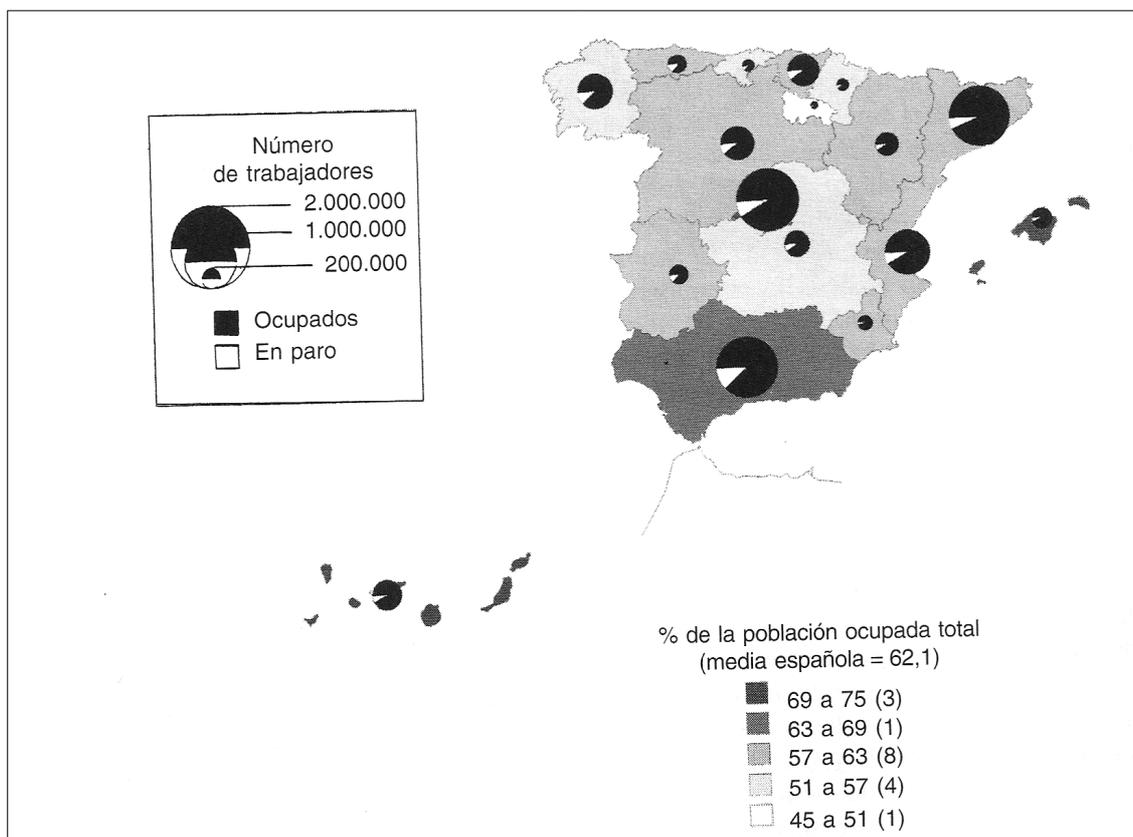


Figura 1. Población ocupada en actividades terciarias (1999). Fuente: Gil Olcina, A.; Gómez Mendoza, J, Geografía de España, Editorial Ariel, 2001, Barcelona.

Los subsectores con mayor peso laboral y productivo son los que se encuentran mejor repartidos en el territorio; tal es el caso de los servicios administrativos y de los sanitarios y educativos. Aún así, tomando como referencia la distribución territorial de estos dos servicios sociales colectivos, se observa que las diferencias entre Comunidades Autónomas son bastante acusadas.

El subsector de las comunicaciones tiene también una distribución muy desigual. En este caso, los indicadores muestran una relación directamente proporcional entre los niveles de renta y el acceso a los medios de comunicación. Resulta que entre las Comunidades que superan la media española se encuentran las que tienen mayor nivel económico (Baleares, Cataluña, Madrid, Aragón, La Rioja, Comunidad Valenciana, Navarra y País Vasco), mientras que se sitúan en la

cola Canarias, Castilla-La Mancha, Galicia, Murcia, Andalucía, Extremadura, Ceuta y Melilla, las que tienen un PIB per cápita más pequeño.

El subsector financiero tiene una distribución absolutamente condicionada por el reparto de la población y, sobre todo, por el de la renta. Los demás subsectores de los servicios tienen una distribución territorial todavía más irregular. El subsector de hostelería y restauración sigue manteniendo bastante dependencia del turismo, de ahí su mayor concentración en las regiones turísticas más consolidadas, Islas Baleares, Canarias y Andalucía, seguidas de Cataluña y la Comunidad Valenciana. Bien es verdad que la evolución reciente está conduciendo a un importante avance del subsector en los núcleos urbanos en proporción a su rango y tamaño, pero también en relación con el ejercicio de funciones culturales, turísticas o no, de algunos más pequeños. Algo similar está ocurriendo en muchos espacios rurales a partir del desarrollo de actividades de ocio, tanto turístico como de esparcimiento de fines de semana y días festivos.

España tiene un modelo de distribución de los servicios cada vez más inducido por el reparto desequilibrado de las actividades productivas y de la renta. El riesgo, en este caso, consiste en que la distribución en el territorio de los servicios no sea sólo un indicador de los desequilibrios existentes, sino que los acentúe a través de su papel de agente de la organización espacial. El futuro depende de que el sector servicios funcione como promotor de una reordenación territorial a la búsqueda de nuevos equilibrios o, lo que parece más probable, como inductor de nuevos y más acusados desequilibrios territoriales.

10.3. El desarrollo endógeno

A principios de los años ochenta se produce la confluencia de dos líneas de investigación, que van a dar lugar a la formación del paradigma que se conoce como desarrollo endógeno: una de carácter teórico, que nace como consecuencia del intento de encontrar una noción de desarrollo que permitiera la acción pública para el desarrollo de localidades y regiones retrasadas; otra, de carácter empírico, que surge como consecuencia de la interpretación de los procesos de desarrollo industrial en localidades y regiones del sur de Europa.

El desarrollo endógeno persigue satisfacer las necesidades y demandas de una población local a través de la participación activa de la comunidad local en los procesos de desarrollo. No se trata tanto de mejorar la posición del sistema productivo local en la división internacional o nacional del trabajo como de lograr el bienestar económico, social y cultural de la comunidad local en su conjunto. La estrategia de desarrollo se propone, por tanto, además de desarrollar los aspectos productivos (agrarios, industriales, de servicios), potenciar también las dimensiones sociales y

culturales que afectan al bienestar de la sociedad. Ello conduce a diferentes senderos de desarrollo, según sean las características y capacidades de cada economía y sociedad local.

Consiste en una aproximación territorial al desarrollo y al funcionamiento del sistema productivo. El territorio es un agente de transformación y no un mero soporte de los recursos y de las actividades económicas, ya que las empresas y los demás actores del territorio interactúan entre sí organizándose para desarrollar la economía y la sociedad. El punto de partida del desarrollo de una comunidad territorial es el conjunto de recursos (económicos, humanos, institucionales y culturales) que constituyen su potencial de desarrollo. Son precisamente las pequeñas y medianas empresas las que, con su flexibilidad y su capacidad empresarial y organizativa, están llamadas a tener un papel protagonista en los procesos de desarrollo endógeno.

Por último, el desarrollo endógeno es, ante todo, una estrategia para la acción. Las comunidades locales tienen una identidad propia que les impulsa a lanzar iniciativas para el desarrollo de la propia comunidad local. Cuando han desarrollado sus capacidades organizativas pueden evitar que las empresas y organizaciones externas limiten sus potencialidades de desarrollo y entorpezcan el proceso de desarrollo propio. La capacidad de liderar el propio proceso de desarrollo, unido a la movilización de su potencial de desarrollo, es lo que permite dar a esta forma de desarrollo el calificativo de desarrollo endógeno.

En un mundo globalizado, la especificidad de lo local, como recurso económico encuentra su significación en la mayor parte de Comunidades Autónomas del estado español. La valorización de las singularidades y su venta en un mercado, potencialmente mundial y abierto, a través de Internet permite el desarrollo económico y social de muchas localidades, de otro modo, desconocidas. Los productos artesanales, las denominaciones de origen, el valor de lo propio y su consideración a escala global cuentan con multitud de ejemplos. El desarrollo endógeno puede ser el desenclave del desarrollo económico regional.

10.4. La terciarización de la economía española

Uno de los hechos económicos más importantes acaecidos en las últimas décadas ha sido el crecimiento de la producción y el empleo del sector terciario en las principales economías desarrolladas, que ha logrado superar claramente el 60 % del PIB y del empleo total. El proceso de desarrollo de la economía española ha venido caracterizado por una rápida transformación en la estructura sectorial del PIB. Desde inicios de los sesenta, el sector industrial fue elevando su peso dentro del valor añadido total gracias a las reformas aplicadas en el sector agrario, que permitieron liberar mano de obra y capital para su empleo en el sector secundario. Sin embargo,

las crisis de los setenta y la mayor incorporación de tecnologías en el proceso productivo fueron concediendo mayor importancia al sector terciario. De esta forma, la mutación de la estructura productiva española del último tercio de siglo XX vino caracterizada por un proceso de desagrarización, industrialización, desindustrialización-terciarización.

El proceso de terciarización de una economía no sólo viene definido por el mayor peso del sector en el valor añadido bruto, sino que también se observa la evolución del empleo generado por el sector respecto a la población activa del país. En este sentido, la tasa de ocupación en los servicios han pasado de representar el 45,7 % de la población activa en 1980 a un 61,7 % en el año 2000, al tiempo que la tasa de ocupación industrial pasaba del 26,2 % al 20,3 % en el mismo periodo de tiempo. En el caso de la economía española, hasta mediados de la década de los noventa el aumento del empleo en los servicios se ha debido principalmente a la reestructuración sectorial que al liberar mano de obra de las actividades agrarias e industriales fue absorbida por los servicios. Sin embargo, a partir de 1994, el aumento del empleo en los servicios se ha debido más a un cambio interno en las ocupaciones del propio sector que en la resignación de mano de obra por ramas de actividad.

Uno de los rasgos característicos en la evolución del empleo terciario, tanto en España, como en el resto de los países de la OCDE, ha sido el aumento del peso de la contratación a tiempo parcial y empleo temporal desde principios de los noventa.

Por otra parte, las características del empleo terciario en España, por género y edad, muestran una clara segmentación femenina de la mano de obra ocupada en el sector, suponiendo algo más del 80 % del total del empleo terciario. Por edades, España se sitúa en niveles similares a la media de los países comunitarios y de la OCDE con más del 77 % del empleo concentrado en las edades comprendidas entre 25 y 55 años. A su vez, el empleo en el sector terciario está cada vez mejor cualificado.

10.5 Indicadores territoriales y sectoriales de PIB, las desigualdades

La agricultura sigue el comportamiento tradicional en las últimas décadas y continúa perdiendo pero en la aportación al producto. Los servicios que han aumentado mucho su peso, tienen, sin embargo, todavía menor presencia en España que en los países más avanzados. En cuanto a la industria y la construcción, también han alcanzado una presencia que parece la razonable en una economía desarrollada, aunque ambos sectores se verán influidos por los efectos que provocan en ellos los ciclos económicos, de forma más llamativa.

Es una realidad bien conocida que la renta de un país no se distribuye de forma homogénea en el territorio. Y eso sucede en la economía española, donde las diferencias de renta son coherentes con la existencia de una sociedad plural y no reflejan en modo alguno un comportamiento peculiar. Alcaide (1988, citado en bibliografía de referencia) distingue, para los años que van desde la mitad del siglo XX hasta la última década de ese mismo siglo, dos grandes períodos en la distribución espacial de la renta española. El primero abarca los años del crecimiento económico de los sesenta, 1960/1975, y el segundo, desde el primer impacto de la crisis energética hasta 1990.

Si comparamos las rentas por habitante, a lo largo de esos años se produce un acercamiento de las rentas regionales, que viene provocado por los movimientos migratorios: la población abandona las zonas de rentas más bajas, que son aquellas donde el sector agrario tiene mayor peso, y se dirige a las ciudades industriales, donde la renta y el producto están registrando tasas de crecimiento más elevadas. Se produce así una mayor concentración demográfica en las regiones más prósperas y el despoblamiento de las áreas más pobres. Se trata de un proceso que generará dos tipos de problemas: la aglomeración y la escasez de ciertas prestaciones sociales, en las zonas de acogida y el empobrecimiento, en las de procedencia.

En el segundo período continúa dicha tendencia, aunque algo más suavizada. En contra de lo que cabría esperar, tras la llegada de la crisis energética y la aparición del paro no se produjo el retorno de los emigrantes a sus lugares de origen; y en esas áreas, tuvo lugar un lógico proceso de envejecimiento de la población, registrándose en los últimos años un crecimiento vegetativo nulo o incluso negativo.

A partir del ingreso de España en la Unión Europea, se diseñan dos áreas de expansión, una formada por el valle del Ebro, que incluye las comunidades autónomas de Navarra, La Rioja, Aragón y las provincias de Álava y Tarragona; y otra formada por el arco del Mediterráneo que comprende Cataluña, la Comunidad Valenciana, Murcia y algunas provincias andaluzas. Sin embargo, en la primera mitad de los noventa, hay una ruptura de tal comportamiento y las cuatro comunidades autónomas, desde Cataluña hasta Andalucía registraron un crecimiento inferior a la media nacional, mientras que otras regiones donde el sector agrario tiene todavía un fuerte peso, como son La Rioja y Castilla León, crecieron por encima de la media gracias a la llegada de fondos procedentes de la aplicación de la política agrícola común.

Durante la última década, ha habido reducción de las disparidades entre los extremos. Dicho eso, hay que añadir que las regiones se situaban en los últimos lugares al inicio del período

continúan ocupando esos mismo lugares en la actualidad. Y, en términos generales, no se ha modificado de forma importante la ordenación regional. Hay, sin embargo, algunas excepciones, especialmente las que se refieren a la Cornisa Cantábrica. El País Vasco ha tenido un comportamiento muy negativo por debajo de la media española, también registraron una evolución negativa, aunque en este casos menos llamativa, Asturias y Cantabria. También Madrid y Cataluña han perdido posiciones, pero eso se debe más a los reajustes productivos realizados en esas economías y a la mejora que han registrado las rentas más bajas, que a una situación de empobrecimiento relativo, que no se ha dado aquí en contraposición con lo sucedido en las comunidades de la cornisa cantábrica.

Por otra parte, es relativamente positiva la trayectoria que han seguido las regiones que partían de rentas más bajas; todas ellas han registrado tasas de crecimiento superiores a la media española, destacando el comportamiento de Castilla La Mancha y Extremadura y, en menor medida, Castilla y León, Canarias, Murcia y la Comunidad Aragonesa. Por último, tres regiones españolas que partían de valores de producto por habitantes superiores a la media, Baleares, Navarra y La Rioja, han crecido con mayor rapidez que la media y mejoran su posición en el ranking de las regiones.

Un estudio de la Fundación BBVA elaborado por investigadores adscritos al Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas y referido al periodo 1955/1998 expresa de otra forma los cambios producidos en la distribución territorial de la renta en el ámbito provincial. Señala que, mientras al comienzo del periodo las provincias con mayor renta por habitante se situaban en la Cornisa Cantábrica, además de Madrid y Barcelona, al final de los noventa disponían de las rentas más altas las provincias de Barcelona, Gerona, Álava y La Rioja, Madrid y Baleares. Queda claro que existe una brecha entre el noreste y el suroeste que sólo se irá cubriendo en la medida en que en las áreas más pobres aumente la población activa y se reduzca el paro.

El Sector Público, a través de su función redistributiva, ha permitido reducir las distancias entre ambos bloques, de tal modo que las diferencias de renta neta disponibles son menores que las que existen en el valor añadido bruto. Según el estudio que realizó el profesor Julio Alcaide (2000) podemos agrupar las regiones españolas en cinco grandes apartados, de acuerdo con su Producto Interior Bruto por habitante, expresado en términos de poder de compra.

- Un primer grupo de cuatro comunidades autónomas que superaban en ese momento la media de la Unión Europea son: Madrid, Baleares, Navarra y Cataluña.

- Un segundo grupo de otras cuatro más que superan el valor medio de España: Aragón, La Rioja, País Vasco y Comunidad Valenciana.
- Por encima del 75 % de la Unión Europea están Castilla y León, Canarias, Cantabria y Castilla-La Mancha.

Bibliografía

- [1] Gil Olcina, A.; Gómez Mendoza, J, Geografía de España, Editorial Ariel, 2001, Barcelona.
- [2] Martínez Chacón, E (Dir); García Alonso, J.M (coord..). Economía Española. Editorial Ariel, 2002, Barcelona.
- [3] Vázquez Barquero, A, Desarrollo, redes e innovación. Lecciones sobre desarrollo endógeno, Colección economía y empresa. Ediciones Pirámide, 1999, Madrid.
- [4] Romero, J (coord). Geografía Humana. Procesos, riesgos e incertidumbres en un mundo globalizado. Ariel, 2007, Barcelona. (1ª edic. 2004)

Tema 11. Infraestructuras y sistemas de transporte y comunicaciones. Las redes viarias y ferroviarias de alta capacidad. La red de aeropuertos. Los puertos y su especialización. Intermodalidad y TIC. Transporte urbano y metropolitano. Transportes, sostenibilidad y modelo territorial. El Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte (PEIT). La sociedad de la información. Indicadores. Internet. Desequilibrios territoriales.

11.1 Infraestructuras y sistemas de transporte y comunicaciones

El sistema de transportes es un elemento fundamental de la organización espacial y socioeconómica. La dotación de infraestructuras está en estrecha relación con el nivel de desarrollo económico y es resultado de un proceso de acumulación histórica de capital físico que, en diferentes etapas, ha ido primando a unos territorios y modos de transporte frente a otros.

La modernización de todos los modos de transporte acusa un fuerte impulso a partir de la entrada de nuestro país en la UE, a mediados de los ochenta. España empieza a beneficiarse de fondos europeos para paliar el retraso social y económico en muchos sectores de la actividad productiva. Las infraestructuras de transporte debían de permitir la permeabilización del territorio para la difusión de las innovaciones. Se afrontan los cambios a desarrollar en las infraestructuras –que reciben igualmente inyecciones considerables de fondos europeos- y, puesto que estas inversiones, en nuestro país, se obtienen en competencia con el resto de sectores económicos, y en un contexto de déficit público importante, se suscita el interés de la participación de capitales privados en el desarrollo de los grandes proyectos.

El Libro Blanco sobre el Transporte Europeo (2001) recoge los nuevos objetivos pergeñados ya en el Tratado de Maastrich (1992) para la política de transportes: las redes transeuropeas en los sectores de infraestructuras de transporte, de telecomunicaciones y de energía; la seguridad y la protección del entorno (reducción del ruido y de la contaminación y promoción del medio ambiente).

Entre los proyectos prioritarios de redes transeuropeas, se observan cuatro cuyo desarrollo implica directamente a España:

- El eje ferroviario de alta velocidad del suroeste de Europa por el que España quedará conectada a la red europea ferroviaria, a través de la línea francesa. Madrid-Barcelona (2005); Barcelona-Figueres-Perpiñán (2008); Madrid-Vitoria-Irún/Hendaya (2010); Irún/Hendaya-Dax (tramo transfronterizo, 2010); Lisboa-Oporto-Madrid (2011).
- El eje multimodal Portugal/España con el resto de Europa por el que se refuerzan tres importantes corredores entre España y Portugal, además de conectarlos con Europa, y se mejoran las rutas entre las frontera- hispano-portuguesa. Línea ferroviaria Coruña-Lisboa-Sines (2010); Línea ferroviaria Lisboa-Valladolid (2010); Autopista Lisboa-Valladolid (2010); Autopista Coruña- Lisboa (2003); Autopista Sevilla-Lisboa (finalizada 2001).
- El eje ferroviario de mercancías Sines-Madrid-Paris, como nueva línea transpirenaica de gran capacidad.
- Interoperabilidad de la red de alta velocidad de la península ibérica: Madrid-Andalucía (2010); Nordeste (2010); Madrid-Levante-Mediterráneo (2010); corredor Norte-Noroeste, incluido Vigo-Oporto (2010); Extremadura (2010).

11.1.1. Características de los sistemas de transporte en España

Las redes de transporte en España participan de las características generales de la organización de los sistemas de transportes de la UE y de los países occidentales desarrollados. Éstas pueden concretarse, *grosso modo*, en tres.

El fuerte incremento de la demanda en transporte aéreo y por carretera, dado el aumento de la constante necesidad de desplazamiento que las nuevas formas de organización económica y social han propiciado. La motivación turística ha sido una de las que más se ha desarrollado, aumentando las distancias entre orígenes y destinos. En segundo lugar, la progresiva reducción de los costes, más visibles en las largas distancias, en los modos marítimo y aéreo. Y, finalmente, la conjunción de las dos anteriores ha provocado la expansión en general de las infraestructuras que constituyen uno de los mayores componentes de los usos del suelo en los países desarrollados.

Al profundizar en el desarrollo de las tres características anteriormente mencionadas, se derivan otras tantas, de entre ellas, la más destacable, es el enorme incremento de la demanda de vehículos, para el transporte de personas y mercancías. Ello es debido a la progresiva flexibilización de las redes, al desarrollo notable del transporte urbano y al paso de una economía de almacenaje a una economía de producción ajustada o de flujos. El parque de vehículos de la UE se ha triplicado en los últimos treinta años. La media en España en el 2003 se cifraba en 589 vehículos/1000 habitantes. La red de carreteras en Europa ha crecido más del

50% en el mismo periodo y se hacen patentes los fenómenos de congestión sobre regiones y ejes concretos en la UE y, sobre todo, en las áreas urbanas. Cabe añadir que, a instancia de los propios estados miembros, las principales inversiones han favorecido el transporte por carretera en lugar del ferroviario o el de otros modos. Y tanto es así, que aquella canaliza el 90% del total de la demanda de pasajeros en España y casi el 80% de las mercancías. Balanza que se equilibra al tratar de los desplazamientos exteriores donde transporte por carretera y aéreo concentran, cada uno de ellos, el 48% de los flujos.

Otra característica de los transportes actuales estriba en el mantenimiento y aún incremento de la posición del transporte marítimo en el dominio del comercio internacional. Todo ello paralelo al aumento del número de buques fletados, al incremento de la contenedorización y a la emergencia de una nueva jerarquía portuaria basada en los nuevos flujos de aporte/dispersión. Por los puertos españoles se gestiona el 52% del comercio con la UE y el 96% del comercio con terceros, el 78% de las importaciones y el 51% de las exportaciones. Las mercancías representan el 70% del total de los movimientos. Entre los puertos que más se han desarrollado, en los últimos diez años, se encuentra el de Barcelona que afronta su cuarta gran ampliación que multiplicará por dos su superficie actual. El tráfico de contenedores creció en este periodo más del 150% y el resto de magnitudes, entre ellas el tráfico de cruceros, que le sitúan en el primer puerto de Europa en esta modalidad, no se quedan rezagadas. Además de la ampliación del puerto comercial, se incrementará la Zona de Actividades Logísticas del puerto (ZAL). Su objetivo, consolidarse como núcleo de la principal plataforma logística mediterránea y uno de los centros neurálgicos de la red de comunicaciones europea.

La instauración y extensión de las redes de alta velocidad en transporte ferroviario, entre las grandes regiones metropolitanas, es otra de las características a destacar.

El crecimiento del transporte aéreo, como consecuencia de varios procesos que seguidamente se detallan, destaca en el panorama actual de los transportes. La democratización de los movimientos, la desregulación y liberalización y, consecuentemente, la aparición de la jerarquía portuaria a través de los flujos de aporte y dispersión, con la consecuente disminución de costes, son algunas de sus características más reseñables. Así como el establecimiento de alianzas entre compañías aéreas o la aparición de compañías de bajo coste y, con ello, la potenciación reciente de aeropuertos de segundo y tercer nivel (Girona), hasta ahora considerados poco relevantes en los flujos de transporte. Destaca la ampliación del Gran Barajas, en Madrid, que va a convertirse en el aeropuerto europeo con la mayor capacidad de aterrizajes y despegues, a través de sus cuatro pistas. Una vez concluido en su totalidad duplicará su capacidad actual y permitirá superar los 70 millones de pasajeros/año.

El desarrollo de la intermodalidad o transporte combinado que permite la transferencia de flujos entre los diferentes modos, se erige igualmente como elemento caracterizador del segundo milenio, favorecido por el desarrollo de las redes de telecomunicaciones. Con ello se establecen los corredores intermodales y se optimizan las relaciones entre las terminales de origen y destino. España participa igualmente de la red transeuropea de transporte combinado.

Finalmente, y gracias al avance de las tecnologías de la información, electrónica y de comunicaciones, ha de reseñarse la introducción reciente de los Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT), con el objeto de ayudar a solventar los problemas derivados del aumento de la movilidad. Los SIT comprenden un amplio elenco de herramientas para la gestión de las redes de transporte y para la disponibilidad de servicios a los usuarios. Concepto nuevo que abarca tanto a los vehículos como a las infraestructuras y se aplica a todos los modos. Las carreteras inteligentes, el telepeaje interoperable, los sistemas de ayuda al transporte o los dispositivos a bordo que guían al conductor y que evitan accidentes, son algunos ejemplos de sus múltiples aplicaciones. Tal vez las carreteras inteligentes sean una de las aplicaciones más conocidas. Se dispone en nuestro país de unos 7000 kms. de carretera cableados con fibra óptica (2003) que, a través de un conjunto de dispositivos, ofrecen información crucial para la seguridad, al poner en marcha mecanismos de aviso a los conductores (sobre todo a través de paneles de mensaje variable). Los SIT permiten reducir la accidentalidad viaria, reducen los tiempos de viaje y los retrasos en transporte público, abaratan el transporte de mercancías, generan una mejor información y reducen los índices de contaminación, entre otros beneficios.

11.2 .Las redes viarias y ferroviarias de alta capacidad

11.2.1. La dotación territorial de infraestructuras viarias: las redes viarias de alta capacidad

La oferta de carreteras en España es resultado de la yuxtaposición de un conjunto de redes con funciones y características diferentes, dependientes de diversas administraciones. La *red estatal* comprende los llamados itinerarios de interés general, que canalizan los flujos principales, asegurando los enlaces interregionales e internacionales, así como los accesos a las fronteras, puertos y aeropuertos de interés general. Por ella circula más de la mitad del tráfico, porque enlaza las principales ciudades y centros de actividad, y reúne más del 75 % de las *vías de alta capacidad* (autopistas de peaje, autovías, y otras de doble calzada). No existe en el País Vasco y en Navarra –salvo las autopistas concesionarias del estado- ni en Baleares y Canarias.

Las *redes autonómicas* están formadas por las carreteras que facilitan el enlace entre los distintos espacios intraregionales y de éstos con la red estatal. Desde las transferencias de competencias en los años ochenta, todas las Comunidades Autónomas han ido desarrollando planes directores de carreteras, con importantes efectos territoriales. Las redes competencia de las Diputaciones y las redes insulares aseguran las relaciones intracomarcales y garantizan el acceso a todos los núcleos de población. El viario municipal apenas soporta el 4 % del tráfico interurbano; sin embargo, puede estar muy cargado en las áreas más urbanizadas, y su utilización es creciente en el espacio rural a causa del proceso de dispersión de actividades y residencias.

La red de alta capacidad presenta en el año 2000 una estructura básicamente radial. Sólo si se incluyen las autopistas de peaje cubre también el litoral mediterráneo, el valle del Ebro, el País Vasco y el eje costero gallego. Pero en estos itinerarios el coste del peaje conduce a una mala asignación de tráfico entre la autopista, claramente infrautilizada, y la carretera libre; ésta aparece muy congestionada, sobre todo por el alto porcentaje de vehículos pesados que no usan la autopista.

Si se consideran los indicadores de demanda potencial (habitantes, PIB, y sobre todo el parque de vehículos, por km de red) resulta una muy inferior dotación de carreteras de *alta capacidad* en Madrid, Cataluña, Baleares, Canarias, Asturias –y en menor grado en Valencia y País Vasco–, respecto a la dotación existente en Castilla-La Mancha, Castilla y León, Murcia, Aragón, La Rioja o Navarra. La situación de estas regiones, como paso obligado entre las zonas más dinámicas, les ha beneficiado con unos buenos ejes de carreteras.

11.2.2. Los principales corredores de tráfico. La complementariedad de las redes ferroviarias

En contraste con el predominio de la estructura radial en las carreteras de alta capacidad, el análisis de la intensidad del tráfico muestra la importancia de los corredores transversales, como reflejo de la distribución espacial de la actividad económica y de la población, muy concentrada en la periferia (litoral mediterráneo y atlántico), en el área metropolitana de Madrid, y en Baleares y Canarias.

La red ferroviaria: La red ferroviaria española está gestionada en su casi totalidad por la empresa estatal RENFE (Red Nacional de Ferrocarriles Españoles); por sus 12.303 km (el 86 % del total) circula el 94 % de las mercancías. La escasa densidad de nuestra red urbana, salvo en áreas reducidas de la periferia, la existencia de grandes vacíos poblacionales y la obsolescencia

de más de la mitad de las líneas ferroviarias hacen muy difícil el mantenimiento completo de una red de ferrocarril heredada en buena parte de las condiciones de doblamiento y economía del siglo XIX. El *ferrocarril* no puede volver a ser en España, como algunos plantean, el modo básico de transporte, presente en todo el territorio. El ferrocarril del futuro sólo parece posible, como en casi todo el mundo, en los segmentos en que puede competir con éxito con la carretera y el avión: en el entorno de las grandes áreas urbanas y en la relación rápida entre núcleos urbanos poblados y dinámicos a distancias medias (200-600 km). Además, en estos trayectos los problemas ambientales a la carretera y la aviación, y su perspectiva de creciente congestión, juegan a favor del ferrocarril. En las grandes áreas urbanas, la agudización de la congestión del viario y la presencia de una demanda masiva y concentrada son los factores que explican la importancia creciente del transporte ferroviario.

11.2.3. El tren de Alta Velocidad

La instauración y extensión de las redes de alta velocidad en transporte ferroviario, entre las grandes regiones metropolitanas, cuyo crecimiento en Europa en los últimos veinte años ha sido espectacular, con más de 6000 kms, es otra de las características a remarcar. Francia es el país de la UE con una red más extensa que casi triplica la española, seguido de España, con poco más de 1000 kms construidos en los corredores Sur y Norte con las líneas Madrid-Sevilla y Madrid-Lleida, hasta Barcelona (de finalización inminente, 2007). Otros corredores completaran la red: N-NO, hasta Galicia; prolongación del N-NE hasta la frontera francesa; el corredor de Levante, el corredor andaluz ya la extensión hacia Extremadura.

11.3. La red de aeropuertos

El rápido desarrollo del transporte aéreo, es uno de los elementos más característicos de la evolución reciente del sistema español de transporte. El crecimiento en los niveles de renta, unido a cambios en la organización espacial de las actividades económicas han contribuido a incrementar la demanda de transporte aéreo tanto de personas (demanda turística, profesional, de negocio) como de mercancías (bienes merecedores o valiosos). Este incremento del tráfico se produce en el contexto de la desregulación y liberación llevada a cabo por la Unión Europea entre 1988 y 1997, que ha dado libertad a las compañías aéreas comunitarias para explotar cualquier ruta, incluidas las interiores de un país de la Unión.

El sistema aeroportuario español viene gestionado por 40 aeropuertos organizados jerárquicamente en tres subredes, atendiendo a sus volúmenes de tráfico:

1. *La red troncal* se compone de los seis primeros aeropuertos del sistema, Madrid-Barajas, Barcelona –los dos, grandes nodos polifuncionales-, y Palma de Mallorca, Las Palmas de Gran Canaria, Tenerife y Málaga, los mayores nodos españoles para el tráfico turístico. Estos aeropuertos aglutinan el 73 % de todo el tráfico registrado en el sistema (regular, chárter, doméstico e internacional).

2. *La red regional* se conforma de los aeropuertos de Alicante, Bilbao, Fuerteventura, Eivissa, Lanzarote, Menoría, Santiago de Compostela, Sevilla y Valencia, que acaparan el 19 % de todos los movimientos considerando los cuatro segmentos de tráfico.

3. *La red local* viene configurada por el resto de aeropuertos nacionales. Éstos gestionan solamente el 8 % de los flujos del sistema. La estructura radial del sistema español explica que sus principales rutas estén relacionadas con el nodo central, Madrid, o el subcentro, Barcelona. La de mayor demanda es precisamente la que relaciona estos dos nodos aeroportuarios, el puente aéreo Madrid-Barcelona, que acumula más del 7 % de todo el tráfico doméstico. Son importantes, también, las rutas Madrid-Palma de Mallorca o Madrid-Málaga. Algunas conexiones de Barcelona tienen cierta importancia. Así sucede con la ruta Barcelona-Palma y Barcelona-Málaga o Barcelona-Sevilla.

En cuanto a las rutas internacionales, hay que señalar que vienen fuertemente marcadas por los flujos turísticos, ya que los mayores flujos internacionales del sistema son los emitidos desde los aeropuertos británicos y alemanes, entre otros, hacia destinos como Palma de Mallorca, Málaga, Tenerife, Las Palmas o Alicante, de claro carácter turístico.

El rápido incremento del tráfico está presionado por las infraestructuras aeroportuarias que llegan a saturarse ante determinados picos de demanda, especialmente en los aeropuertos que actúan como *hubs* o que presentan mayor intensidad de tráfico.

Aeropuertos	Total
MADRID-BARAJAS	45.530.010
BARCELONA	30.008.152
PALMA DE MALLORCA	22.408.302
MALAGA	13.076.252
GRAN CANARIA	10.286.635
ALICANTE	8.893.749
TENERIFE SUR	8.845.668
LANZAROTE	5.626.337
VALENCIA	4.969.113
IBIZA	4.460.141
FUERTEVENTURA	4.424.880
TENERIFE NORTE	4.025.601
BILBAO	3.876.062
SEVILLA	3.870.600
GIRONA	3.614.223
MENORCA	2.690.992
SANTIAGO	1.994.519
MURCIA-SAN JAVIER	1.645.886
REUS	1.385.157
JEREZ DE LA FRONTERA	1.381.560
ASTURIAS	1.353.030
VIGO	1.187.730
LA PALMA	1.175.328
FGL GRANADA-JAEN	1.086.221
ALMERIA	1.055.545
A CORUÑA	1.014.780
SANTANDER	649.447
VALLADOLID	457.618
ZARAGOZA	435.887
PAMPLONA	375.309
SAN SEBASTIAN	368.009
MELILLA	308.313
VITORIA	173.607
EL HIERRO	171.444
LEON	126.648
BADAJOS	80.464
LOGROÑO	55.427
LA GOMERA	38.846
SALAMANCA	29.308
MADRID-TORREJON	25.956
CEUTA /HELIPUERTO	22.127
CORDOBA	19.568
ALBACETE	17.520
MADRID-CUATRO VIENTOS	179
SABADELL	0
SON BONET	0
TOTAL	193.242.150

Tabla 1. Pasajeros aeropuertos españoles (2006). Fuente: AENA.

11.4. Los puertos y su especialización

La principal función actual de los puertos españoles es la de canalizar el movimiento de mercancías, constituyendo el modo hegemónico para los flujos de exportación e importación. No obstante, la creciente competencia del transporte por carretera, así como el desarrollo de la logística y del propio transporte marítimo están induciendo importantes transformaciones en la funcionalidad y en el papel de los diferentes puertos. Mientras el tráfico de cabotaje permanece estancado, el tráfico exterior crece de forma muy clara, de modo que el transporte marítimo está cada vez más centrado en las relaciones a larga distancia, en las que resulta especialmente competitivo. Además, el incesante aumento del tamaño de los buques permite rebajar los costes de transporte, pero exige reducir lo máximo posible el tiempo de inmovilización en puerto; por ello, los grandes buques sólo atracan en unos pocos puntos de su ruta. Todos estos cambios afectan al ámbito de influencia de cada puerto, así como al tipo de mercancías transportadas o a las pautas de concentración territorial de los tráficos.

En la actualidad, la red nacional de puertos del Estado está configurada por 47 puertos. Son puertos de titularidad estatal, considerados de interés general para el Estado ya que constituyen elementos decisivos para el comercio exterior y, en consecuencia, para la competitividad de la economía española, en el marco de la globalización de los intercambios comerciales. Sin embargo, sólo es de propiedad pública la infraestructura portuaria mientras que las superestructuras (remolcadores, almacenes, grúas y otros equipamientos de gestión del tráfico) son de propiedad privada, en tanto que su actividad se halla regulada por la Ley de Puertos de 1992. Esta forma de organización, combinada entre la titularidad pública y la privada, se acerca al modelo *landlord*, el más común a escala mundial. En España adquiere la figura de las Autoridades Portuarias

Existen, además, otro conjunto de puertos de menor tamaño y rango (pesqueros, puertos deportivos, etc) que no se incluyen en el sistema nacional y que se encuentran transferidos a las Comunidades Autónomas.

Los puertos españoles gestionaron, en el año 1999, el 52% del comercio con la Unión Europea y el 96% de todo el comercio con terceros países. Todo ello supuso el 78% del total de las importaciones del Estado y el 51% de las exportaciones.

Como sucede a escala europea y mundial, en el sistema portuario Español predominan claramente los movimientos de mercancía ya que gestionan el 70% de todas las entradas o salidas del Estado, por encima de los de pasajeros, que suponen sólo el 24 % de todos los que han entrado

o salido del país. En cifras absolutas hay que destacar que el crecimiento de los tráficos, tanto de mercancías como de pasajeros, se ha mantenido en un alza constante, alcanzando en 1999, 32 millones de toneladas y 17 millones de pasajeros.

Por lo que se refiere a las mercancías, el transporte de graneles líquidos, (petróleo, productos químicos, etc.) se sitúa en primer lugar, en un porcentaje próximo al 39% del volumen de mercancías global gestionado. El mayor peso en este grupo lo ostenta el petróleo, gestionado de forma muy selectiva, ya que sólo 8 de los 47 puertos de la red mantienen algún tipo de tráfico de este producto (Tarragona, Algeciras, Bilbao, Santa Cruz de Tenerife, La Coruña, Cartagena, Huelva y Castellón).

En segundo lugar, por su volumen, se sitúan los graneles sólidos (áridos, minerales, etc.) que suponen el 31% del tráfico comercial marítimo de la red nacional. El 60% de estos productos es transportado en contenedores, siendo Algeciras el principal puerto de contenedores de la red con una cifra anual entorno a 1,5 millones de TEUs.

Las mercancías generales y otros bienes, con una participación del 30%, completan el volumen global del tráfico de mercancías en la redes de los puertos del Estado.

La articulación del sistema portuario Español a las redes europeas y mundiales se encuentra fuertemente condicionada por la situación periférica de España respecto de los grandes nodos industriales europeos. De otra parte, las características topológicas de nuestros litorales, así como las limitaciones de accesibilidad interior y exterior, han limitado el tamaño de los hinterlands de los puertos españoles. Ambos factores, han condicionado notablemente las dimensiones y potencia del sistema de puertos en el que no se han producido grandes aglomeraciones y si cierta atomización MOPT (1994). Ello no obstante, hay que señalar notables diferencias entre la potencia de los distintos puertos y fachadas.

● **La fachada mediterránea**

Se trata de la fachada más dinámica del sistema. Cuenta con 12 puertos de diversa talla y capacidad, Barcelona, Tarragona, Castellón, Baleares, Valencia, Alicante, Cartagena, Almería-Motril, Málaga, Algeciras, Ceuta y Melilla. De todos ellos, tres, -el de Algeciras, con un movimiento anual en torno a las 45.000 toneladas de mercancías, el de Barcelona, que gestiona en torno a las 29.000 toneladas de mercancías y el de Valencia, con más de 23.000 toneladas de mercancías- son los de mayor tráfico de toda la red y juegan un papel fundamental en la cadena de

consolidación y distribución de mercancías como elementos básicos del sistema español de puertos.

• **La fachada atlántica.**

Menos potente, presenta un conjunto de puertos que se sitúan en los últimos niveles del rango jerárquico, dado su volumen de tráfico, Vigo, Marín-Pontevedra, Villagarcía de Arosa, La Coruña, Ferrol-San Ciprian, Huelva y Cádiz, en la península, además del puerto fluvial de Sevilla, y S. Cruz de Tenerife y las Palmas, en el archipiélago Canario. Destacan, no obstante, los puertos canarios y el de Huelva con movimientos que se sitúan entorno a las 16.000 toneladas de mercancías anuales.

• **La fachada cantábrica.**

Acoge los puertos de Avilés-Gijón, Santander, Pasajes y Bilbao. Este último, con un volumen de 27 millones de toneladas -entre cabotaje y exterior- se sitúa en el tercer lugar en la jerarquía de los puertos del Estado, beneficiado, sin duda, por presentar la mejor posición estratégica en esa fachada al servir de nodo articulador del sistema en el mercado internacional.

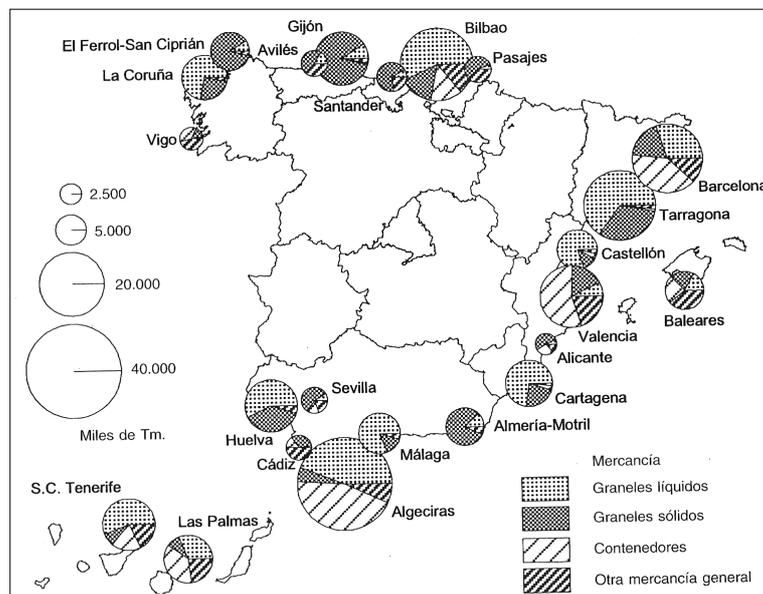


Figura 1. El tráfico de los principales puertos españoles (1998).

Fuente: Gil Olcina, A; Gómez Mendoza, J. (coord.), Geografía de España, Editorial Ariel, 2001, Barcelona.

11.5. Intermodalidad y TIC

La intermodalidad en el transporte de mercancías constituye una de las mayores revoluciones contemporáneas en el ciclo logístico de las empresas. Subjetivo no es otro que la puesta en circulación de las mercancías al mínimo coste y al mayor nivel de calidad y seguridad del servicio, y todo ello en el menor tiempo posible. La consolidación de las cadenas de transporte intermodal se ha basado en dos factores fundamentales: la contenedorización y la organización y control de la información en los sistemas de procesamiento y distribución a través de las redes telemáticas.

La intermodalidad tiene en los servicios móviles que utilizan la georreferenciación, como el GPS, una de sus aplicaciones más destacadas. Permiten la gestión integral de la flota, la asignación de cargas y el redireccionamiento de vehículos, el intercambio de información de carga y descarga o la ayuda en la navegación.

El *transporte combinado* es la forma más común de entre las que puede tomar el transporte intermodal. Consiste en la utilización coordinada de dos o más modos de transporte que comparten ciertas características comunes, a fin de posibilitar la transferencia eficiente de los flujos entre ellos durante el movimiento entre el origen y el destino. Sistemas básicos de transporte combinado:

- Sistema ferrocarril-carretera
- Sistema marítimo-ferrocarril
- Sistema marítimo-carretera. Existen, sin embargo, otras opciones en transporte combinado de mercancías menos generalizadas.
- Sistema aéreo-superficie
- Sistema fluvial-marítimo

Las TIC incrementan la eficiencia, la eficacia y la seguridad de los sistemas de transporte en todos los modos, del mismo modo que ayudan a solventar los problemas de escasez de nuevos servicios. Los grandes centros logísticos intermodales, con Intercambio Electrónico de Datos y Sistemas Justo a Tiempo, o la gestión de los espacios aéreos y de las redes ferroviarias, etc. Serían absolutamente inviables sin las redes telemáticas. Varias son las ventajas de la aplicación de las TIC a los transportes. Proporcionan movilidad mientras incrementan los niveles de seguridad y confort, al propio tiempo que reducen la congestión del tráfico; permiten el acceso a

la información por parte de los conductores y pasajeros, lo que aumenta los niveles de accesibilidad; optimizan los flujos en base de la infraestructura de transporte y tráfico existentes; permutan la ordenación del tráfico e incrementan la media de la velocidad en los viajes; aumentan la eficiencia de las operaciones de fletes y cargas en el transporte de mercancías; reducen los impactos negativos en el medio ambiente y, finalmente, contribuyen al crecimiento económico.

11.6. El transporte urbano y metropolitano

Es en las grandes áreas metropolitanas donde los problemas de movilidad son más agudos y crecientes y las soluciones más difíciles. En nuestro caso, la situación está agravada por el desproporcionado desarrollo del transporte privado, en buena medida a causa de una tardía y limitada opción por el transporte público. Cada vez resulta más patente que los problemas de congestión metropolitanos no pueden resolverse indefinidamente con mejoras infraestructurales de aumento de la capacidad del viario. La respuesta a esta intensa demanda de movilidad ha de pasar necesariamente por el aumento del transporte colectivo en plataforma reservada (tren, tranvía, metro, calzada-bus, carril bus-VAO) y por la intermodalidad. La intermodalidad –el uso concatenado de varios modos de transporte- es cada vez más necesaria para la movilidad metropolitana.

El tráfico de mercancía general crece muy rápidamente, supone una parte cada vez más importante del tonelaje gestionado por los puertos españoles y puede canalizarse hacia unos u otros puertos en función de sus tarifas, servicios, dotación de infraestructuras o accesibilidad. De ahí que las autoridades portuarias estén desarrollando estrategias dirigidas a desarrollar y atraer este tráfico, y especialmente el de mercancía general transportada en contenedores, que muestra incrementos espectaculares. La búsqueda de la eficiencia pasa por convertir los puertos en plataformas logísticas de transporte intermodal y alcanzar economías de escala. Para ello se precisa contar con costosas infraestructuras que permitan atender a navíos de cada vez mayores, reducir el tiempo de ataque y actuar como puntos para la captación y distribución de mercancías. Destacan los puertos de Algeciras, Barcelona, Valencia, Las Palmas y Bilbao. El tráfico marítimo de pasajeros, aunque presenta un volumen reducido y un crecimiento escaso, está muy concentrado en las rutas Algeciras-Ceuta y Algeciras-Tánger. Aparte de la travesía del estrecho de Gibraltar, sólo tiene cierta importancia el tráfico interinsular, tanto en el archipiélago canario como en el balear y la conexión entre la Península y Baleares.

11.7. Transportes, sostenibilidad y modelo territorial

El desarrollo de las sociedades occidentales, en el último lustro, ha cursado con profundos cambios en los sistemas de transporte, en la movilidad y en la organización espacial de las funciones territoriales. Se ha estructurado, así, un modelo de crecimiento en el que el fuerte consumo de suelo para transporte y la elevada contaminación, derivada de la creciente movilidad motorizada, están comprometiendo seriamente el equilibrio medioambiental.

11.7.1 Sostenibilidad del transporte

Según definición de la Comisión Mundial de Desarrollo y Medio Ambiente un desarrollo sostenible es el que afronta las necesidades del presente sin comprometer las posibilidades de desarrollo de las generaciones futuras. Tal equilibrio pasa por el uso racional y solidario de los recursos –especialmente los no renovables- y por el control de la contaminación. Por tanto, el desarrollo sostenible, por definición, ha de ser compatible con una economía sostenible, un medio ambiente sostenible y con la justicia social, es decir, ha de procurar la equidad, cambios que haría posible un transporte sostenible en términos de movilidad y accesibilidad. La aplicación de los progresos tecnológicos al transporte, por ejemplo, sería uno de los cambios que permitiría reducir la energía usada y colaboraría en la introducción de nuevos fueles. Al no implicar cambios en las pautas de movilidad, constituyen actualmente la solución menos polémica y mejor aceptada por la población. Se han introducido, así, los vehículos ecológicos, en los que se han producido cambios tecnológicos destinados a la reducción del consumo energético y de las emisiones contaminantes. Existen, no obstante, algunos proyectos industriales en marcha que muestran la tendencia de los fabricantes hacia el desarrollo de automóviles propulsados por energías limpias, alternativas al petróleo, capaces, éstas sí, de reducir o eliminar emisiones. Las políticas de control de emisiones han afectado especialmente al transporte público, en el que se están introduciendo vehículos que utilizan energías menos contaminantes, como el gas butano, el gas natural, los gases licuados del petróleo (GLP) o biocombustible procedente del aceite de colza.

11.7.2 Estrategias políticas de transporte y sostenibilidad

Por ser uno de los campos más sensibles en los nuevos objetivos sostenibles, el sector del transporte ha sufrido un profundo replanteamiento en el marco de las diversas políticas de sostenibilidad. Así, en el objetivo de mejorar el fenómeno de cambio climático, las políticas de transporte se centran básicamente en la reducción de emisiones, según los compromisos adquiridos en el Protocolo de Kyoto. Algunas de estas políticas van dirigidas hacia la demanda, en el sentido de reconducirla hacia los modos menos impactantes territorial y

medioambientalmente –como el ferroviario-, y a modificar hábitos de conducta –como la excesiva motorización-. Otras se dirigen a la oferta, tratando de optimizarla de cara a mejorar su calidad y eficiencia. A todo ello se añaden medidas de control y reducción de impactos ambientales, entre las que cabe subrayar el desarrollo de vehículos ecológicos y de combustibles limpios o menos contaminantes, como los biofuegos.

Además de las medidas antes mencionadas, existen todo un conjunto de medidas públicas que pueden contribuir eficientemente a la reducción de las emisiones y de la contaminación, sobre la base de la reducción en la práctica de los viajes, sobre todo, en coche y en el ámbito urbano.

11.7.3 Transporte y modelo territorial

Existe una relación directa entre las infraestructuras de transporte y el desarrollo regional. La práctica habitual muestra q la construcción de una infraestructura de transporte, como una autopista una línea ferroviaria de alta velocidad entraña una serie de consecuencias en el desarrollo económico y social de la región que acoge. Esta relación causal no es siempre inmediata y directa. En efecto, las infraestructuras de transporte influyen en el desarrollo de un territorio o de un Estado, aunque siempre en función de diversos factores locales o estatales –de tipo medioambiental, histórico, tecnológico, político, económico o demográfico-.

Entre los diferentes modos de transporte tal vez sean las carreteras, y en menor medida el ferrocarril, al ser sus índices de utilización menores, las que mayormente reflejen y definan el modelo territorial español, por ello se hace necesario detenerse en ellas. Este modelo viene marcado por un alejamiento de los centros de actividad europeos, una topografía accidentada y por una desequilibrada distribución de la población y de las actividades económicas, con un núcleo central y polarizador, Madrid y, básicamente dos corredores dinámicos, el del Mediterráneo y el del Valle del Ebro.

Los desequilibrios o las segregaciones de la red viaria en relación a los habitantes se reflejan al utilizar las medidas de densidad de la red y ponen de manifiesto el crecimiento de los últimos veinte años en el que se ha perpetuado el tradicional esquema radial, dónde Madrid es el punto de O y D de la red de autopistas y de ferrocarriles, también de los de de alta velocidad.

Así, la red de carreteras en España cuenta con más de 10.000 kms de vías de gran capacidad (un cuarta parte son autopistas de peaje; autovías y autopistas libres y vías de doble calzada, conforman el resto de categorías) que en un 73% constituyen la Red de Carreteras del Estado (RCE). A ellos hay que sumar más de 153.000 kms de vías de menor categoría de las que tan sólo unos 16.000 kms. pertenecen al estado mientras el resto es de titularidad autonómica y local. La RCE representa en torno al 15% del conjunto de la red nacional y su distribución no es

uniforme en el conjunto del estado, si nos atenemos a la superficie y población de las CCAA. Con cifras del 2003, el País Vasco, Galicia y Canarias, con índices próximos a los 0,6Km. red/Km.² destacan sobre el resto, entre las que Extremadura, Aragón y Castilla-La Mancha, con unas densidades en torno a los 0,2 Km./Km.², son las menos dotadas. Sin embargo, en relación con el número de habitantes la situación aparece bien distinta, ya que las mayores ratios se obtienen para Castilla y León (12,96 Km./1000 habitantes) y Castilla la Mancha (10,37 Km./1000 habitantes). Por el contrario, las CC.AA. más pobladas, son las que arrojan los menores índices (Madrid, 0,57 Km./1000 habitantes; Cataluña, 1,81 Km./1000 habitantes y la Comunidad Valenciana, 1,9 Km./1000 habitantes).

Si el objetivo mayor de la planificación de los transportes debe ser el favorecer la equidad territorial, la carretera, por su mayor flexibilidad y continuidad es clave tanto para la integración territorial del sistema de transporte como para la articulación con el resto de modos. Por ello, las políticas en materia de infraestructuras deben pasar por la sustitución del actual modelo más bien radial, sobre todo en la red de alta capacidad, por el de un sistema más mallado que asegure mejor la equidistribución de las infraestructuras viarias, tanto en calidad como en accesibilidad, a través del incremento de tramos transversales sobre los ejes radiales de mayor capacidad (como por ej. la continuación de las autopistas del Cantábrico y algunos tramos de la del Mediterráneo).

11.8. El Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte (PEIT)

El *Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte (PEIT)*, horizonte 2020, revisable cada cuatro años, pues la planificación de las infraestructuras es más bien un proyecto a largo plazo, fue presentado por el Ministerio de Fomento, por primera vez en 2004. Un territorio con funciones políticas y económicas descentralizadas, fruto del desarrollo de los últimos años, debe de ser servido por infraestructuras descentralizadas que ayuden a permeabilizar mejor la introducción de las mejoras económicas y sociales.

El ferrocarril será el modo de transporte protagonista del plan ya que absorberá el 42,8% del total de las inversiones, cifradas en 241.392 millones de euros, casi el doble que la carretera, con el 25%. Se pretenden construir 9000 kms. de tren de altas prestaciones (nueva terminología) para alcanzar los 10.000 kms en el horizonte 2020 y, de forma simultánea, se procederá a una revitalización y modernización del ferrocarril convencional. Van a construirse 6000 kms. de nuevas carreteras de alta capacidad para que, en el mismo horizonte temporal antes mencionado, éstas alcancen los 15.000 kms., y permitan superar la radialidad histórica a través de una red mucho más mallada. Este nuevo enfoque de base territorial persigue que el 65% del total de la red de carreteras sea de alta capacidad, cuando hoy día la red que presenta estas características

se sitúa tan sólo en el 35%. Con ello, al menos el 90% de la población estará a menos de 30 kms. de una autovía y a menos de 50 kms. de una estación de tren de alta prestación, contribuyendo a una mayor cohesión territorial y social.

El nuevo plan mantiene, respecto del Plan de Infraestructuras de Transporte (2000-2007), los proyectos heredados que ya se encuentran en marcha, así como, como objetivo a alcanzar, la conexión de todas las capitales de provincia a través de la alta velocidad.

Una de las novedades respecto a las nuevas líneas de ferrocarril de altas prestaciones, estriba en su doble funcionalidad, para tráfico mixto de personas y mercancías, reservándose tan sólo el tráfico de pasajeros para los corredores actuales y en construcción: Madrid-Sevilla; Madrid-Barcelona; Madrid-Levante y Madrid-Galicia. Se apuesta, igualmente, por una red intermodal y para ello se avanzará en la integración del billete así como de las tarifas entre los diversos modos.

El 60% de la inversión va a costearse con presupuestos públicos, incluidos fondos de la UE y el 40% mediante la colaboración público privada, para que esta última aporte al menos el 20% del montante global.

El PEIT señala como grandes ejes rectores del plan la cohesión territorial, la intermodalidad, la seguridad y la sostenibilidad, en plena consonancia con las directrices marcadas por Europa a sus países miembros.

11.9. La sociedad de la información. Indicadores. Internet. Desequilibrios territoriales

El concepto de Sociedad de la Información aparece, por primera vez, en 1980. Algunas de sus características pueden concretarse en la ruptura de la concepción moderna del tiempo y del espacio y en la renovación y desmaterialización de los procesos económicos. Las categorías modernas de tiempo y espacio no sirven para estructurar las relaciones de la nueva sociedad. Ésta sufre cambios importantes, a partir de la introducción de las tecnologías digitales.

Internet se erige en un punto insustituible en la era de la globalización de los fenómenos y de la economía de conocimiento. Constituye el principal fenómeno de la comunicación de finales del siglo XX y todas las estimaciones señalan que el tráfico, al menos, se duplica cada año, sin embargo, se producen enormes diferencias entre las diferentes áreas regionales a escala de mundo.

Es un medio de comunicación que permite aplicaciones interactivas de la información desde cualquier parte del mundo, es útil para segmentar la información, escapa a los sistemas de

gestión y control clásicos, y no está sujeta a un ámbito geográfico concreto. En definitiva, supone un cambio cultural enorme y sin retorno. Internet es global, por ella fluye información de productos, servicios y datos y permite realizar todo tipo de actividades nuevas y clásicas. Es un motor relevante en el crecimiento económico mundial, un indicador de competitividad y uno más de diferencias económicas y sociales entre países.

La introducción de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en el día a día de las familias españolas se ha ido consolidando el último año. Así, además de la universalización de equipamientos como teléfonos, televisión y radio, el 52,3 % de los hogares españoles dispusieron del ordenador de mesa y el 18,5 % de ordenadores portátiles.

El % de hogares con conexión a Internet en España se sitúa en 2005 en el 36 % cuando la media de la UE de los 15 es del 53%. Los elevados precios de la telefonía fija retienen a los consumidores. En términos generales, la conexión a Internet en España se realizó por ADSL (67 %) y por telefonía convencional (20,7 %). Las comunidades más avanzadas en conexión de banda ancha y ADSL fueron Cataluña (78,5 %), Madrid (77,6 %), Canarias (77,1 %) y las ciudades autónomas de Ceuta (93,8 %) y Melilla (89,3 %). Los datos nos sitúan en la media de Europa.

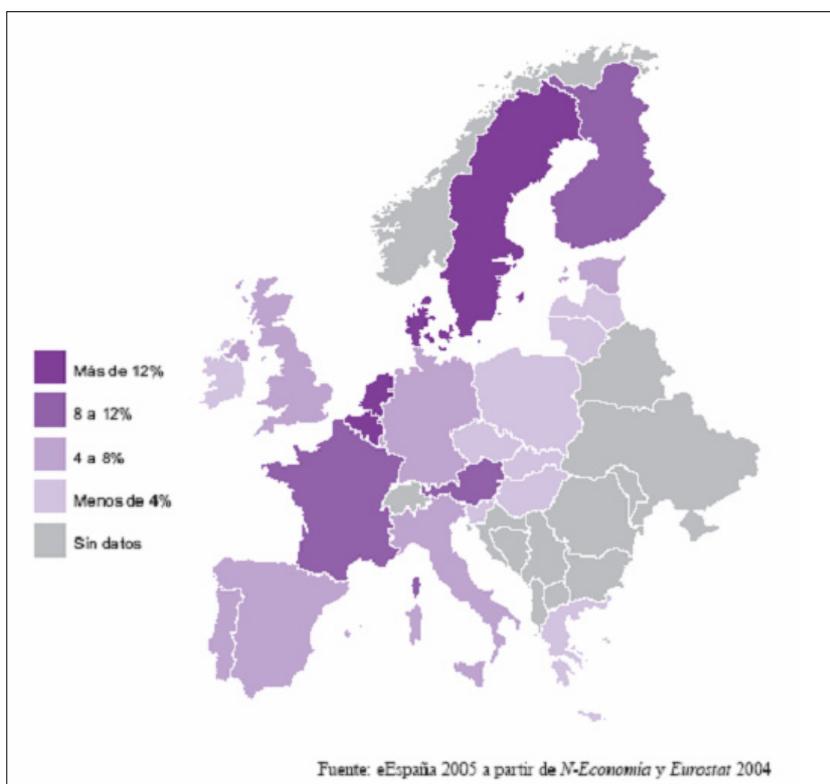


Figura 2. El porcentaje de hogares con acceso a Internet. Banda Ancha, % (2004). Fuente: Fundación Auna. España 2005.

Bibliografía

- [1] Gil Olcina, A.; Gómez Mendoza, J, Geografía de España, Editorial Ariel, 2001, Barcelona.
- [2] Ministerio de Fomento, - <http://www.mfom.es>
- [3] Riera Font, A. et alt, Informe econòmic i social de les Illes Balears, 2006, CRE, Sa Nostra, Caixa de Balears, 2007, Palma.
- [4] Seguí Pons, JM. Las infraestructuras de transporte y el territorio en España. En www.age.es. Temas de actualidad. 12-01-05
- [5] Seguí Pons, JM; Martínez Reynés, M.R, Geografía de los transportes, Universitat Illes Balears, 2004, Palma..

Tema 12. La Industria y los espacios industriales. La reconversión. La externalización de actividades. La deslocalización industrial. España como destino turístico Los espacios turísticos, distribución y tipologías. Problemática de los destinos maduros. La procedencia de los flujos. Los recursos. La urbanización litoral y el turismo sostenible.

12.1 La industria y los espacios industriales

Un primer balance del desarrollo industrial de España permite afirmar que la industrialización del país ha sido tardía, y que, apenas configurado, el sector tuvo que hacer frente a una crisis que ha puesto en marcha procesos nuevos: desindustrialización, reconversión y reindustrialización. A pesar de esta reciente y convulsiva evolución, la moderna industrialización de España, configurada en los años sesenta y setenta, constituyó el eje vertebrador de su nivel actual de desarrollo económico.

Las diversas actividades fabriles presentan unas exigencias para su localización claramente diferenciadas, en razón de sus desiguales características técnico-organizativas y de la ubicación de las materias primas. Ello se concentró en unas pautas de localización específicas, que hoy condicionan el modelo distributivo industrial y, a la vez, el tipo de especialización fabril de las distintas regiones españolas.

La metalurgia de base presenta una acusada polarización en el eje cantábrico y en Valencia, mientras que los transformadores metálicos se caracterizan por una distribución espacial menos concentrada, debido a la diversidad de las producciones y a la irrupción de localizaciones recientes en cuyas ubicaciones se han tenido en cuenta factores de localización distintos a los convencionales. Los sectores de alimentación, bebidas y tabaco, o los de la madera y corcho, aparecen en casi todo el territorio, lo que es debido a su vinculación a los recursos agroforestales y a las ventajas de su localización cercana a los centros urbanos donde se encuentra la demanda.

En razón del número de activos industriales a escala provincial se observa un mapa industrial de España con claros contrastes. Destacan como provincias con más empleo industrial (incluyendo la construcción) Barcelona, Madrid, Valencia, Vizcaya, Alicante, Asturias, Guipúzcoa, Pontevedra, A Coruña y Zaragoza. Ante la dificultad de establecer una tipología detallada de

espacios industriales, cabe referirse a una diferenciación esquemática en cuatro grandes espacios: los de Madrid y Barcelona, que consiguen su consolidación como centros neurálgicos de la industria española; la fachada nordatlántica y el eje mediterráneo.

Finalmente, están los espacios de industrialización inducida, que aparecen básicamente en el interior, con su fuerte polarización y una estructura empresarial dependiente; aunque en estas áreas rurales del interior también se han consolidado algunos centros fabriles gracias al desarrollo de la industria endógena.

12.2. La reconversión. La externalización de actividades. La deslocalización industrial.

La crisis del petróleo iniciada en 1973 motivó una ruptura de la evolución industrial de España. Se incrementaron los costes de producción (energía, materias primas, costes salariales, etc.), con una drástica reducción del margen de beneficios, aumentó la competencia internacional y surgió, acuciante, la necesidad de introducir nuevas tecnologías. El proceso desembocó en una desindustrialización y reconversión que terminó afectando, prácticamente, a toda la economía, aunque de forma más intensa a la construcción naval, la siderurgia, el textil y la construcción de maquinaria. A su vez, la desindustrialización y la reconversión produjo una fuerte destrucción de empleo, con un importante crecimiento del paro laboral –aunque este último tiene también origen en causas estructurales-. En 1975 se alcanzó la mayor ocupación en el sector industrial, con 4,9 millones de trabajadores. A partir de entonces fue disminuyendo.

Este comportamiento ha provocado, a la vez, una disminución del papel que desempeña la industria en el conjunto de la economía, y el número de trabajadores industriales ha sido ya ampliamente superado por los que ocupa el sector terciario (servicios). Como respuesta a la desindustrialización del decenio 1975-85, la administración estableció medidas de reindustrialización, con bonificaciones y exenciones fiscales dirigidas a las áreas más castigadas por la crisis. Concretamente, en 1984 declaró seis zonas de urgente reindustrialización (ZUR): Galicia, Asturias, Gran Bilbao, bahía de Cádiz y áreas metropolitanas de Madrid y Barcelona. La recuperación industrial que se produjo en el segundo quinquenio de los años ochenta se vio luego ensombrecida por los indicios de una segunda reconversión industrial, debida ahora a la política comunitaria (UE) en este sector y a las repercusiones de la creciente globalización de la economía.

Sectores tradicionales en reconversión (siderurgia y metalúrgica de base, construcción naval, industria textil y minería).

La siderúrgica se desarrolló de forma considerable en los años sesenta debido al fuerte incremento de la demanda de sus productos, hasta el punto de que, conjuntamente con el resto de las industrias metálicas, constituyó el símbolo de la industrialización española. Pero desde mediados de los años setenta la obtención de productos siderúrgicos ha sufrido un cierto estancamiento como resultado de la contracción de la demanda interior y, también, internacional. Además, en los últimos tiempos las exigencias de armonización de las producciones comunitarias (UE) han obligado a la siderurgia española a nuevos reajustes, a pesar de la fuerte reconversión que sufrió a principios de los años ochenta. En la evolución de esta industria pesada se ha ido configurando una siderurgia integral concentrada en Asturias (Avilés, Gijón), el País Vasco (la ría de Bilbao y otros puntos de Vizcaya) y Valencia (Sagunto).

La construcción naval tuvo un gran desarrollo en los años sesenta, los astilleros españoles, de gran tradición, llegaron a situarse entre los primeros productores mundiales. Sin embargo, la generalización de la crisis económica iniciada en 1973 asestó un duro golpe a esta industria que condujo a una dura reconversión del sector naval –tanto el público como el privado–; esta reconversión comportó una reestructuración de los astilleros y la drástica reducción de sus plantillas. Los astilleros más importantes son los de la ría del Nervión (Sestao y Santurtzi), Gijón, Ferrol y Vigo. Además, los de Cádiz, Puerto Real, Sevilla, Valencia y Canarias.

La industria textil también se ha visto sometida a un proceso de reconversión. Las principales áreas industriales textiles están en la provincia de Barcelona (Sabadell y Terrassa), en Alcoi y Ontinyent.

Respecto al sector minero, ya quedan lejos los tiempos en que la península Ibérica era exportadora de minerales hacia otros territorios europeos con elevada demanda de materias primas para alimentar su desarrollo industrial. El declive iniciado hace décadas, ante el progresivo agotamiento de una parte de los recursos, los elevados costes de extracción, las restricciones medioambientales y las crecientes dificultades para competir con los minerales procedentes de otras áreas del mundo, tanto en el mercado interior como en el internacional, no ha hecho sino acentuarse desde los años setenta. El resultado ha sido una profunda reestructuración, que incluye desde procesos de concentración empresarial e internacionalización, hasta un mayor esfuerzo en materia de innovación tecnológica en los procesos, saldado muchas veces con fuertes reducciones en las cifras de empleo y el cierre de empleo y el cierre de muchas explotaciones no rentables. Las provincias con mayor tradición minera son Asturias, Huelva o Teruel.

<i>Regiones</i>	<i>% empleo 1900</i>	<i>% empleo 1955</i>	<i>% empleo 1975</i>	<i>% empleo 1995</i>	<i>% VAB 1995</i>
Andalucía	19,0	11,5	9,4	9,3	8,2
Aragón	4,0	3,7	3,5	4,4	3,9
Asturias	2,7	5,5	3,3	2,5	3,2
Baleares	2,2	1,8	1,2	1,2	1,0
Canarias	1,4	1,6	1,5	1,8	1,7
Cantabria	1,6	1,9	1,6	1,4	1,4
Castilla-La Mancha	5,4	3,4	3,1	4,2	3,9
Castilla y León	6,5	7,0	4,7	5,7	6,5
Cataluña	21,8	22,8	26,2	23,8	24,9
Comunidad Valenciana	8,8	9,3	12,1	13,9	12,0
Extremadura	3,5	2,1	1,1	1,1	1,4
Galicia	5,8	6,3	5,4	5,8	5,1
Madrid	5,7	9,7	12,2	10,6	12,0
Murcia	1,8	2,0	2,1	2,5	2,1
Navarra	1,3	1,3	1,8	2,5	2,5
País Vasco	7,4	9,3	10,0	8,0	9,1
La Rioja	1,1	0,8	0,8	1,3	1,1
<i>España</i>	100	100	100	100	100

Tabla 1. Participación regional en el empleo industrial de España, 1900-1995. Fuente: Servicio Estudios. Renta Nacional de España y su distribución provincial. Disponible en: Gil Olcina, A.; Gómez Mendoza, J, Geografía de España, Editorial Ariel, 2001, Barcelona.

12.3. España como destino turístico

España es, sin duda, una de las mayores potencias turísticas del mundo, compitiendo con Estados Unidos, Francia e Italia, tanto si se considera el volumen de llegadas del turismo internacional como los ingresos causados por dichos viajes. Desde el año 2001 es el segundo destino turístico, en número de visitantes, precedido de Francia y seguido por EEUU. Nuestro país se encuentra en la zona mediterránea de Europa, es decir, en la confluencia de las dos regiones turísticas más importantes del mundo: la Unión Europea y la cuenca Mediterránea. España se beneficia de pertenecer –buena parte de su fachada litoral- a la cuenca mediterránea que, como se sabe, es una de las tres “cuencas marítimas” más destacadas del mundo, sin duda, la primera por delante del Caribe y del Sudeste Asiático.

En 1950, España ocupaba el undécimo lugar en el ranking de países según el volumen de ingresos por turismo internacional y en 1970 se situó en segundo lugar, después de Estados Unidos. Desde entonces, siempre ha ocupado uno de los primeros lugares, hasta llegar a ser potencia turística. Un comportamiento parecido se observa si consideramos la evolución de las llegadas del turismo internacional por países. En este sentido, cabe señalar que en 1950 España

ocupaba el octavo lugar con 784.000 visitantes, el 3,1 % sobre los 25 millones del total mundial. En 1970, nuestro país se situó en cuarto lugar (13,2 millones que representó el 8,3 % del total mundial) y en los últimos años suele ocupar los primeros lugares (del 2.º al 4.º), con una cuota en torno al 7 %. En el 2000 España superó los 75 millones de visitantes, de los que casi 50 millones fueron turistas en sentido estricto.

12.4. Los espacios turísticos, distribución y tipologías

Un espacio geográfico determinado se convierte en espacio turístico cuando en éste se dan una serie de condiciones que le permiten desarrollar la actividad turística. Para que estas condiciones se produzcan, es necesario que se ofrezcan:

- Atractivos, que son el motivo principal del desplazamiento.
- Transporte, que facilitan a los turistas llegar al centro receptor.
- Alojamiento, que permite la estancia de los turistas.
- Servicios auxiliares, que complementan los atractivos y dan bienestar al turista.
- Infraestructuras, que apoyan las instalaciones y servicios prestados.

Estas condiciones determinarán las características geográficas y de competitividad de un espacio turístico. Una vez localizado un espacio turístico, debe procederse a catalogarlo dentro de una clasificación genérica, que permita su identificación a pesar de la dificultad que entraña el hecho de que no existen dos áreas turísticas iguales. La clasificación de los centros turísticos se establece principalmente a partir de la oferta de actividades que va a desarrollar el turista en estos centros receptores, o sea, a partir de los que el turista puede hacer en el espacio receptor. Las actividades les serán ofrecidas de forma atractiva para que ocupen su tiempo libre, de ocio y vacacional, en este caso el turista puede ser agente activo o pasivo de la actividad que se va a desarrollar, pero siempre deberá contarse con su participación.

Es preciso señalar que en un mismo espacio pueden coincidir diversas tipologías de turismo, lo que diferencia espacios monotemáticos o multitemáticos, de la misma manera que puede diferenciarse entre espacios turísticos con un único centro de atracción (unipolares) o con varios centros de atracción (multipolares).

La estructura espacial de las actividades turísticas en España muestra claros contrastes y marcadas asimetrías que se deben, básicamente, a dos factores, que, además, influyen de manera interrelacional: la variada condición geográfica del territorio español y el carácter hegemónico

del atractivo sol-playa e el conjunto de las motivaciones del turismo masivo, hecho que ha primado el desarrollo turístico de las zonas litorales de clima cálido.

La localización de la oferta de alojamiento turístico, y también la de la infraestructura y servicios complementarios, dibuja un mapa turístico español en el que destacan unas zonas geoturísticas claramente diferenciadas y jerarquizadas. A escala regional, y si nos centramos en la distribución geográfica del censo hotelero y consideramos los datos medios del quinquenio 1996-2000, cabe señalar que las Islas Baleares concentran entorno al 24 % de la oferta hotelera; Cataluña, el 18 %; Comunidad Valenciana, el 10 %; y las Canarias, el 8 %, Las plazas de camping presentan, sin embargo, una distribución espacial distinta; Cataluña concentra más de un tercio de la oferta, y le siguen en importancia la zona del Atlántico norte y Cantábrico (20%) y Levante (15%). Los mapas de localización de la oferta hotelera y de la oferta de camping, que no coinciden, se ven asimismo modificados si se les añade asimismo la localización de los apartamentos y las residencias secundarias. Como resultado, el mapa correspondiente al total de la oferta de alojamiento refuerza el eje del Mediterráneo como principal región turística (Costa Brava, Costa Dorada, Costa del Azahar, Costa Blanca, Costa Cálida; Costa del Sol...) además de las provincias insulares, presentando una menor densidad el litoral noroccidental y las zonas del interior peninsular. Esta realidad nos permite hablar de “España país turístico” y, a otra escala, de la existencia en España de “regiones turísticas” y de “regiones no turísticas”.

La oferta de alojamiento turístico es variada y está formada principalmente por establecimientos hoteleros, por campings y por apartamentos y segundas residencias, a los que se han añadido en los últimos años otros establecimientos, destacando las viviendas rurales. En conjunto, se estima que la capacidad de alojamiento es de diez millones de plazas, cifra que incluye también la capacidad del parque de viviendas secundarias (en su gran mayoría asociadas a un uso turístico-residencial)-, cabe apuntar que la oferta hotelera en España, según datos del año 2000, comprende 9.500 establecimientos y casi un millón de plazas. La mayor parte de estas plazas son de categoría media o media baja, mientras que la oferta de categoría alta (4 y 5 estrellas) representa sólo en torno al 5 % de los establecimientos y en torno al 16 % de las plazas. Este censo hotelero, de magnitud destacada, en su mayor parte se ha construido en las cuatro últimas décadas y en parte presenta síntomas de obsolescencia y está necesitado de rehabilitación y adaptación a las nuevas exigencias de la demanda.

A partir de los noventa, se empezó a observar una intensificación del proceso de difusión espacial del crecimiento turístico y en el que desempeñan un protagonismo destacado el turismo de “naturaleza”, el turismo rural y el turismo urbano. El mapa turístico de España es dinámico, y su evolución se explica a partir de las pautas espacio-temporales que se contemplan en los

modelos evolutivos de las regiones turísticas. La dinámica del último decenio forma parte de dicha evolución y se manifiesta en una difusión territorial del turismo en España, que responde a tres focos genéticos específicos. La intensificación del fenómeno de ocio-turismo de proximidad, la concepción e instrumentación del turismo como estrategia de desarrollo y la necesidad de reestructuración de los espacios litorales tradicionales.

La evolución del número de visitantes –y, concretamente, de turistas- refleja claramente el desarrollo del turismo en España, su ritmo de crecimiento y la magnitud alcanzada que, como resultado, sitúa a nuestro país en uno de los primeros lugares del ranking mundial del turismo internacional. En efecto, en 1951 entraron en España 1,2 millones de visitantes; en 1960 fueron 6,1; en 1970 acudieron 24,1, mientras que diez años después alcanzó la cifra de 38 millones; después, en 1990, se superaron los 52 millones y para el 2000 el número de visitantes superó los 75 millones. Obviamente, esta evolución ha tenido ritmos contrastados, e incluso decrecimientos del flujo de visitantes en algunos años –tal como ocurrió en 1973- y algunos altibajos interanuales durante los ochenta, pero en cualquier caso, la evolución de conjuntos se ha caracterizado por una clara tendencia al crecimiento. En realidad, la evolución del flujo de visitantes a lo largo de las últimas décadas ha estado determinada fundamentalmente por las situaciones socioeconómicas de los principales países emisores (países europeos más desarrollados) y las crisis económicas cíclicas o específicas, que han afectado en cada momento la capacidad de consumo de sus ciudadanos y la realización de los viajes turísticos anuales, con destino a España.

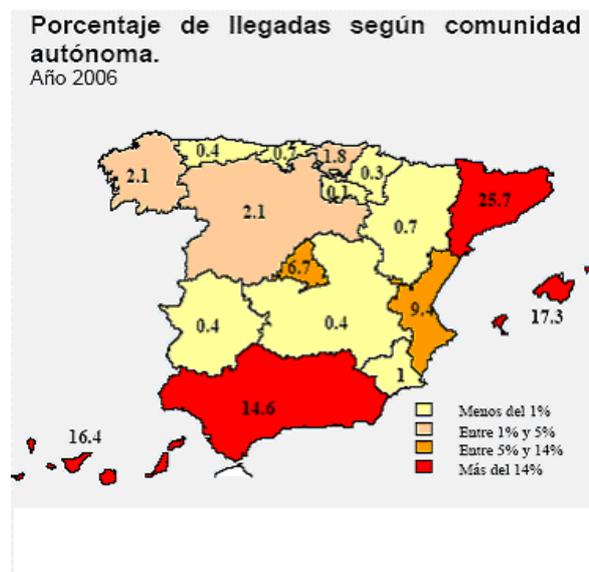


Figura 1. Porcentaje de llegadas de turistas según Comunidad Autónoma. Fuente: Instituto Estudios Turísticos. Movimientos turísticos en Fronteras (Frontur).

12.5. Problemática de los destinos maduros

El modelo turístico español se define, entre otros rasgos, por un intenso y constante proceso de expansión de las cifras de afluencia, también del crecimiento de plazas hoteleras y extrahoteleras, que se utilizan como máximos exponentes de la dinámica y del éxito del turismo español. Pero, en otro sentido, las contradicciones y problemas estructurales de este modelo masivo –particularmente del modelo turístico de litoral mediterráneo- , puesto de manifiesto en las últimas coyunturas, y que se asocia a “cantidad”, a una demanda de media o baja capacidad de gasto y que constituye un modelo vulnerable a las oscilaciones de a demanda interior e internacional, ha obligado a la búsqueda de estrategias orientadas a sostener las ventajas comparativas tradicionales y buscar nuevos factores de competitividad. En el conjunto señalado se sitúa la necesidad de modificación o sustitución del modelo por otro que se fundamente en la calidad, que atraiga una tipología de demanda de mayor capacidad adquisitiva y superior gasto medio; además, una demanda que, en conjunto, anule o comporte menos impactos negativos, de todo tipo, derivados del actual modelo masivo.

12.6. La procedencia de los flujos

La demanda turística se caracteriza por la existencia de un mercado turístico europeo muy jerarquizado y por el protagonismo del mercado interior. En la evolución del modelo turístico español se ha producido un cambio importante en la composición del flujo turístico, puesto que se ha pasado de una situación (años cincuenta a setenta), marcada por el protagonismo hegemónico del turismo receptivo, tanto en la percepción del hecho turístico como en sus magnitudes, a otra nueva situación en la que el flujo turístico tiene una composición dual según su origen geográfico, flujo exterior y flujo interior (López Palomeque, 1999). La evolución socioeconómica de España ha permitido el desarrollo de su mercado turístico, en términos de demanda, que se orienta hacia el propio país como destino, principal, y también de forma creciente hacia el extranjero. Sin duda, el turismo interior es un hecho de gran trascendencia por cuanto supone un factor fundamental para el mantenimiento del sistema turístico español.

En función del papel que desempeña la demanda que procede del exterior se perfilan tres grupos de regiones diferenciadas: Baleares, Canarias y, en menor medida, Cataluña dependen casi exclusivamente del turismo extranjero; un segundo grupo está formado por Andalucía, la Comunidad Valenciana, Madrid y el País Vasco, que poseen una demanda repartida proporcionalmente entre residentes españoles y no residentes, y, finalmente, el resto de las regiones dependen del turismo interior, pese a que algunas tienen cuota de participación sobre el turismo extranjero.

La mayor parte de los visitantes extranjeros que acuden a España cada año proceden de Europa, principalmente de cuatro países: Francia, Reino Unido, Alemania y Portugal. En menor proporción también acuden de Holanda, Bélgica, países escandinavos y países norteafricanos, entre otros. Ha de considerarse, sin embargo, que el papel que en este flujo desempeñan Portugal y los países norteafricanos obedece al paso de los emigrantes de estos países por territorio español con destino u origen en los países más desarrollados de la Europa occidental.

La fuerte estacionalidad del turismo, coincidiendo en general con la estación estival, constituye un rasgo consustancial del propio fenómeno turístico, al menos en el turismo de masas vigente hoy en día. Este rasgo marca el desarrollo de las actividades turísticas y sus diversas manifestaciones, de él se derivan repercusiones que en la mayoría de los casos son entendidas como negativas o lesivas para los destinos y las empresas turísticas.

La llegada de turistas extranjeros a España se distribuye a lo largo del año de forma muy desigual y también ocurre lo mismo con la temporalización de las actividades turísticas de los españoles. La mayor parte de las entradas turísticas, un 45 %, se registran en la temporada de verano concretamente en los dos meses centrales, julio y agosto, que representan un 38 % de las entradas totales. Podemos añadir, en relación con la difusión espacial del fenómeno turístico, que la continuidad física del territorio peninsular español con Francia y, en definitiva, con otros países europeos explica la importancia de la carretera como vía de entrada a España, que ha sido utilizada por el 60-65 % de los visitantes, según los datos de los últimos años. Por otra parte, el carácter insular de dos de las regiones turísticas españolas más destacadas (Islas Baleares e Islas Canarias) determina que en torno al 30 % de los visitantes que entran a España lo hagan en avión, mientras que el barco y el ferrocarril son medios de transporte escasamente utilizados.

12.7. Los recursos

En España existe una gran diversidad y un gran número de recursos turísticos pero, en cambio, de acuerdo con sus posibilidades, existen pocos productos turísticos. Por recurso turístico entendemos a aquellos elementos que por si mismos o en combinación con otros pueden despertar el interés por visitar una determinada zona o región. Es decir, todo elemento capaz de generar desplazamientos turísticos.

Resulta difícil ordenar y clasificar los recursos turísticos por la diversidad y heterogeneidad que presentan. Así, a la hora de clasificarlos y estudiarlos, podemos encontrar varias propuestas:

Una primera clasificación divide los recursos turísticos en dos grandes grupos, según su escasez o abundancia:

- 1) Recursos disponibles y gratuitos: aquellos que se encuentran en abundancia y no precisan ningún mecanismo para adjudicarlos al usuario.
- 2) Recursos escasos o limitados; aquellos cuya oferta se encuentra limitada con relación a su demanda real o potencial.

Una segunda clasificación, que resalta diferentes dimensiones o características de los recursos turísticos, los divide en:

- 1) Recursos reales: aquellos que ya están explotados turísticamente.
- 2) Recursos potenciales: aquellos que puedan ser susceptibles de futura explotación turística.
- 3) Recursos básicos: aquellos que constituyen el apoyo de las actividades que sustentan los programas. Tiene como misión principal atraer demanda con la finalidad de que el turismo se consolide en una zona determinada.
- 4) Recursos complementarios: aquellos que no tienen suficiente poder de atracción y fijación de la demanda para justificar por si mismos la dotación de infraestructuras y equipamientos, puesto que las actividades que generan producen estancias de muy corta duración. Desempeñan, como regla general, un papel subsidiario y contribuyen a diversificar las actividades de los turistas que ya se encuentran en la zona.
- 5) Recursos naturales: aquellos que existen en el medio ambiente. Son los bienes procedentes de la naturaleza no transformada por el hombre y que son capaces de satisfacer las necesidades humanas.
- 6) Recursos no renovables: aquellos cuya cantidad física no aumenta con el tiempo de forma significativa y, por lo tanto, con su uso disminuye la cantidad disponible.
- 7) Recursos renovables: aquellos que están disponibles con distintos intervalos de tiempo. El empleo de las fuentes reales no disminuye la disposición futura siempre que la tasa de consumo no exceda la tasa de generación.
- 8) Una tercera clasificación es la propuesta por el modelo FAS (factores, atractores, sistemas de apoyo) de la OMT. Este modelo clasifica los recursos turísticos o factores en tres categorías:
 - a. Naturalia: tierra, agua y otros.
 - b. Humana: recursos humanos, herencia cultural, condiciones de trabajo.
 - c. Capitalia: capital financiero, capital físico y otros.

12.8. La urbanización litoral y el turismo sostenible

La transformación del litoral, derivada de la expansión del alojamiento turístico-residencial y de las redes de comunicación y de acceso, justifica que, en algunos casos, tan sólo una pequeña franja costera haya conseguido sustraerse a la presión urbanizadora, a través, en gran parte, de su declaración como espacios naturales protegidos. Ello es extremadamente frecuente a lo largo de la franja costera mediterránea

El consumo de espacio por la urbanización es un problema que se deriva, en buena medida de la instrumentación inmobiliaria del turismo y que afecta a los destinos litorales. El ritmo de la transformación en el uso del suelo ha sido espectacular durante la última década, especialmente en el litoral mediterráneo, como ya se ha señalado, y los archipiélagos canario y balear.

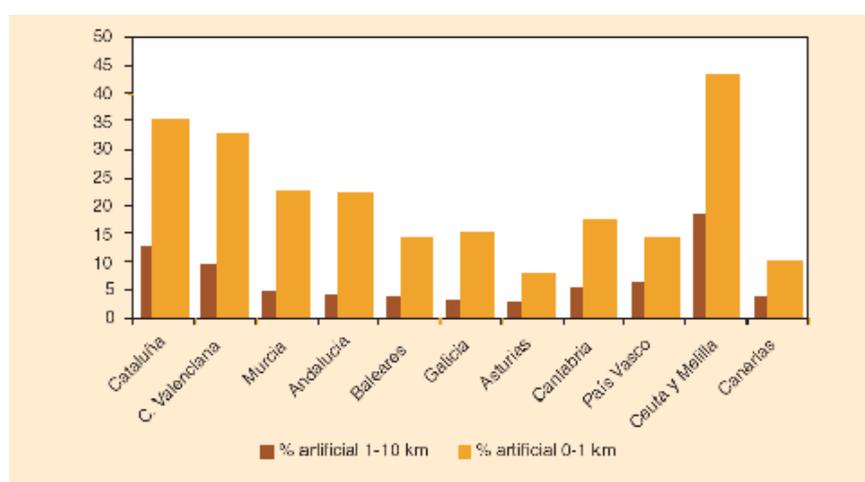


Figura 2. Porcentaje de superficie artificial ocupada. CCAA. Fuente: Observatorio de la Sostenibilidad en España. Sostenibilidad en España. Evaluación Integrada. 2006

Otro de los aspectos críticos que provoca la urbanización masiva del litoral es el de la transformación del paisaje, lo que supone, en no pocos casos, la pérdida del principal argumento de diferenciación del espacio turístico y la causa de una creciente canalización de los destinos, sin olvidar que el paisaje es un elemento básico en la calidad de vida de las poblaciones locales y el referente de sus señas de identidad. Por eso, en los espacios litorales, las nuevas líneas de trabajo tratan de incorporar la restauración paisajística de áreas degradadas y la gestión del paisaje a través de las propias actuaciones urbano-turísticas.

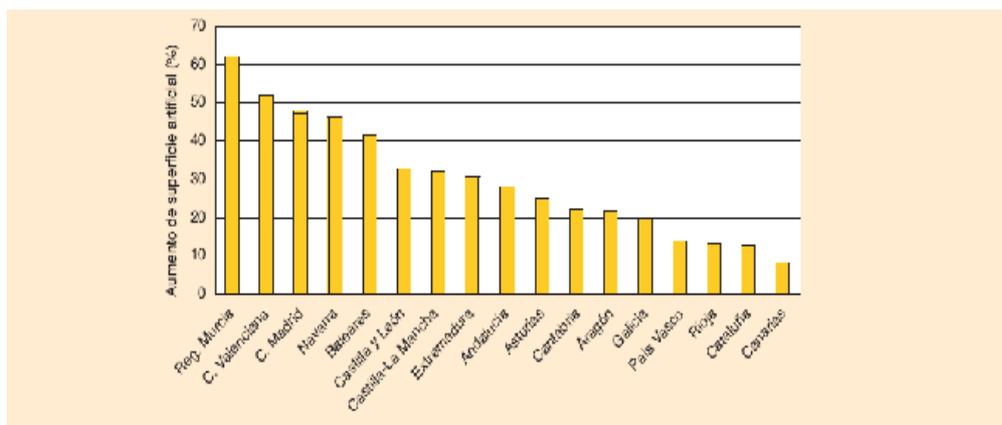


Figura 3. Porcentaje de incremento de superficie artificial. CCAA (1987-2000). Fuente: Observatorio de la Sostenibilidad en España. Cambios de ocupación del suelo en España. 2006

El *World Conservation Union* (IUCN) define el desarrollo sostenible como “el proceso que permite el desarrollo sin degradar o agotar los recursos que lo hacen posible”. De esta definición se desprende una pauta de comportamiento, es decir, la sostenibilidad se conseguirá utilizando más intensamente aquellos recursos que son renovables o desviando el uso desde los recursos que se regeneran más lentamente hacia los que lo hacen más rápidamente.

A partir de esta definición, se aplica la idea de desarrollo sostenible en turismo:

“El desarrollo del turismo sostenible cubre las necesidades de los turistas actuales y de las regiones receptoras mientras se protegen y refuerzan las oportunidades para el futuro. Se prevé que sea posible la gestión de todos los recursos de manera que las necesidades económicas, sociales y estéticas puedan satisfacerse sin perder la integridad cultural, los procesos ecológicos esenciales, la diversidad biológica y el sistema de apoyo de la vida”.

Los principios del desarrollo turístico sostenible son:

- 1) Sostenibilidad económica: garantiza que el desarrollo económico es equitativo y eficiente, y que los recursos son gestionados de forma que pueden apoyar a futuras generaciones.
- 2) Sostenibilidad sociocultural: garantiza que el desarrollo aumenta el control de la gente sobre sus vidas y es compatible con su cultura y valores, y mantiene y refuerza la identidad de la comunidad.
- 3) Sostenibilidad medioambiental: garantiza que el desarrollo es compatible con el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales, la diversidad biológica y los recursos biológicos.

Según la Organización Mundial del Turismo (OMT), el turismo sostenible constituye un modelo de desarrollo que pretende:

- a) Mejorar la calidad de vida de la población local, es decir, de la gente que vive y trabaja en el destino.
- b) Proveer mayor calidad de experiencia para el visitante.
- c) Mantener la calidad del medio ambiente, del que la población local y los visitantes dependen.
- d) Conseguir mayores niveles de rentabilidad económica de la actividad turística para los residentes locales.
- e) Asegurar la obtención de beneficios por parte de los empresarios turísticos. Es decir, debe procurarse que el negocio turístico sustentable sea rentable; de lo contrario, los empresarios olvidarán el compromiso de sustentabilidad y alterarán el equilibrio.

La definición de turismo sostenible es indudablemente vaga. Apunta hacia un comportamiento, pero no dice nada de cómo conseguirlo. Sin embargo, la idea de no agotar los recursos exige su conservación y esto sólo puede hacerse limitando o, en un caso extremo, prohibiendo.

El concepto de capacidad de carga está, estrechamente relacionado con la idea de sostenibilidad. La capacidad de carga sugiere que los destinos tienen límites en el volumen e intensidad de desarrollo turístico que un área determinada puede soportar antes de que los daños sean irreparables.

En los últimos años se está hablando del turismo responsable. Este término resulta, de entrada, algo confuso porque carecemos de una definición aceptada universalmente. Para la mayoría de autores, el énfasis a la hora de definirlo debe establecerse en la “responsabilidad”. Desde esta perspectiva, cualquier tipo de turismo debe ser responsable.

Bibliografía

- [1] Calabuig, J.; Ministral, M, Manual de Geografía Turística de España, Editorial Síntesis, 1995, Madrid.
- [2] Fullana, P. ; Ayuso, S., Turismo sostenible, Editorial Rubén, 2006, Barcelona.
- [3] Gil Olcina, A.; Gómez Mendoza, J, Geografía de España, Editorial Ariel, 2001, Barcelona.
- [4] Instituto de Estudios Turísticos, Balance turismo en España, 2006. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2006.
- [5] López Palomeque, F., “Diez hipótesis sobre el turismo en España”, en : Profesor Joan Vilà Valentí. Colección Homenatges. Universitat de Barcelona, 1999, Barcelona.
- [6] Geografía Universal”. Volumen 2: España y Portugal. Ediciones Durvan S.A., 2002, Bilbao.
- [7] WTO, Introducción al turismo, WTO, 1998, Madrid
- [8] Ministerio de Medio Ambiente, <http://www.mma.es>

Tema 13. Cartografía y Geografía. Relaciones mutuas. Funciones de la cartografía en los estudios geográficos: inventario, referenciación, explicación, correlación, experimentación, investigación, etc. Aplicación de la cartografía en la geografía física y humana.

13.1. Introducción

El tema trata de exponer de modo sistemático las relaciones entre estas dos ciencias, la cartografía y la geografía. Ambas comparten objetivos cercanos y, en cualquier caso, complementarios. La exposición se estructura en dos grandes epígrafes; en el primero se aborda el papel que la cartografía desempeña en los estudios geográficos y en el segundo las aplicaciones que los geógrafos suelen hacer del producto esencial de la cartografía: el mapa.

Las funciones de la cartografía en los estudios geográficos se analizan bajo un cuádruple punto de vista: en un primer apartado se estudia cómo la geografía tiene una fuerte impronta cartográfica hasta poderse decir de ella que es, en realidad, una “ciencia cartográfica”, dada su prioritaria perspectiva locacional; en un segundo epígrafe se aborda el carácter análogo que tienen los dos objetos de estudio esenciales de la cartografía y la geografía (el mapa y la realidad territorial, respectivamente) hasta provocar relaciones muy estrechas que hacen compartir métodos de análisis muy cercanos; en un tercer apartado se plantea cómo entiende el geógrafo el mapa y qué proceso sigue para su buen uso; por último, el mapa es contemplado como recurso multidisciplinar al que acceden otros científicos y técnicos de la gestión territorial.

Las aplicaciones de la cartografía a la geografía física y humana son, obviamente, muy extensas. La realización de mapas temáticos es habitual en los campos de la geomorfología, climatología, biogeografía e hidrografía en el ámbito físico y lo es también en las especialidades demográficas, rurales, urbanas, industriales y de servicios, campos cultivados por la geografía humana. En este segundo gran epígrafe que integra el tema se centra la atención en un producto que reúne en sí toda la gama de aplicaciones de la cartografía en los estudios geográficos: los atlas temáticos. En ellos aparece reunida toda la gama de aplicaciones en un mismo documento; por otro lado, se puede también ver la evolución que han experimentado estas aplicaciones desde opciones más clásicas a otras modernas y, más recientemente, a las actuales presentaciones que recogen nuevas preocupaciones temáticas, innovaciones de origen sintáctico y posibilidades técnicas recientes. Del mismo modo que en el primer epígrafe, también en este

segundo se cierra la exposición con una alusión a la interdisciplinariedad dado que la cartografía desempeña un papel muy importante en el ámbito de la gestión territorial.

13.2. Funciones de la cartografía en los estudios geográficos

13.2.1. La geografía: una ciencia cartográfica

La geografía tiene como propósito el estudio de la realidad territorial donde los complejos abiótico, biótico y antrópico han trabado fuertes lazos a lo largo del tiempo geológico e histórico. El paisaje resume de modo magistral esa trabazón a la que en su día aludió el profesor Terán: "Lo real en la superficie de la tierra no es la forma del relieve, las características climáticas que en ella actúan, su revestimiento vegetal y todo aquello que el afán y trabajo del hombre añade, lo real es su trabazón" (Terán, M. De, 1967).

Tres son las cuestiones clave que derivan de esa preocupación por el estudio del territorio y todos los fenómenos que sobre él se producen. En primer lugar una de carácter espacial, su localización; otra de carácter ecológico, las relaciones establecidas entre el componente inerte, vivo y humano; por último, una tercera de carácter temporal, la dinámica de los procesos que terminan por fortalecer, debilitar o cambiar los tipos de relaciones territoriales.

De entre los tres aspectos citados nos interesa fijarnos ahora de modo especial en el primero: la necesidad de localizar aquellos temas de interés geográfico en su posición territorial. Esta exigencia es connatural a la geografía, como muy bien sabemos; no hace falta recordar el amplio abanico de las definiciones tradicionales de esta ciencia, pues en cualquiera de ellas encontraremos siempre la localización como objetivo: "La geografía estudia los objetos y los fenómenos de la superficie terrestre en su localización y distribución espacial y en sus recíprocas conexiones y correlaciones" nos recordaba hace algún tiempo el profesor Floristán. Tampoco merece la pena glosar aquel principio de localización formulado en el tercer Congreso Internacional de Geografía celebrado en Venecia en 1881: "lo que distingue eminentemente a la geografía de sus ciencias auxiliares es que ella localiza los objetos, esto es, indica de modo positivo y constante la distribución de los seres orgánicos e inorgánicos sobre la superficie de la Tierra".

Así pues, queda clara la necesidad de localizar, que no viene solo exigida para poder responder a la pregunta "dónde", sino también para poder leer con inteligencia esa trama de complejidad que es el territorio. El conocimiento de la posición geográfica se vuelve esencial.

La cartografía enlaza con esta inquietud. Su propósito -elaborar mapas y procurar un buen uso- se alinea con el interés de la geografía por ubicar hechos y fenómenos. La cartografía implica la realización de procesos científicos, artísticos y técnicos muy complejos que se hacen necesarios para la ejecución de mapas. Bien sabemos que la elección temática, su conocimiento científico profundo, el rigor del proceso de generalización y abstracción, la simbolización y, en definitiva, el buen diseño exige un trabajo minucioso y de gran cuidado que en manera alguna puede reducirse a un mero procedimiento mecánico o técnico.

El mapa es una imagen pensada que soporta una fuerte carga reflexiva y es capaz de ser, en suma, un interlocutor válido entre el lector y la propia realidad. Al mismo tiempo, el mapa entrelaza fuertemente la geografía y la cartografía hasta el punto de hacerse solidarias sus definiciones. Información geográfica y cartográfica se equiparan hasta confundirse los conceptos de estos dos adjetivos.

No es, por tanto, una novedad para la geografía su perspectiva cartográfica. Más bien se instala en su tradición. El mapa siempre acompañó los estudios geográficos y las descripciones clásicas de territorios; se constituyó, desde el principio, en herramienta habitual.

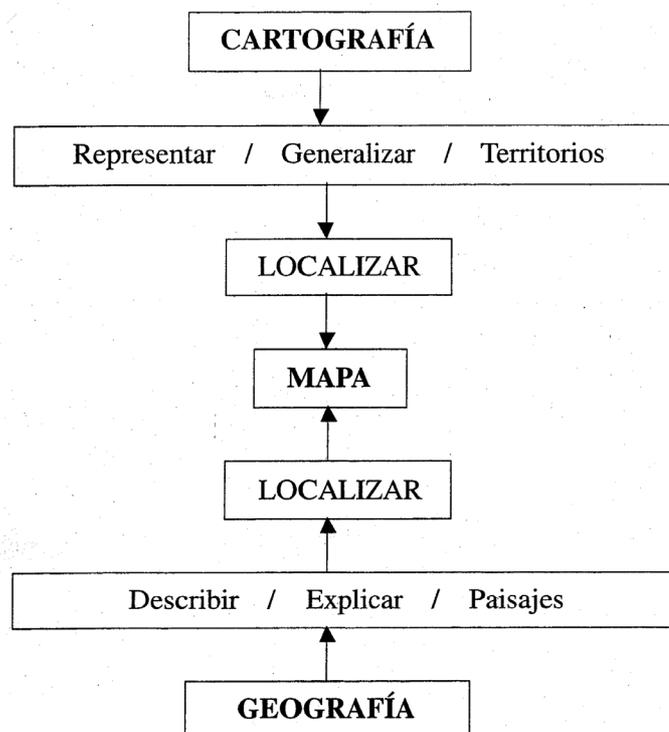


Figura 1.

Así pues, el mapa se convierte en meta común para cartógrafos y geógrafos. Los primeros generan las bases cartográficas con precisión matemática, representando las características esenciales del armazón territorial; se sirven para ello de las proyecciones cartográficas, los métodos de generalización, la simbolización y la proporcionalidad o escala. Los segundos aportan las notas temáticas específicas, que conforman la imagen paisajística del territorio, y los elementos necesarios para la comprensión o explicación de la misma. Ambos trabajan sobre un mismo territorio y ambos buscan un fin similar: localizar los fenómenos. El mapa es, en este sentido, el mejor de los recursos o medios para cumplir tal objetivo.

Territorio y mapa son, por lo tanto, dos elementos esenciales que comparten cartógrafos y geógrafos. El territorio contiene la propia realidad con toda su complejidad; el mapa es una representación de la misma. No obstante, ambos participan de características comunes; tanto el territorio como el mapa se constituyen ante el observador como imágenes vivas, instantáneas, diversas, reflexivas y abstractas. En suma, la cartografía y la geografía parten de un mismo objeto de estudio –el territorio–, se enfrentan a procesos de indagación muy cercanos, comparten similares recursos de expresión y, al final, procuran a los usuarios herramientas idóneas –los mapas básicos y temáticos– para el conocimiento territorial. Veamos a continuación aquellas características que pueden predicarse tanto del territorio como del mapa, aunque, obviamente, sean “realidades” distintas ante la mirada del usuario u observador.

13.2.2. Notas comunes a dos elementos convergentes: realidad territorial (geografía) y mapa (cartografía)

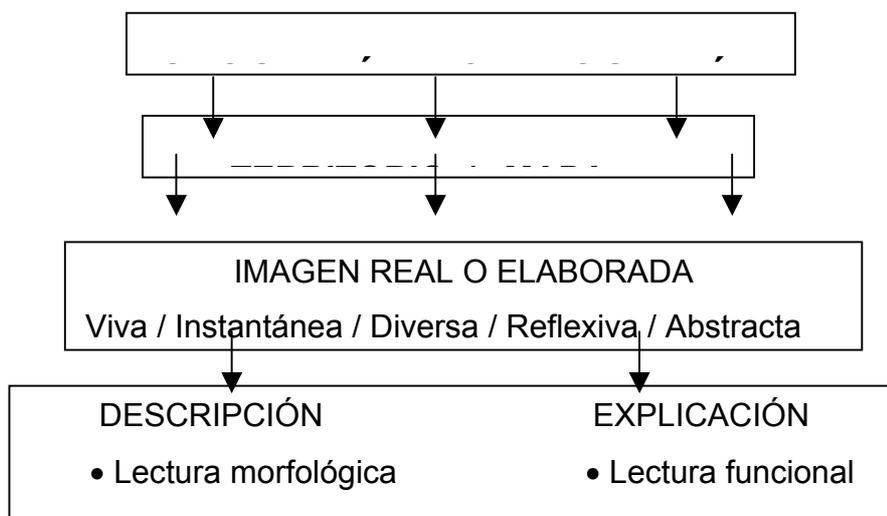


Figura 2.

En efecto, la primera conciencia que se tiene al contemplar el territorio es que está dotado de vida. El territorio es vida y, por consiguiente, está en permanente cambio; los factores y elementos que en él se concitan intercambian su energía y animan una dinámica constante que le permite ser un auténtico organismo (González Bernáldez, 1981). Ante el territorio, en manera alguna tenemos la sensación de tener ante nosotros una imagen estática, paralizada y de tipo museístico. A veces el cambio se vuelve evidente en un corto período (el cambio operado en un hayedo en la estación otoñal, la pujanza del cereal en primavera, la construcción de un polígono industrial o la consolidación de una conurbación turística), otras veces el paisaje aparenta una estabilidad mayor, sobre todo si lo contemplamos en sus líneas maestras (la permanencia de secanos y regadíos, bosques y matorrales y asentamientos históricos). En cualquier caso, la vida del territorio se percibe siempre con inmediatez, nunca deja de darse esa sensación veraz y acorde con la realidad.

De igual manera, el mapa siempre esconde movimiento. El usuario intuye un proceso de génesis de lo representado y contempla la imagen como formando parte de una sucesión temporal. En definitiva, territorio y mapa ofrecen imágenes vivas, reflejo del auténtico organismo que subyace en ambos.

Una segunda condición que siempre se cumple es la percepción instantánea. Los momentos son irrepetibles. Contemplamos el territorio en un instante determinado en el que la conjunción de factores lo hacen ser de un determinado modo. Acertó E. Matisse al definir sus cuadros como la plasmación en el lienzo de las características de un paisaje en un instante fulgurante que ya no se volverá repetir. Normalmente los mapas podríamos decir que eternizan un momento; fijaron la estructura temática o básica de un territorio y la estamparon sobre el papel o grabaron en las modernas bases digitales; necesariamente tiene que ser así al margen de las posibilidades de actualización y procesamiento interactivo.

La diversidad es condición inherente al territorio. En una percepción sinóptica nos llenamos de aquellos matices de heterogeneidad que lo caracterizan; lo que siempre buscamos con nuestra lectura inteligente es integrar esa diversidad, buscar en la diversidad los lazos de la coherencia. Más todavía, ante territorios aparentemente monótonos nuestra mirada no descansa hasta encontrar diferencias y contrastes aunque de escasa relevancia. Con la diversidad del territorio ocurre como con su vitalidad; aunque ésta en apariencia se esconda sabemos que ineludiblemente lo dota de la energía necesaria; la diversidad, en suma, siempre se dará, siendo necesario, a veces, ajustar la escala del análisis para su percepción.

El mapa, al ser “imagen elaborada”, permite conducir con eficacia la lectura contrastada que todo buen observador desea. En el mapa se pueden contrastar conscientemente determinadas facetas para su mejor claridad; las distribuciones de los recursos demográficos, por ejemplo, se pueden hacer mediante umbrales de cariz tenue o bien con agrupaciones de densidad más contrastadas. Es la voluntad del cartógrafo y geógrafo la que decidirá una opción determinada según objetivos de la representación cartográfica. En cualquier caso, resaltar la diversidad en la distribución territorial de un fenómeno siempre se contará entre los objetivos del ejecutor del mapa.

Una de las notas más incisivas de la percepción territorial es el horizonte de reflexión que suscita. La imagen del territorio necesariamente nos hace pensar; en manera alguna podemos quedar indiferentes; siempre hay un por qué que despierta en nosotros nuestra capacidad de indagar. Los geógrafos que siguieron tendencias perceptivistas llegaron a identificar el paisaje, auténtico dibujo del territorio, con la recreación que la mente humana hace de la imagen percibida. De alguna manera habrá tantos paisajes como mentes lectoras de la realidad; quizás esto pueda resultar exagerado y no acorde con la realidad, pero en la base lo que se encuentra es el gran poder evocador del territorio al que le corresponde la no menor capacidad reflexiva y de introspección de la inteligencia humana.

El mapa, si cabe, tiene incluso más fuerza reflexiva. Al tratarse de un documento que ha pasado por la selección de elementos a ser representados, tanto en la base como en la capa temática, por un exigente proceso de generalización y por la simbolización, reúne de por sí un importante bagaje reflexivo que facilita mucho el diálogo inteligente con su interlocutor. De alguna manera, queda facilitado al usuario el camino de la indagación puesto que su elaborador ya lo recorrió con anterioridad al aplicar los pasos propios al método científico: planteamiento de hipótesis; búsqueda, elección y verificación de la información; tratamiento adecuado de los datos y expresión visual de resultados en un marco teórico que haga factible el progreso del conocimiento científico.

Por último, la percepción del territorio tiende a elaborar imágenes abstractas. Lo sustancial del paisaje es retenido y estructurado en croquis abstractos que son más fácilmente memorizables. Esta es una condición necesaria para poder avanzar en el conocimiento del territorio; el diálogo interactivo entre las diferentes características de un territorio sólo es posible si contamos con imágenes abstractas de las mismas. Por eso, nuestra mente tiende necesariamente a buscar lo sustancial, entresacar lo fundamental y memorizarlo.

Los mapas pueden calificarse en sí de imágenes abstractas. Si el geógrafo lee el territorio con más rigor en la medida que genera croquis mentales con un elevado grado de abstracción, la ciencia cartográfica crea precisamente productos de fuerte simbolismo pero con un elevado grado de precisión espacial que les hacen muy superiores a los meros croquis. Geografía y cartografía encuentran en los mapas su nexo más idóneo que permite asentar sobre una base de gran exactitud locacional el trabajo propio a la indagación científica.

La constatación de esas cualidades que acabamos de describir en relación a la imagen real (territorio propiamente dicho) o elaborada (mapas) son las que sustentan los procesos de análisis descriptivos y funcionales de ambas realidades. En efecto, lo primero es describir la superficie del territorio para analizar sus componentes. La base natural (relieve, vegetación, cuerpos de agua, características edáficas), los asentamientos (hábitat rural y urbano, viviendas y anexos) y la ocupación del suelo (el *ager* y *saltus* de los clásicos, el parcelario y las comunicaciones) son los tres aspectos esenciales de los que se necesita conocer sus detalles (emplazamiento, forma, extensión, dominancias y proporciones, etc.). La descripción geográfica no es irreflexiva, sino inteligente y profunda; discierne detalles para encontrar su sentido. La descripción debe ser minuciosa, mas no debe perderse en un mar de matices sin sentido sino tener como objetivo su encuadre en marcos tipológicos con los que resulte más sencillo afrontar la explicación.

No recorreríamos un verdadero camino geográfico de no terminar en la explicación. Desde la perspectiva de la lectura del territorio hablar de explicación es hablar de funcionalidad. La trama de integración de los complejos abiótico, biótico y antrópico obedece a una finalidad; su dinámica y proceso de relaciones están en la base de la explicación. Esta fase corona el itinerario científico.

Ambas fases no tienen por qué ser sucesivas en el tiempo; pueden coexistir y beneficiarse mutuamente de los progresos que se den en cada una de ellas; si bien lo normal es que la descripción anteceda a la explicación. No obstante, también resulta muy operativo un camino de ida y vuelta entre la descripción morfológica y la explicación funcional que, al fin, es altamente beneficioso.

13.2.3. El mapa ante el geógrafo

Una vez descritas esas cualidades atribuibles tanto al territorio como al mapa y haber formulado el doble objetivo final del trabajo geográfico y cartográfico: la descripción y explicación funcional del territorio, conviene ahora fijar algunas claves esenciales del procedimiento de

lectura o explotación del mapa. Quizás sea ahí donde de modo más explícito se vea la estrecha relación entre geografía y cartografía.

En efecto, el mapa es auténtico interlocutor, él despierta el interés, informa y evoca, capacita para la formulación de hipótesis y ofrece informaciones básicas para la explicación y lectura inteligente de los hechos geográficos.

Aquí es donde radica uno de sus principales valores, que enlaza con la condición de "documento abierto": un mapa vale tanto por lo que dice y transmite, como por lo que sugiere. Cualquier aspecto de la realidad representada en un mapa quedará siempre en el marco de la relación geográfica. La aridez, pongamos por caso, nos abre la inteligencia hacia el conocimiento de otros fenómenos, tanto de orden físico (su origen, la intensidad y duración), como bióticos (series de vegetación, fauna) y antrópicos (cultivos, asentamientos, etc.). El conocimiento de la realidad es inagotable; por eso, un buen mapa que transmite información de una parte de esa realidad, se vuelve sugerente y abre el horizonte de nuevas hipótesis para conocer mejor aquello que quizás, de antemano, ya sabemos que no terminaremos de conocer nunca.

La percepción a través de la imagen cartográfica de una o varias características de un territorio contribuye, en definitiva, a conocer cómo es ese territorio; el mensaje cartográfico puede, en ese sentido, catalogarse de descriptivo, aunque también responde a los por qué. Se entenderá así que determinadas especies vegetales viven en ámbitos donde la aridez es acusada o que la ausencia de cítricos, por ejemplo, se debe al comportamiento térmico extremadamente frío. Un buen mapa es aquel que explica, es decir, ofrece información que la mente pone en relación inteligente con otros datos.

Veamos a continuación qué pasos suelen darse por parte del usuario para leer con inteligencia el mapa.

Lo primero que conviene recordar es que el diálogo que se va a abrir es entre el usuario y una imagen. Ello implica que hacia ella la mente del usuario se acerca necesariamente por una triple vía: racional, subconsciente e inconsciente. Esta es una cuestión que los cartógrafos tienen muy en cuenta a la hora del diseño cartográfico. En efecto, puede que la primera relación entre el mapa y el lector no sea precisamente la racional; se produce una aceptación o rechazo de la imagen cuya explicación estriba en buena medida en las cualidades estéticas de ésta; por eso, el buen diseño debe cuidarse al máximo hasta el punto de volver atractiva la imagen cartográfica. Una segunda cuestión, está a nivel subconsciente, se refiere a que el mapa para su fácil lectura debe tener en cuenta hábitos, tendencias y convenciones; la utilización del color-tonos fríos o

cálidos-, el empleo del valor o la dimensión de modo correcto facilita que nuestra mente enlace con mayor facilidad con los contenidos. Por último, el meollo del diálogo cartográfico se establece a nivel racional, entrando en juego entonces un proceso progresivo que nosotros hemos seccionado en tres niveles y que pasamos a comentar a continuación.

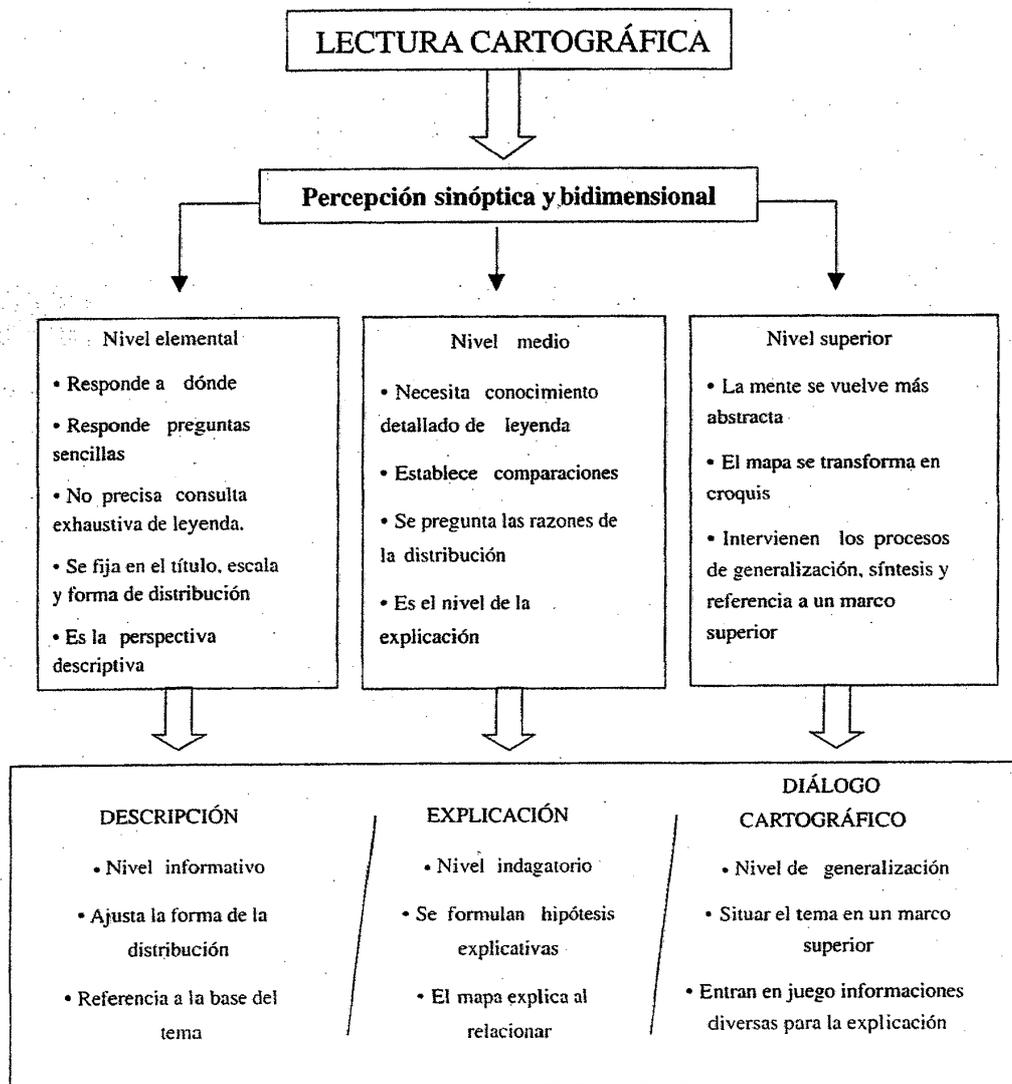


Figura 3.

Como indica el ideograma, la primera cuestión a tener en cuenta es que nos enfrentamos a una lectura sinóptica. Percibimos de golpe toda la información, tenemos una visión panorámica y bidimensional al contrario que en la lectura literaria en la que la forma de adquirir información es lineal y sucesiva. Esta primera impresión global no impide que nuestra mente secuencie un tiempo de asimilación, segmentando en niveles progresivos la lectura de contenidos.

En efecto, en un primer nivel el hecho más sobresaliente de la percepción es la forma de distribución del tema tratado en el mapa. De alguna manera nuestra mente queda embarcada en dar respuesta a una pregunta clave de la lectura cartográfica: dónde. No requiere ello estudiar exhaustivamente la leyenda, ni detenerse en los matices que pueda diferenciar; es el nivel descriptivo de matiz locacional. Para ello buscará las referencias precisas de la base y se detendrá en describir formas, dominancias y proporciones; se fijará en los estilos de distribución (equilibrados, polarizados, fuertemente contrastados, etc.) y tendrá esa primera conciencia de haber percibido la información en su componente espacial.

El nivel medio de lectura cartográfica es el propiamente racional. En él se hace intervenir la capacidad indagadora de nuestra mente, suscitando preguntas y aceptando respuestas a lo largo del proceso. Para ello se precisa descifrar con el máximo detalle la leyenda del mapa que, como antes ya dijimos, constituye la herramienta lógica que ampara al mapa. Estamos a la búsqueda de razones y factores de la distribución antes descrita. Hemos entrado, de hecho, en el nivel explicativo. La indagación nos llevará a consultar otras fuentes, buscar informaciones complementarias, a relacionar, en suma, el contenido específico del mapa con todo el abanico posible de la explicación. Al final, se podrá formular alguna hipótesis explicativa que satisfaga nuestra inquietud.

Por último, la lectura de un mapa concreto no se puede quedar en la apreciación local, comarcal, regional o nacional del tema tratado. Necesitamos generalizar nuestras conclusiones y enmarcarlas en un ámbito de globalidad. Es entonces cuando la mente se vuelve más abstracta, el mapa se transforma en croquis, lo particular pierde su definición y la memorización de lo fundamental sustituye a la lectura del detalle. De esta manera, el proceso enlaza con nuevas lecturas científicas de otros mapas; el recuerdo de las líneas maestras del mapa analizado se vuelven argumento para sucesivas lecturas. Es ahora, en suma, cuando se aprecian las buenas cualidades de un mapa que hacen posible la fácil memorización.

Este itinerario que acabamos de describir en sus líneas maestras adopta perfiles particulares en cada caso. El mapa protagoniza un proceso docente hasta convertirse en un elemento clave del aprendizaje de la geografía.

13.2.4. El mapa: recurso interdisciplinar

Más allá de la estrecha relación entre la cartografía y la geografía que, como hemos visto, se concreta en el mapa, este se ha convertido, de hecho, en un recurso transversal del que participan numerosas ciencias y al que acceden técnicos de la gestión territorial. El mapa

concita hoy una variada multidisciplinariedad a su alrededor. Desde el ámbito científico, biólogos, ecólogos, ambientólogos, economistas y sociólogos, aparte de los geólogos que ya tenían una larga tradición cartográfica, también se acercan al mapa con el doble objetivo de realizar en él una lectura territorial de sus intereses concretos y expresar por su mediación resultados novedosos en su quehacer científico. A este grupo hay que añadir los técnicos, notablemente los ingenieros y arquitectos, y gestores territoriales que en sus programas de planificación utilizan de modo habitual los mapas.

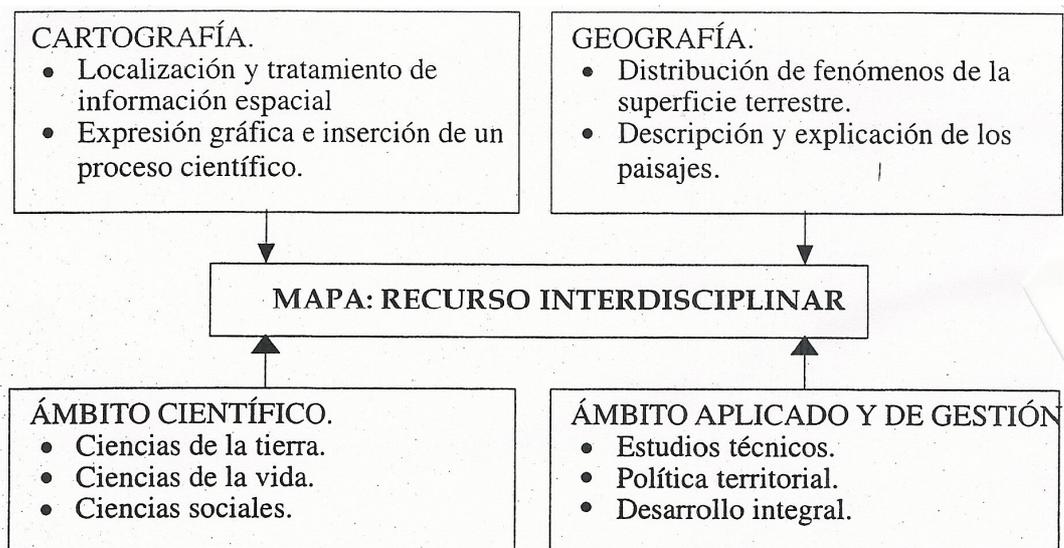


Figura 4.

13.3. Aplicación de la cartografía a la geografía física y humana

La geografía posee la doble condición de disciplina académica y ciencia aplicada. La primera de las facetas alude a su carácter docente e investigador; en las universidades y centros de investigación se cultiva como herramienta formativa (faceta docente) y exploratoria (faceta indagadora) del conocimiento del territorio en un marco multidisciplinar. En segundo lugar, la geografía como ciencia aplicada participa de todos aquellos objetivos de la planificación espacial: análisis, diagnóstico y pronóstico de desarrollos territoriales.

Son numerosísimas, por tanto, las aplicaciones cartográficas que desarrolla la geografía. En el ámbito físico aborda problemas específicos de algún elemento como el clima, la geomorfología, la biogeografía, la hidrografía, como también de orden más integrado (paisaje, problemas medioambientales, etc.). En el ámbito de la geografía humana la diversidad de aplicaciones cartográficas también es muy notable: población, agricultura, industria, turismo, ciudades, etc.

Sería muy prolija la enumeración de aplicaciones cartográficas que los temas que acabamos de citar han recibido. Es preferible centrar en un documento de universal conocimiento –los atlas temáticos-, la ejemplificación de esas aplicaciones y, por otro lado, aludir al sentido operativo y pragmático de estas obras como de cualquier producto cartográfico.

13.3.1. Los atlas temáticos

La geografía siempre contempló en los atlas temáticos su obra más emblemática pues reunía en ellos toda la variada tipología de mapas alusivos al medio físico y humano de un territorio. A lo largo de los últimos cien años, la concepción y desarrollo de este tipo de obras ha experimentado una notable evolución, pudiéndose apreciar tres grandes etapas con unos objetivos particulares en cada una de ellas.

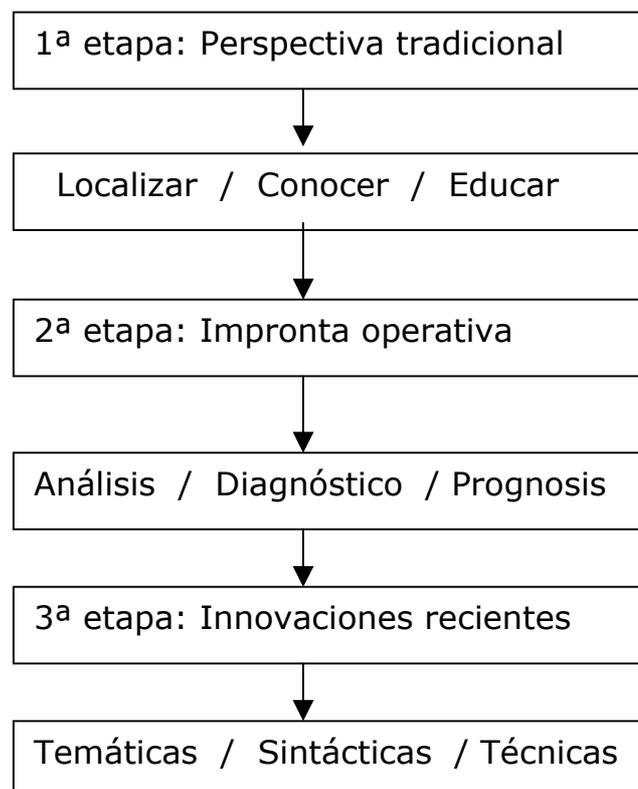


Figura 5.

Cada una de las etapas señaladas asume los objetivos anteriores e incorpora otros nuevos como consecuencia de los nuevos intereses sociales y científicos que le son encomendados a la geografía y de las posibilidades técnicas a su alcance.

La perspectiva tradicional

Konstantin Salitchev señaló con acierto: “Un atlas no es una colección de mapas unidos mecánicamente, sino que integra una serie de mapas relacionados orgánicamente entre sí, y que se complementan unos a otros en un sistema condicionado por la finalidad del atlas y las particularidades de su uso”. El prestigioso cartógrafo dejaba la puerta abierta a la innovación por lo que se refiere al uso y finalidad de los atlas e imprimía un sello de perennidad a la coherencia e integración que debe presidir este tipo de obras tan complejas.

En efecto, un somero análisis de los primeros atlas regionales y nacionales permite reafirmar hoy que siempre fue preocupación de sus autores la presentación hilvanada, correlacionada y con sentido de globalidad del conjunto de mapas que integran un atlas. En esta etapa, los objetivos de localización, conocimiento y aprendizaje son explícitos. Un atlas sitúa los fenómenos, ofrece una perspectiva espacial, localizada, de las características físicas y humanas de un territorio y procura con ello contribuir a que escolares y público en general tengan una información necesaria para el buen conocimiento de regiones y países. Los atlas desempeñaron un papel esencial en el proceso de enseñanza-aprendizaje en los distintos niveles educativos.

La impronta operativa

En los años posteriores a la segunda guerra mundial surge un nuevo interés por parte de los geógrafos. El movimiento rector postbélico en Europa y el protagonismo de la planificación espacial en las políticas diseñadas por los gobiernos llevan a que los atlas temáticos tomen un cariz operativo, convirtiéndose la cartografía temática en auténtica herramienta de apoyo a la decisión.

Como ejemplo representativo basta releer el panel de intenciones que animaron a los autores de los diferentes atlas regionales de Francia en la década de los sesenta y primeros años del séptimo decenio: “Es necesario tener conciencia de las propias potencialidades; ésta es la razón por la que el Atlas de Languedoc-Roussillon se ha realizado, ¿cuál es el alcance de las transformaciones?, ¿subsisten errores del pasado?, ¿cuáles son las fuerzas profundas de la región?, ¿de dónde parten los gérmenes del desarrollo?, ¿cuál es el significado exacto de los desequilibrios internos?, ¿cómo es el tejido espacial regional?, ¿cuál es el lugar que ocupa la región dentro de Francia y Europa? A todas estas cuestiones, y a otras muchas, se ha tratado de responder desde la preocupación por analizar científicamente y localizar con precisión los fenómenos”. El atlas permite, por otra parte, “un examen de conjunto, un balance general de las estructuras profundas de Languedoc-Roussillon. Quiere ayudar a la toma de conciencia de las posibilidades de la región y ser el punto de partida de todas las planificaciones futuras: creación

de zonas de renovación rural, localización de inversiones para mejora estructural, ordenamiento de zonas de recreo, crecimiento urbano, etc.” (Atlas du Languedoc-Roussillon, 1969).

“Para organizar, industrializar, rellenar las lagunas de equipamiento, ayudar a crear empleo e implantar nuevas industrias, asegurar la salida de los productos agrícolas, facilitar la expansión urbana, es necesario tener una visión global de los hombres y las cosas, y un conocimiento minucioso a nivel del asentamiento, la ciudad y el pueblo. Sólo un Atlas Regional puede aportar una visión clara del espacio y su contenido” (Atlas Regional des Pays de la Loire, 1973).

En esa misma línea se manifestaban las intenciones de algunos atlas nacionales publicados en esas mismas fechas:

“El Atlas Nacional de los Estados Unidos de América fue diseñado para ser un instrumento que ayude a los gestores de la administración del Estado y del mundo empresarial, planificadores, investigadores y público en general que necesite visualizar los modelos de distribución espacial y el conjunto de relaciones existentes entre el marco natural y las actividades humanas” (Atlas Nacional de los Estados Unidos de América, 1970). “El Atlas Nacional de Cuba es una obra cartográfica compleja, de carácter científico: expresión visual sintética de la sistematización de múltiples informaciones científicas sobre la naturaleza, la población, la economía, la cultura y la historia del país... Su publicación podrá servir eficazmente, en el orden práctico, a los organismos estatales para la preparación de sus planes y proyectos, para la distribución racional de los esfuerzos productivos y para satisfacer otras muchas necesidades... En resumen, se da a conocer el país, en sus elementos y datos esenciales, del modo más cartográfico posible; lo cual, sin duda, es una contribución efectiva a la planificación correcta de su desarrollo en todos los órdenes” (Atlas Nacional de Cuba, 1970).

Los atlas estaban concebidos, en suma, como herramientas de planificación territorial. Era el momento del gran despegue económico. Convenía conocer, como dijera J. Beaujeu-Garnier, las “fuerzas y debilidades” de la región para aprovechar su potencialidad; crecer económicamente era el objetivo y para ello un atlas se revelaba un útil esencial. En él se ponía de manifiesto, mediante los mapas, el mejor diagnóstico territorial a partir del cual la decisión política podía operar con mayor conocimiento de causa.

Innovaciones recientes

Un cuarto de siglo después, con el comienzo de la década de los años ochenta, los objetivos reseñados siguen vigentes, si bien se les unen otros como consecuencia de nuevas temáticas a tratar.

En el caso de España podemos fijarnos en un ejemplo concreto: El Atlas Nacional de España (1991). Se define como una obra compleja y amplia: “toda la realidad geográfica, social, económica y política de España expresada cartográficamente”. El atlas pretende, por lo tanto, recoger en sus mapas las múltiples facetas que conforman esa rica realidad, y todo ello para satisfacer una serie de fines: “Desde la docencia, a todos los niveles, hasta la investigación; en la planificación técnica y socioeconómica y en la estadística nacional; en el mercado, en la gestión y en el conocimiento, al fin, de nuestro territorio y de nuestra sociedad”.

En estos mismos años, se hace patente la preocupación por nuevos temas o contenidos, que se añaden a los tradicionales. Resulta muy significativo que uno de los primeros fascículos del Atlas Nacional de España, fuera el dedicado a Problemas Medioambientales (1991). Los autores, después de hacer una relación de los temas concernientes al medio ambiente -vigilancia atmosférica, gestión del agua, control y gestión de residuos, protección de la cubierta vegetal, conservación de la naturaleza, mejora del medio ambiente urbano- conciben el Atlas como “un documento didáctico y científico al mismo tiempo para el compromiso con el entorno”. En el caso de España los problemas más básicos se resumen en dos: “los de contaminación y los de degradación del medio. Los segundos comprenden lo que se empieza a llamar dimensión mediterránea, y engloban los inherentes a la pérdida de recursos naturales a causa de las características climáticas y edafológicas de España”. Ello determina una estructuración temática con arreglo a dos grandes bloques, el primero dedicado a los efectos negativos sobre suelo, atmósfera y agua y el segundo a la prevención y defensa.

El tema del paisaje en el Atlas Nacional de España aparece reflejado en el grupo Imagen y Paisaje (1991) y en la monografía del mismo nombre que aparece unos años después. Dos son las notas que merece la pena comentar como hechos novedosos en el tratamiento cartográfico del paisaje. En primer lugar, la utilización de nuevas fuentes de información y su empleo sinóptico en las páginas del atlas: imágenes satélite, mapas de ocupación del suelo, referencias cartográficas básicas y mapas geológicos. Con esos cuatro recursos se ofrece información simultánea de aquellas zonas elegidas como representativas de la diversidad morfológica del paisaje en España. En segundo lugar, se considera la escala temporal como elemento expresivo de la dinámica del paisaje; ciudades, zonas rurales, grandes infraestructuras civiles y espacios turísticos son los cuatro grandes temas analizados mediante la presentación contrastada de

mapas u otro tipo de imágenes de una misma zona correspondientes a dos momentos con una separación temporal significativa. Resulta altamente expresivo su estudio comparado.

En el nuevo Atlas Nacional de Cuba (1989) se dedican sendos capítulos al paisaje y medio ambiente, respectivamente. En el capítulo del paisaje se hace una exhaustiva presentación de los fundamentos científicos que soportan la serie de mapas integrados en este apartado:

“Los paisajes son sistemas territoriales que se encuentran en un estado de equilibrio dinámico. Se caracterizan por tener un determinado comportamiento como medio de vida y de satisfacción de las necesidades culturales y estéticas del hombre, como portador de recursos naturales y como un espacio para las actividades económicas de la sociedad. El enfoque paisajístico permite dar una idea integradora y sintética de la naturaleza, abarca la determinación de sus propiedades y funcionamiento, el análisis de las condiciones de migración y acumulación de las sustancias químicas y el estudio histórico de la modificación antrópica. Todo ello determina que los paisajes sirvan como elemento de base para evaluar las condiciones, potencialidades y recursos naturales, así como en trabajos de optimización y protección del medio ambiente”.

Como consecuencia de ese propósito se establece una secuencia cartográfica en la que se parte de la regionalización físicogeográfica como expresión de la incidencia de una serie de factores físicos en la región; la dinámica del paisaje, expresada por el cambio energético, aparece en segundo lugar; continúa con la presentación de los cambios acaecidos sobre aquel soporte fisiográfico por la actuación del hombre hasta conformar unos paisajes con diferente grado de modificación antrópica; y termina con la consideración de los problemas que derivan de la impronta humana y las medidas para recuperar y mejorar las condiciones del paisaje.

Al tema del medio ambiente en el Nuevo Atlas Nacional de Cuba (1989) se le dedica un espacio relevante. Un texto sucinto resume la concepción teórica y justifica la elección temática de los mapas representados: “se concibe el medio ambiente como un sistema abierto de formación histórica, conformado como producto de relaciones internas dentro de la sociedad y la naturaleza, e integrado por elementos bióticos, abióticos y socioeconómicos con los que el hombre, en su actividad, entra en contacto, modifica y utiliza para la satisfacción de sus necesidades y a los que el mismo se adapta”.

En la secuencia cartográfica del capítulo se parte de la presentación de los geosistemas como “unidades espacio-temporales que constituyen tipos estables de medio ambiente”. La actividad humana (agraria, industrial, urbana, recreativa, etc.) puede perturbar la estabilidad de esos geosistemas, desencadenando procesos de estrés más o menos acusados; en sucesivos mapas se

analiza el impacto sobre las aguas, los suelos, el bosque, la atmósfera. La actuación correctora o previsoras puede amortiguar impactos e incluso evitar daños; la delimitación de áreas de interés para la protección de la naturaleza con sus biocentros respectivos y la salvaguarda de bienes patrimoniales cierran un capítulo que veinte años antes, en la primera edición del Atlas Nacional de Cuba (1970), no había sido considerado.

En los últimos años, han aparecido nuevos atlas, muy específicos, que centran su atención en temas de notables interés social, institucional y operativo. Entre los muchos ejemplos que pueden citarse cabe referirse al turismo en espacios rurales y naturales. Castilla-La Mancha (2004), la Sierra Norte de Guadalajara (2007) y España (2008) en su conjunto han sido objeto de respectivos atlas que abordan este tema.

La complejidad temática del turismo hace necesaria la vía de aproximación progresiva para su conocimiento y expresión. La realidad ensambla indisolublemente los recursos, potenciales y activados, de uso turístico; el tejido social y económico, a su vez, dibuja una trama muy diversa; el turismo y la recreación en espacios rurales y naturales se vislumbra como una función cada vez más importante en comarcas deprimidas; la exigible sostenibilidad imprime un carácter particular al turismo rural y de naturaleza; la sociedad, en suma, solicita espacios de recreación y descanso en ámbitos de calidad, alejados de la masificación de las grandes aglomeraciones urbanas y de otros tipos de turismo como el de sol y playa. Todo ello hace que las facetas a tener en cuenta para representar, a través de mapas y otros recursos de imagen, el turismo sean múltiples.

Por otro lado, en el caso de España, debe tenerse en cuenta su organización político-administrativa. Las Comunidades Autónomas detentan competencias legislativas y reguladoras de la función turística en sus territorios, estableciendo, por ejemplo, figuras legales específicas para servicios de alojamiento o promoviendo políticas de promoción turística propias. Ello explica que el volumen que el Atlas Nacional de España ha dedicado al turismo en ámbitos rurales y naturales se hayan diferenciado dos grandes apartados: en el primero, se abordan los aspectos generales de España y en el segundo se presentan las Comunidades Autónomas. Esta diferenciación en el tratamiento temático ha sido necesaria para entender mejor el fenómeno turístico en espacios rurales y naturales que tiene ya una sólida presencia en nuestro país.

Así pues, como consecuencia de esa doble consideración –la complejidad de la función turística y su cristalización en un marco político-administrativo singular como el español-, se ha dispuesto para la monografía del turismo en espacios rurales y naturales del Atlas Nacional de España (2008) una estructura temática como sigue:

En la parte que afecta al conjunto de España, se diferencian tres grandes capítulos: los recursos turísticos, los servicios y actividades turísticas y la consideración del turismo como un elemento importante en las políticas de desarrollo rural. Se trata de presentar, a una escala 1:3.000.000, una primera perspectiva global de los espacios rurales y naturales de España como soporte de la actividad turística. En ella aparecen cartografiados, analíticamente, todos aquellos aspectos de interés, sucediéndose, de manera lógica, los recursos naturales, paisajísticos y culturales como patrimonio utilizable por parte de la población turística. Muy diversa es la gama de características que integran el apartado dedicado a los servicios y actividades turísticas: alojamientos, turismo activo, oficinas de información, áreas recreativas, grandes recorridos y vías verdes, servicios educativos, deportes, etc. Por último, la promoción del turismo desde las instituciones europeas, nacionales y autonómicas ha tenido una fuerte incidencia en amplios territorios rurales; los programas LEADER y PRODER y los planes de dinamización turística destacan, entre otros, por su repercusión positiva, presentándose, al respecto, ejemplos de desarrollos turísticos de reconocido prestigio.

El atlas toma una perspectiva regional en el capítulo dedicado a las Comunidades Autónomas. Ello permite trabajar a una escala mayor (1:1.000.000) y, lógicamente, hacer un reconocimiento territorial de mayor detalle. Los recursos turísticos de cada Comunidad Autónoma son cartografiados en cuatro mapas: en los dos primeros aparecen los espacios naturales protegidos y los hitos de interés paisajístico; en los dos siguientes lo hacen los recursos culturales. Una vez más, se trata de una presentación analítica que, en este caso, irá seguida de un mapa de itinerarios; estos son la expresión más integradora del recurso cultural y natural, pues son propuestas que pretenden aunar naturaleza y cultura al hilo de un recorrido, como de hecho se dan en el territorio.

13.3.2. La toma de decisiones: un tema multidisciplinar con fuerte apoyo cartográfico

Los atlas temáticos son un producto eminentemente académico, como acabamos de ver, aunque con una fuerte impronta operativa. Sin embargo, la tarea de la gestión territorial se ha contemplado, en no pocas ocasiones como separada de la investigación básica o científica. Esta perspectiva ha dejado de tener vigencia y hoy son mucho más estrechas las relaciones entre los Centros de Investigación Científica y las Universidades y los órganos de gestión y planificación territorial. La multidisciplinariedad no sólo hace referencia a que diversos científicos se acerquen a un determinado problema para dictaminarlo con la complementariedad debida, sino a que instituciones de neto cariz aplicado hagan intervenir simultáneamente a equipos de investigación radicados en las Universidades, Institutos y Centros de Investigación.

- *La toma de decisiones: una tarea multidisciplinar y de fuerte base social.*
- *Los mapas básicos y temáticos: necesidad de una información geográfica plenamente operativa.*
- *La cartografía de diagnóstico es un paso anterior y necesario a la toma de decisiones.*
- *La cartografía de simulación de escenarios puede servir para ponderar el juicio en la toma de decisiones.*

Figura 6.

Más aún, las modernas políticas de desarrollo y planificación han dejado como obsoletos los denominados “métodos desde arriba”; en la actualidad la participación social se instaure desde el principio en todo el proceso de generación de medidas concretas de aplicación territorial, haciendo del “aprendizaje social” un recurso imprescindible en el desarrollo territorial.

La tarea del desarrollo, multidisciplinar y de fuerte base social, se ve acompañado por el constante manejo de información geográfica, es decir, de mapas. Normalmente, son exigidos tres tipos de productos cartográficos: informaciones básicas y temáticas específicas, mapas de diagnóstico y simulaciones de escenarios hipotéticos.

Los primeros, en formato digital o analógico, constituyen el punto de partida. La cartografía básica nos ofrece el mejor soporte para la referencia espacial, siendo las escalas de trabajo diferentes a tenor de los objetivos (por debajo de la escala 1:50.000 los estudios tienen un detalle suficiente como para afrontar problemas locales; entre la anterior escala y 1:200.000 la perspectiva se vuelve comarcal o regional, y por encima de ésta última la percepción es muy global). La cartografía temática ostenta mayor o menor riqueza según el grado de conocimiento científico que se posea sobre un determinado territorio; las escalas de trabajo pueden ser muy dispares, procediéndose a las generalizaciones oportunas según objetivos. Normalmente podrán existir desequilibrios entre la mayor abundancia de mapas temáticos en algunos segmentos científicos y otros que, por diversas razones, han sido menos tratados; es notable, a este respecto, la excelente base de datos cartográficos que en España existe sobre aspectos ambientales -geología, clases agrológicas, ocupación del suelo, agroclimatología, etc.-, estando, a la vez, más dispersa y con falta de coherencia la información cartográfica referida a temas sociales y económicos.

En cualquier caso, la gestión territorial precisa de estas bases cartográficas para poder avanzar en su trabajo. Los proyectos de desarrollo no son, propiamente, proyectos de investigación; aquéllos se vuelven inminentes en los plazos de ejecución y para que esto se pueda cumplir exigen una información geográfica/cartográfica plenamente operativa. Esta es otra manera de contemplar la interdisciplinariedad que compromete la investigación básica y aplicada al mismo tiempo.

La cartografía de diagnóstico y simulación es pieza clave en la planificación territorial. El tratamiento de las bases a las que anteriormente nos referimos junto a la captura de información nueva y específica del problema suelen concluir en un diagnóstico del espacio estudiado. Llegar a un reconocimiento de la situación con puntos fuertes y débiles, amenazas y oportunidades en relación al tema tratado constituye un paso necesario y anterior, junto a otros eslabones, a la toma de decisiones. En nuestro caso, este diagnóstico debe estar apoyado en la cartografía.

Bibliografía

- [1] Barrerre, P. Le document géographique, Masson et Cie, Paris. 1972
- [2] Beaujeau-Garnier, J. Atlas de la France du Nord. Institut de Géographie de l'Université de Lille, 1996
- [3] Bertin, J. Semiologie graphique, Mouton Gautier-Villars, Paris. 1967
- [4] Bertin, J. La gráfica y el tratamiento gráfico de la información. Madrid, Taurus Ediciones. Colección «Noesis de Comunicación». 1988. 310 p.
- [5] Bonin, S. Initiation a la graphique. Paris, Epi Editeurs. 1975. 176 p.
- [6] Brunet, R. Le croquis de Géographie regionale et économique, S.E.D.E.S., Paris. 1962
- [7] Brunet, R. La carte. mode d 'emploi. Paris, Fayard. 1975
- [8] Claval, P. La cartographie thématique comme méthode de recherche. Cahiers de géographie de Besaçon, núm. 18, Besaçon. 1969
- [9] Cuenin, R. La cartographie Générale. Notions générales et principes d 'élaborations, t. 1, Eyrolles, Paris. 1972. 324 p
- [10] Department of Interior of the United Sates of America. Geological Survey. The National Atlas of the United States of America. Washington D.C. 1970
- [11] Dugrand, R. Atlas du Languedoc-Rousillon. Faculté des Lettres et Sciences Humaines de Montpellier. 1960
- [12] Estébanez, J. Y Pujol, R.. El Mapa Topográfico Nacional, Ed. Tébar. 1976
- [13] Gladstone Oliva. Coordinador. Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Academia de Ciencias de Cuba. 1989

- [14] Instituto Geográfico Nacional. Atlas Nacional de España. 1991
- [15] Joly, F. La Cartografía. Barcelona, Ariel. 1982
- [16] Núñez Jiménez, A. y otros. Atlas Nacional de Cuba. Academia de Ciencias de Cuba. 1970
- [17] Rimbart, S. Leçons de cartographie thématique, S.E.D.E.S., Paris. 1968
- [18] Robinson, A. H. Elementos de Cartografía, Omega, Barcelona. 1987
- [19] Sancho, J. Gran Atlas de Navarra. En colaboración con A. Floristán y otros. Caja de Ahorros de Navarra, Vol. 1, Pamplona. 1986
- [20] Sancho, J. Información geográfica y representación cartográfica. Capítulo del libro «Geografía General». Ed. Taurus. Madrid. 1993. p. 24-74
- [21] Sancho, J. El mapa como recurso didáctico en la enseñanza y aprendizaje de la geografía. Revista Didáctica Geográfica, Asociación de Geógrafos españoles. 1996. p. 15-20
- [22] Sancho, J. et al. Atlas temáticos: entre la difusión científica y cultural y el apoyo a la gestión territorial. Jornadas Técnicas sobre topografía, cartografía, fotogrametría, geodesia y teledetección, Universidad de Alcalá, Guadalajara. 2001. p. 239-268
- [23] Sancho, J. (Direc. y edit.). Imagen y paisaje. Atlas Nacional de España Reducido, Instituto Geográfico Nacional. 2003. 230 p
- [24] Sancho, J. (Direc. y Edit.). Atlas de Turismo Rural de Castilla-La Mancha. MCYT, CNIG, Universidad de Alcalá, Universidad de Castilla-La Mancha, Junta Comunidades de Castilla-La Mancha. 2004. 344p
- [25] Sancho, J. y Reinoso, D. Atlas del Turismo Rural de la Sierra Norte de Guadalajara. ADEL-Sierra Norte. 2006. 190p
- [26] Sancho, J. y Vera, F. (Dir. y Edit.) Atlas del Turismo en Espacios Rurales y Naturales de España. Instituto Geográfico Nacional. 2008. 360p
- [27] Steinberg, J. La carte topographique: principes d 'elaboration et modes d 'utilisation. Paris, C.D.U. et SEDES. 1982. 200 p
- [28] Vázquez Maure, F. Lectura de mapas, Instituto Geográfico Nacional. 1986. 382 p
- [29] Vigarié, A. Atlas Regional des Pays de la Loire. Editions Technip, Paris. 1973

Tema 14. Institucionalización en cartografía y geografía. Principales organizaciones públicas productoras de información geográfica en España y en el extranjero: adscripción, funciones, principales productos y sus características más importantes. Otras organizaciones de ámbito internacional y español. La enseñanza de los estudios geográficos y cartográficos en España: estado actual y tendencias.

14.1. Principales organizaciones públicas productoras de información geográfica en España y en el extranjero: adscripción, funciones, principales productos y sus características más importantes

Al hablar de entidades oficiales españolas productoras de información geográfica, y de una manera genérica, podemos considerar dentro de la Administración española tres categorías principales: Administración General del Estado, Administración autonómica y Administración local. Existen otro tipo de figuras paraestatales, con parte de capital público y privado, que también generan información geográfica pero que, por poseer cualidades propias específicas, no se van a tener en consideración. De igual forma, tampoco se desarrollarán los organismos pertenecientes a la Administración de ámbito inferior al autonómico (ayuntamientos, Diputaciones provinciales, mancomunidades, etc.) porque, aunque en ocasiones produzcan cartografía diversa (mapas de carreteras, planos de población, etc.) quedan fuera del objeto de este tema.

ADMINISTRACIÓN GENERAL DEL ESTADO

Instituto Geográfico Nacional y Centro Nacional de Información Geográfica

El Instituto Geográfico Nacional (IGN) fue creado en 1870. Sus misiones consistían en realizar los trabajos relativos a la determinación de las dimensiones y forma de la Tierra, triangulaciones geodésicas de diversos órdenes, nivelaciones de precisión, triangulación topográfica, topografía del mapa y del catastro, así como las cuestiones relativas a pesos y medidas.

En 2004, el Real Decreto 562/2004, del Ministerio de Administraciones Públicas, establece la vigente organización y distribución de funciones de esta Dirección General, adscrita a la Subsecretaría del Ministerio de Fomento.

En la actualidad, el IGN tiene encomendadas las siguientes funciones:

- a) La observación de aquellos objetos celestes detectables mediante el instrumental disponible, desarrollándolo tecnológicamente, así como la participación en proyectos astronómicos nacionales e internacionales y la realización de trabajos de investigación sobre las estructuras planetarias, estelares y galácticas y el desarrollo de aplicaciones de interferometría de muy larga base.

- b) La observación, cálculo y mantenimiento de las redes geodésicas nacionales, tanto de primer orden como de orden inferior, de la red de nivelación de alta precisión y de la red de mareógrafos, así como el mantenimiento y desarrollo de sistemas de navegación de referencia geodésica, y el desarrollo de aplicaciones de posicionamiento global por satélite e interferometría y sus aplicaciones geodinámicas.

- c) La observación, detección y comunicación de los movimientos sísmicos ocurridos en territorio nacional y áreas adyacentes, así como el estudio e investigación en sismicidad y la coordinación de la normativa sismorresistente. Igualmente, la observación, vigilancia y comunicación de la actividad volcánica en el territorio nacional y determinación de los riesgos asociados.

- d) El desarrollo y aplicación de la investigación en geofísica y observación, control y estudio de las variaciones del campo magnético terrestre, elaboración de la cartografía magnética, tanto terrestre como aérea, así como la investigación en gravimetría.

- e) La formación y actualización de las series cartográficas nacionales del Mapa Topográfico Nacional a escalas 1:25.000 y 1:50.000; y producción de la demás cartografía básica, tanto digital como analógica, y derivada, así como la gestión de los laboratorios y talleres cartográficos para el cumplimiento de los programas propios y de colaboración en la realización de los de otras unidades del ministerio.

- f) La investigación, desarrollo y aplicación cartográfica de sistemas de teledetección y de tratamiento digital de las imágenes, con cobertura nacional.

- g) La producción, conservación y explotación de la infraestructura nacional de datos espaciales, y la formación, producción y explotación de bases cartográficas numéricas y modelos digitales del terreno, y el diseño, mantenimiento y explotación del Sistema de Información Geográfica Nacional y la planificación y desarrollo de nuevos sistemas y

aplicaciones, así como la prestación de asistencia técnica en la materia; igualmente, el almacenamiento y tratamiento de la información digital interna y la gestión de los sistemas informáticos propios.

h) La realización y actualización del Atlas Nacional de España y de la cartografía temática correspondiente a los planes cartográficos nacionales y a los programas de actuación específica de la Administración General del Estado, así como la participación en proyectos internacionales en materia cartográfica y de investigación y desarrollo relacionados con las ciencias geográficas, y la asistencia técnica de carácter general a organismos oficiales.

i) La formación y conservación del Registro Central de Cartografía y del Nomenclátor Geográfico Nacional y la toponimia oficial y la conservación y actualización de los fondos bibliográficos, de cartografía histórica y documentación técnica, facilitando su acceso al público, y la ejecución de informes, certificaciones, dictámenes, levantamientos y replanteos de líneas límite jurisdiccionales.

j) Gestión de los asuntos económico-administrativos y patrimoniales, preparación del anteproyecto de presupuesto y de los programas de inversiones y confección de la contabilidad, así como la tramitación de los asuntos relativos al personal funcionario y laboral y al régimen interior. Igualmente, y tanto para su propio ámbito como para el relativo a su organismo autónomo, la inspección del funcionamiento del personal y de los servicios centrales y periféricos, y el informe de los convenios, instrucciones y otros proyectos normativos.

El Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) se creó por la ley de Presupuestos Generales del Estado para 1989, como organismo autónomo de la Administración del Estado.

En la actualidad, está adscrito al Ministerio de Fomento a través de la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional.

El Real Decreto 663/2007, de 25 de mayo, (BOE n. 134 de 5/6/2007) aprueba el Estatuto del Centro Nacional de Información Geográfica, y establece las siguientes funciones:

1. Comercializar y difundir los productos y servicios de la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional y, en concreto:

La difusión y comercialización, en su caso, nacional e internacional de la producción cartográfica y de los servicios de la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional.

La distribución y comercialización de los demás datos, aplicaciones y servicios de la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional.

La gestión comercial y explotación de los desarrollos de alta tecnología de la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional.

El impulso, la promoción y la comercialización en el ámbito de las administraciones públicas de los servicios de la Imprenta Nacional de la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional.

La gestión de la Editorial Centro Nacional de Información Geográfica.

La promoción de exposiciones y de infraestructuras para la difusión del patrimonio histórico de la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional y de su museo.

2. Garantizar la calidad y distribución de la información geográfica oficial y, en concreto:

Dar soporte técnico al Consejo Superior Geográfico ejerciendo funciones de certificación oficial de datos, productos y servicios cartográficos.

Mantener un observatorio para el seguimiento y análisis del sector de la información cartográfica en España, definiendo los indicadores adecuados y, en especial, coordinándolos con los de la Unión Europea en la materia.

Promover la formación y capacitación de cuadros especializados en materia cartográfica y geográfica.

Difundir el conocimiento cartográfico en la sociedad española e iberoamericana.

Dictar resoluciones de carácter técnico en materia de replanteos de líneas límite, cuando oficialmente sea requerido para ello.

3. Apoyar el desarrollo y utilización de la cartografía nacional y, en concreto:

Prestar asistencia técnica especializada e infraestructura cartográfica tanto al sector público como al privado, con atención prioritaria al Ministerio de Fomento y a los servicios públicos de seguridad y protección civil.

Impulsar la calidad, la competitividad, la innovación y el desarrollo tecnológico en el sector cartográfico.

Establecer, mantener y gestionar un sistema informático de difusión, comercio electrónico y servicios de información geográfica.

Informar y, en su caso, comercializar la producción cartográfica oficial, especialmente la desarrollada por la Administración General del Estado y sus organismos dependientes.

Propiciar y facilitar el uso de la cartografía oficial, manteniendo un servicio público de información geográfica, así como el asesoramiento a sus usuarios.

Conservar y explotar un banco de datos de fotografía aérea y cartografía de imagen sobre todo el territorio nacional.

4. Desarrollar productos y servicios a demanda y, en concreto:

El diseño y elaboración de productos cartográficos de valor añadido que demande la sociedad.

La participación en proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, teniendo en cuenta las directrices contenidas en los planes europeos y nacionales y colaborando con los diferentes organismos, entidades y universidades, tanto públicos como privados.

El desarrollo y mantenimiento de una línea de productos cartográficos específica para la educación y la docencia.

La realización de operaciones comerciales de replanteo de líneas límite, a petición de cualquier administración pública o cualquier particular, sobre las actas y cuadernos de campo que custodia la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional.

5. Mantener un sistema territorializado de información al público y gestionar funcionalmente los Servicios Regionales de la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional y, en su caso, de sus Dependencias Territoriales, así como la gestión orgánica y funcional de la red de Casas del Mapa.

6. Administrar los recursos públicos puestos a su disposición y, en concreto:

El diseño y mantenimiento de la Carta de Servicios del organismo.

La gestión y el control de los recursos humanos, servicios generales, económicos y presupuestarios, mantenimiento e inventario y demás servicios de carácter general.

La representación del Estado español en los foros internacionales en que sea designado por la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional.

La cooperación con las Administraciones autonómicas y locales para lograr la máxima eficacia en el cumplimiento de sus fines, y la suscripción de acuerdos y convenios con las distintas Administraciones públicas y con el sector privado para la producción, distribución y comercialización de productos y servicios cartográficos.

Cualesquiera otras actividades que redunden en beneficio de sus fines.

Los principales productos geográficos del IGN/CNIG se pueden agrupar de la siguiente manera:

Series del Mapa Topográfico Nacional (MTN): 1:25.000, 1:50.000, 1:500.000, en soporte analógico y digital.

Mapa General de España: 1:1.250.000, 1:2.000.000, en soporte analógico y digital.

Serie de Mapas Provinciales 1 200 000, en soporte analógico y digital.

Mapas autonómicos.

Mapas en relieve.

Mapas históricos.

Otros mapas: sísmicos, cartoimágenes, ortofotomapas, mapas de espacios naturales, mapas guía y turísticos.

Atlas Nacional de España (ANE).

El Consejo de Ministros, en su reunión de 13 de junio de 1986, acordó encomendar al Instituto Geográfico Nacional la dirección, coordinación y realización del Atlas Nacional de España. Diferentes Reales Decretos y, últimamente, el R. D. 1476/2004 encomiendan al IGN la realización y actualización del Atlas Nacional de España. La primera edición del Atlas Nacional de España finalizó en el año 1997, constando de 6 volúmenes, o de 45 fascículos independientes.

El Atlas Nacional de España, con la indispensable colaboración de las diferentes Administraciones y adoptando las nuevas tecnologías, está llamado a convertirse en un sistema de información de ámbito nacional (con cartografía base a una escala máxima de 1:1.000.000) que aglutine los datos generados por los diferentes organismos públicos, adecuándolos a la escala máxima citada, con unos criterios consistentes y homogéneos, lo que permitirá de una forma rápida y flexible su explotación por cualquier usuario.

De acuerdo con las nuevas tecnologías de la información, la producción del ANE ha ampliado su gama de productos incluyendo

Atlas impresos, tanto en gran formato como en formato reducido.

Atlas en soportes digitales (CD-ROM y DVD).

Atlas en Internet e Intranet.

Productos de fotografía aérea y satelitaria: fotogramas, ortofotografías, ortoimágenes.

Libros técnicos.

Bases de datos: topográficos numéricos, sísmicos, geofísicos, geodésicos, gravimétricos, de nivelación. Modelos digitales del terreno.

Centro Geográfico del Ejército

El origen del Centro Geográfico del Ejército (CGE) se remonta a 1810 con la creación del Cuerpo de Estado Mayor, en el que, a su Segunda Sección, se le encomendaba la confección y estudio de los mapas, planos y memorias relativas a la geografía y topografía.

El CGE ve definidas sus misiones, junto a una nueva reglamentación de la cartografía militar del Ejército de Tierra, en 1968. A partir de entonces se acomete el trabajo de formar y publicar de nuevo toda la cartografía militar.

Corresponde al CGE, en el desempeño de sus misiones:

- Proporcionar información geográfica, en sus distintos formatos, papel o digital, para satisfacer con oportunidad las necesidades operativas, a partir de las bases de datos geográficas convenientemente estructuradas y actualizadas.

- Proporcionar el apoyo geográfico especializado a las fuerzas desplegadas en operaciones y ejercicios.
- Poner a disposición del usuario militar herramientas que faciliten el uso y explotación de la información geográfica, así como el asesoramiento, adquisición y gestión de los productos geoespaciales necesarios.
- Presidir y participar en las comisiones y grupos de trabajo militares sobre información geoespacial en el ámbito nacional y aliado.
- Mantener las relaciones funcionales con organismos de otras Administraciones así como de otros países que atienden servicios análogos al Centro Geográfico.
- La formación continua de su personal para garantizar las necesidades propias del Centro y las específicas del Ejército.
- Elaborar y distribuir las publicaciones militares del Ejército de Tierra y de otro tipo de acuerdo a los planes previstos.
- Confeccionar las tarjetas de identidad militar a los miembros del Ejército de Tierra y cuerpos comunes de la Defensa.
- Gestionar y mantener los fondos de su Archivo Cartográfico y de Estudios Geográficos.

En 1986 se publica la última hoja de la Serie L (1:50.000), con lo que en 18 años se finaliza este mapa básico para las Fuerzas Armadas.

En el año 2002 se organiza la Unidad Geográfica del Ejército (UGET) con la misión de proporcionar apoyo geográfico especializado “in situ” a las unidades desplegadas en operaciones.

Esta nueva unidad, formada con personal especialista en información geográfica, constituye un auténtico Centro Geográfico móvil, capaz de desplegarse en cualquier zona de operaciones y proporcionar el apoyo necesario a un Cuartel General hasta nivel de cuerpo de Ejército.

Actualmente el CGE está adscrito al Ministerio de Defensa y dirigido por un Coronel Jefe, y realiza las actividades propias de un organismo cartográfico militar:

- Formación de mapas, adaptando las series militares a la normativa OTAN.
- Publicación y distribución de mapas realizados en los Departamentos de Reproducción de Cartografía e Imprenta y Distribución de Cartografía.

De acuerdo con la política geográfica OTAN, se han establecido tres niveles de base de datos geográficos que contienen la información habitualmente plasmada en la cartografía de las siguientes escalas:

- Nivel 0.....1:1.000.000
- Nivel 1.....1:250.000
- Nivel 2.....1:50.000

Como datos de nivel 0 cuenta con la Carta Digital del Mundo (Digital Chart of the World –DCW-), tanto en la versión de la National Imagery and Mapping Agency (NIMA), sobre ordenador personal, como en la versión de la empresa INTERGRAPH a través del software Geomedia.

Como datos de nivel 1, dispone de la digitalización de la cartografía a escala 1:250.000 del territorio nacional. España participa como país coproductor en el proyecto mundial VMAP, a través del CGE.

Respecto a los datos de nivel 2, está acometiendo una nueva formación digital de la cartografía, a escala 1:50.000, a partir de la restitución de vuelos fotogramétricos.

También está disponible el Mapa Militar de España a escala 1:100.000 (serie C), 1:200.000 (serie 2C), 1:400.000 (serie 4C), 1:800.000 (serie 8C) y las series 5V (1:25.000) y 2V (1:10.000) en zonas de interés militar como campos de tiro, zonas de maniobras, etc.

- Formación de modelos digitales de elevación del terreno.

Fruto de los trabajos de I+D realizados en el CGE y de la experiencia obtenida en la formación y edición de cartografía digital, desde el año 2000 dispone de un sistema de información geográfica de características militares, capaz de integrarse en cualquier sistema de información, de simulación o de armas de las Fuerzas Armadas.

Basado en éste y como producto derivado, en el año 2006 se ha desarrollado la aplicación informática denominada **Carta Digital de España**, que permite trabajar con cartografía digital e imágenes satélite en múltiples formatos, integrando una base de datos con información asociada a los elementos cartográficos para realizar análisis complejos de la información disponible. La Carta Digital de España tiene como propósito general la gestión, difusión, visualización y análisis de información geográfica digital. Las escalas de la cartografía raster son 1:500.000, 1:250.000 y 1:50.000, y de la cartografía vectorial, 1:250.000. Soporta un MDT con paso de malla de 100 metros. Permite la visualización de imágenes aéreas o de satélite, así como el cambio de proyección o sistema de coordenadas, entre otras aplicaciones.

El CGE realiza también actividades de formación del personal militar, apoyo geodésico a unidades militares, publicación de reglamentos militares, etc., manteniendo en sus instalaciones una cartoteca histórica con unos fondos documentales de más de 30.000 mapas y 300 atlas.

Asimismo, están a disposición del público grabados, litografías y reproducciones de fotos y planos.

Instituto Hidrográfico de la Marina

El Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM) es el organismo del Estado español encargado de producir y mantener la cartografía y publicaciones náuticas de las costas españolas y otros lugares de interés, de utilidad para los navegantes.

Su misión es velar por la seguridad de la navegación en sus aspectos de obtener y difundir información sobre el mar y el litoral y contribuir al progreso de la ciencia náutica.

Actualmente está adscrito al Ministerio de Defensa, a través de la Armada española, y está dirigido por un Almirante Jefe.

En cumplimiento de esta misión son de su competencia los siguientes cometidos principales:

- Levantamientos hidrográficos y estudio del relieve submarino en nuestras costas y zonas marítimas, así como en otras zonas que asume, como consecuencia de su compromiso con la Organización Hidrográfica Internacional (OHI), donde representa al Estado español.

-Observación sistemática y estudio de las mareas y corrientes, de la temperatura y propagación acústica y electromagnética en las aguas, de la meteorología y en general de todos aquellos fenómenos físicos que afectan a la navegación.

-Elaboración de cartas náuticas y redacción de libros y documentos de ayuda a la navegación, así como la edición y distribución de los mismos.

-Acopio de datos y noticias sobre alteraciones del medio y de ayudas a la navegación y de los peligros a la misma, que difundirá mediante avisos a los navegantes, para la actualización de cartas náuticas y publicaciones.

-La determinación de las características y especificaciones de los instrumentos náuticos de uso a bordo de los buques de la Armada y la expedición de certificados de garantía y homologación de las agujas.

-Ejecución de todos aquellos trabajos geográficos e hidrográficos de interés para La Armada, así como la de aquellos programas de investigación que le asigne la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Armada.

Las cartas náuticas son mapas con fines específicos diseñados especialmente para cubrir las necesidades de la navegación marítima, e incluyen entre otras cosas sondas, naturaleza del fondo, elevaciones, configuración y características de la costa, peligros y ayudas a la navegación.

Las cartas náuticas proporcionan una representación gráfica de la información relevante para que el navegante lleve a cabo una navegación segura. Están disponibles en soporte papel y en versión electrónica. Las cartas deportivas están destinadas a la navegación costera.

Otras publicaciones náuticas de mención son el Anuario de Mareas, Derroteros, libros de faros y señales de niebla, libros de radioseñales, distancia entre puertos españoles, señalización marítima.

Centro Cartográfico y Fotográfico del Ejército del Aire

Las actividades fotocartográficas se iniciaron en España en el primer tercio del siglo XX. El 26 de enero de 1920 se establece en Cuatro Vientos el Servicio Geográfico y Laboratorio Meteorológico de Aviación Militar. Durante la guerra de Marruecos se realizan numerosos

vuelos fotográficos, que se destinan a la confección del mapa topográfico del Protectorado, a escala 1 :50.000.

Desde el comienzo de la guerra civil española se realizaron recubrimientos fotográficos de ciudades y frentes, así como la interpretación y evaluación posterior a los bombardeos.

Al organizarse definitivamente el Ministerio del Aire en julio de 1940, se le asignó a la 5ª Sección del Estado Mayor la misión de «preparación de cartas y planos de utilidad para la aeronáutica y enlace con los servicios cartográficos de Tierra y de la Armada y el Instituto Geográfico y Catastral.

En marzo de 1951 se crea el Servicio Cartográfico y Fotográfico del Ejército del Aire, en el que se encuadra la unidad aérea llamada Escuadrilla Fotográfica. A comienzos de 1979, y por haber sido asignadas al Estado Mayor del Aire las funciones de planeamiento y dirección de las actividades de cartografía y fotografía, que antes correspondían a la Jefatura del Servicio Cartográfico y Fotográfico, nace el actual Centro Cartográfico y Fotográfico del Ejército del Aire (CECAF), adscrito al Ministerio de Defensa a través del Ejército del Aire, y dirigido por un Coronel Jefe.

Su misión es atender las necesidades del Ejército del Aire relacionadas con la cartografía, fotografía, fotogrametría, fotointerpretación y artes gráficas. A su vez, colabora con diversos organismos del Ministerio de Defensa, otros Ministerios, diversas Administraciones autonómicas y locales y con distintas universidades.

La cartografía aeronáutica visual contiene una representación de todas aquellas referencias que el piloto puede identificar en el terreno que sobrevuela, se convierte desde el primer momento en el complemento imprescindible del piloto, tanto para su trabajo en gabinete como en vuelo.

La navegación visual se realiza mediante el seguimiento de una serie de referencias bien escogidas sobre la carta. Una cartografía adecuada permite que el piloto dedique menor tiempo durante el vuelo para las acciones de "control de la posición (dónde estoy) y de navegación (a dónde voy)".

El CCAF debe compilar y publicar todos los tipos de Cartas Aeronáuticas (Carta Instrumental del Espacio Aéreo, Superior e Inferior -1:2.000.000-, Carta de Navegación Visual -1:1.000.000-, Carta Aeronáutica -1:250.000-, Carta de Baja Cota (1:500.000), Carta de Áreas Terminales,

Manuales (del Piloto, de Campos Eventuales), diversas publicaciones en CD-ROM y material fotográfico aéreo

Otras de las facetas del Centro Cartográfico y Fotográfico es la confección de planos topográficos a diferentes escalas. Se realizan planos a escalas grandes 1:5.000 y 1:1.000, con mucho detalle. Estos planos son denominados Planos Directores de Obra y Planos de Propiedad, respectivamente, y son utilizados para definición de límites, zonas de seguridad próxima y lejana, trabajos de infraestructura de obras, etc.

También se realizan planos topográficos a escala 1:10.000, como base topográfica para la realización de las Servidumbres Aeronáuticas (de Aeródromo, Radioeléctricas y Operativas) y para la ejecución de Planos de Obstáculos OACI Tipo A de los Aeródromos. Las servidumbres definen el espacio aéreo que debe de mantenerse libre de obstáculos alrededor del aeródromo, para que puedan llevarse a cabo con seguridad las operaciones de las aeronaves. También definen el espacio aéreo que sirve de protección a la emisión de las ayudas radioeléctricas aeronáuticas.

En cuanto al archivo histórico fotográfico, el CCAF cuenta con una gran cantidad de imágenes aéreas fotográficas de distintas épocas y escalas, destacando, por comprender prácticamente la totalidad del territorio nacional, las denominadas Serie A, Serie B y Vuelo General de España 1:40.000.

La Serie A es un vuelo fotográfico que se llevó a cabo durante los años 1945 y 1946, con escalas que oscilan entre 1:40.000 y 1:45.000.

La Serie B data de los años 1956-1957, con escalas que varían entre 1:30.500 y 1:33.500.

El Vuelo General de España escala 1:40.000 se inició en el año 1993 y se concluyó en el 2004, una vez fotografiada la totalidad del país.

Instituto Geológico y Minero de España

El Instituto Geológico y Minero de España (IGME) es un Organismo Público de Investigación (OPI), con carácter de organismo autónomo, adscrito al Ministerio de Educación y Ciencia. Fue creado con la denominación de "Comisión para la Carta Geológica de Madrid y General del Reino", mediante Real Decreto de 12 de julio de 1849. Más tarde, en 1910, pasó a denominarse

Instituto Geológico de España, y en 1927 se reorganiza, moderniza los laboratorios, se instala en su actual sede, y adquiere el nombre de Instituto Geológico y Minero de España.

Según lo regulado en el artículo 3 del R.D. 1953/2000, de 1 de diciembre, por el que se aprueba el Estatuto del Instituto Geológico y Minero de España, las funciones del IGME son las siguientes:

- a) El estudio, investigación, análisis y reconocimientos en el campo de las ciencias y tecnologías de la Tierra.
- b) La creación de infraestructura de conocimiento.
- c) La información, la asistencia técnico científica y el asesoramiento a las Administraciones públicas, agentes económicos y a la sociedad en general, en geología, hidrogeología, ciencias geoambientales, recursos geológicos y minerales.
- d) Las relaciones interdisciplinares con otras áreas del saber, contribuyendo al mejor conocimiento del territorio y de los procesos que lo configuran y modifican, al aprovechamiento sostenido de sus recursos y a la conservación del patrimonio geológico e hídrico.
- e) Elaborar y ejecutar los presupuestos de I+D y de desarrollo de infraestructuras de conocimiento en programas nacionales e internacionales, en el ámbito de sus competencias.

Para cumplir estas funciones, una de las misiones del Instituto Geológico y Minero (IGME) es la realización y mantenimiento de la cartografía geológica del territorio español. La cartografía geológica es una disciplina basada en la coordinación de varias técnicas que permite la representación gráfica, análisis y transmisión de información geológica referida a un ámbito bi o tridimensional de la corteza terrestre. El producto inmediato es el mapa geológico, que consiste en una forma gráfica de representar en un plano toda la información geológica de que se dispone sobre un terreno.

Los mapas llamados geotemáticos se refieren a cartografías geológicas específicas, derivadas o de aplicación. Las primeras disponen de una información seleccionada y simplificada. Las otras, son mapas que proceden de la reelaboración del mapa básico (geológico) y están destinados a

una función científica, a fines didácticos, o a su utilidad práctica para la resolución de unos problemas determinados.

Son numerosos los mapas de carácter geológico aplicado, y dada su importancia y utilidad, muchos de ellos se elaboran o se han venido elaborando de forma sistemática. Es el caso de los mapas hidrogeológicos, que informan de las características de las aguas subterráneas y acuíferos contenidos en el substrato geológico; de los mapas geotécnicos, que indican el comportamiento mecánico de los materiales de una región; de los mapas metalogenéticos, de rocas industriales o, en general, de recursos minerales y rocas, que proporcionan la ubicación, relaciones y génesis de los principales yacimientos de un territorio determinado. De más reciente implantación son los mapas de geología ambiental, enfocados a la ordenación y uso del territorio y, en los últimos años, el impacto económico y social de los desastres naturales ha propiciado de forma definitiva los mapas de peligrosidad y/o riesgo geológico, otra cartografía geotemática de aplicación inmediata.

La escala, aunque no es determinante, influye en el tipo o la finalidad del mapa geotemático. Las cartografías a pequeña escala, de ámbito muy general, se refieren a mapas de carácter básico. Por el contrario las escalas detalladas, se prestan más a los mapas derivados, de aplicación.

Las publicaciones más importantes del IGME son:

Cartografía geológica:

Serie MAGNA 50 (MApa Geológico NAcional) 50, en soporte analógico y digital. El mapa se apoya con una memoria con los siguientes capítulos: *Introducción, Estratigrafía, Tectónica, Petrología, Geomorfología, Historia geológica, Geología económica y Bibliografía*. Además, existe para cada hoja una documentación complementaria formada por estudios paleontológicos, petrológicos y sedimentológicos que están archivados en el centro de documentación del IGME para su consulta.

Otras series geológicas: Geológico 1:50.000 (1ª Serie), Geológico 1:200.000, Mapa de síntesis geológica 1:200.000, Geológico 1:1.000.000, series históricas.

Cartografía temática

Series de cartografía temática: Mapa de orientación al vertido de residuos sólidos urbanos 1:50.000, Mapa geomorfológico 1:50.000, Mapa geotécnico 1:200.000, Mapa hidrogeológico 1:200.000, Mapas metalogenéticos, Mapas de rocas y minerales industriales.

Atlas

Atlas geocientífico de Madrid

Atlas hidrogeológico de Madrid

Sistema de Información Geofísico: sistema informático que proporciona visualización, acceso y descarga de datos geofísicos obtenidos en el territorio español.

Sistema de Información del Agua Subterránea: sistema informático que integra y pone a disposición de los usuarios las bases de datos hidrogeológicas institucionales.

Diversas publicaciones monográficas y seriadas de los diversos campos de ciencias de la Tierra: geología, hidrogeología, medio ambiente, riesgos geológicos y recursos minerales. Publicaciones periódicas (Boletín Geológico y Minero, Revista Española de Micropaleontología, Panorama Minero).

Instituto Nacional de Meteorología

La Dirección General del Instituto Nacional de Meteorología (INM), adscrita al Ministerio de Medio Ambiente, ejerce, a través de sus servicios centrales y periféricos, en su condición de autoridad meteorológica del Estado, las siguientes funciones:

- a) Establecer, gestionar, calibrar y mantener las diferentes redes y sistemas que constituyen el sistema nacional de observación, de manera que permitan una vigilancia atmosférica en todo el territorio nacional.

- b) Planificar, implantar y mantener el sistema nacional de proceso de datos y comunicaciones del Instituto.

c) Planificar, coordinar y dirigir las actividades de desarrollo en tecnologías de la observación e instrumentación meteorológica y en tecnologías de la información y de las comunicaciones.

d) Participar en la representación del Ministerio en los organismos y convenios internacionales relacionados con la observación y la predicción meteorológica y el estudio y modelización del clima y su evolución, en especial la Organización Meteorológica Mundial, Eumetsat y los programas de observación de Eumetnet.

e) Elaborar, suministrar y difundir las informaciones meteorológicas y predicciones de interés general para los ciudadanos en todo el territorio nacional y zonas marítimas, y elaborar y suministrar información meteorológica, predicciones y avisos de fenómenos meteorológicos potencialmente peligrosos para vidas humanas a las autoridades responsables de la protección civil y a los órganos que lo requieran en el ejercicio de sus competencias.

f) Elaborar y suministrar la información meteorológica necesaria para las Fuerzas Armadas y la defensa nacional, para las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado y prestar el apoyo meteorológico adecuado para el cumplimiento de sus misiones, así como el que se derive de la participación española en la Alianza Atlántica y en otras organizaciones internacionales de seguridad y defensa o en misiones específicas encomendadas.

g) Prestar a los usuarios aeronáuticos los servicios meteorológicos necesarios para contribuir a la seguridad, regularidad y eficiencia del tránsito aéreo y para el desarrollo de sus funciones.

h) Prestar a las Administraciones públicas, instituciones, organismos y entidades públicas y privadas los servicios meteorológicos de predicción y aplicaciones adecuados a sus requerimientos específicos.

i) Planificar, coordinar, dirigir y realizar las actividades de investigación y desarrollo de técnicas de análisis y diagnóstico, métodos de predicción y modelos numéricos de predicción del tiempo y del clima.

- j) Gestionar el Banco Nacional de Datos Meteorológicos y Climatológicos y controlar la calidad de los datos. Desarrollar las investigaciones, estudios y aplicaciones atmosféricas, meteorológicas y climáticas en el ámbito nacional e internacional.
- k) Prestar a los distintos organismos de las Administraciones públicas el oportuno asesoramiento en los asuntos relacionados con la vigilancia y la predicción del clima.
- l) Establecer las directrices para el conocimiento climático de las regiones españolas y el seguimiento de su variabilidad.
- m) Participar en la planificación y gestión de los recursos humanos del Instituto Nacional de Meteorología, y planificar y gestionar sus recursos materiales e instalaciones.
- n) Informar y tramitar los convenios de colaboración, nacionales e internacionales, que suscribe el Instituto Nacional de Meteorología, tanto con entidades públicas como privadas.
- ñ) Atender a los distintos usuarios, y asesorarlos sobre los productos y prestaciones que el Instituto Nacional de Meteorología puede ofrecer, de manera que el resultado satisfaga sus necesidades, así como dirigir y coordinar la elaboración de contratos, acuerdos y licencias con aquellos.
- o) Ejercer las competencias en materia de formación y documentación meteorológica y climatológica, para dar cumplimiento a las exigencias nacionales e internacionales en esta materia.

Desde sus comienzos, el INM ha elaborado sistemáticamente cartografía temática de carácter meteorológico y climatológico. Ya en el primer boletín diario, elaborado el 1 de marzo de 1893 por el Instituto Central Meteorológico, se incluía un mapa de presión en superficie para la península Ibérica similar a los que se realizan y distribuyen actualmente.

Durante los últimos años se viene publicando cartografía climática en los boletines climatológicos que realiza y distribuye el Instituto Nacional de Meteorología. Estos mapas presentan las anomalías mensuales de temperatura, precipitación y horas de sol. También se realizan unos juegos de mapas a nivel estacional y anual.

Periódicamente se actualizan los mapas de temperaturas medias, precipitaciones medias y de otros elementos climáticos para periodos de referencia internacionales. Así mismo, y de forma sistemática, diariamente se efectúan análisis del tiempo por medio de cartografía que incluye la descripción de los campos de presión, temperatura y geopotenciales a distintos niveles de altitud con fines de predicción meteorológica. El Instituto recibe en tiempo real información satelitaria del Meteosat y otros satélites meteorológicos.

Gran parte de la cartografía meteorológica se ha realizado tradicionalmente para su utilización por parte de los meteorólogos en su trabajo diario (predicciones, estudios climatológicos, etc.), trascendiendo al público en general solo una pequeña porción de esta cartografía. Sin embargo, el rápido desarrollo de la informática y de las nuevas tecnologías, unido a una creciente demanda por parte de la sociedad de información meteorológica cada vez más especializada, ha propiciado que gran parte de la cartografía temática que se genera en el INM esté actualmente a disposición del público en general, principalmente a través de su página web. Este soporte permite acceder de forma rápida e interactiva a gran cantidad de información meteorológica actualizada: imágenes de satélite, productos radar, modelos numéricos de predicción, cartografía climatológica, datos de observaciones más recientes, etc.

Instituto Español de Oceanografía

El Instituto Español de Oceanografía (IEO) fue creado por Real Decreto de 17 de abril de 1914, como resultado de la integración en un mismo organismo de los laboratorios de Biología Marina de Santander, fundado en 1886 y vinculado a la Universidad de Valladolid, y Porto Pi (Mallorca), fundado en 1906 y dependiente de la Universidad de Barcelona.

En la actualidad el IEO es un organismo autónomo con personalidad jurídica y patrimonio propios, que depende orgánicamente del Ministerio de Educación y Ciencia, y está clasificado como un Organismo Público de Investigación (OPI) según la Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica de 14 de abril de 1986, siendo su campo de actividad el estudio de la mar y sus recursos.

Según la Ley de Pesca Marítima de 2001, el IEO es el organismo investigador y asesor en relación con la política sectorial pesquera del Gobierno.

Dentro del sistema español de Ciencia y Tecnología, el IEO es un organismo dedicado en exclusiva a la investigación marina.

El IEO se dedica al estudio multidisciplinar del mar y especialmente a los problemas derivados de la explotación de los recursos y de la contaminación.

Por su característica de organismo de competencia estatal, el IEO representa al Gobierno español ante organizaciones y comisiones oceanográficas de ámbito internacional. El IEO participa como asesor científico en las negociaciones internacionales sobre acuerdos pesqueros bilaterales como, por ejemplo, las llevadas a cabo con la Unión Europea, Marruecos, Mauritania, Canadá, Estados Unidos, Senegal, Angola, Seychelles, etc., y las multilaterales en el marco de las diversas comisiones internacionales.

En el Real Decreto 1950/2000, de 1 de diciembre, se establece que el IEO tiene como finalidad el estudio de la mar y sus recursos. Para cumplir este objetivo, corresponde al IEO el ejercicio de las siguientes funciones:

- a) Elaborar, coordinar y gestionar los programas de investigación sobre los recursos vivos marinos en los distintos mares y océanos que sean de interés para el sector pesquero español, incluyendo investigaciones aplicadas a los cultivos marinos.
- b) Elaborar, coordinar y gestionar los programas de investigación de carácter oceanográfico multidisciplinar, con especial atención a su influencia en los recursos vivos.
- c) Representar al Departamento en los foros internacionales relacionados con la oceanografía y las pesquerías.
- d) Informar sobre los proyectos de normas que se le sometan a consulta y que afecten a la extracción de recursos vivos marinos.
- e) Informar a los órganos administrativos competentes sobre las solicitudes de realización de campañas de investigación por parte de terceros países en aguas de soberanía española.
- f) Establecer convenios con organismos públicos y privados, tanto nacionales como internacionales, para la realización de proyectos de investigación y otras actividades de carácter científico y tecnológico.

g) Coordinar y cooperar en los programas de investigación internacionales, sin perjuicio de las competencias atribuidas al Ministerio de Asuntos Exteriores.

El IEO desarrolla sus actividades cartográficas básicamente a través del departamento de Geología Marina, dentro del cual se están desarrollando proyectos de cartografía sistemática de la Zona Económica Exclusiva y zonas litorales adyacentes.

En el marco del Programa ESPACE (Estudio de la Plataforma Continental Española), a través de la adquisición de datos multihaz sísmicos continuos por reflexión (TOPAS) y toma de muestras de las zonas litorales (0 a 150 metros), se elabora cartografía con los siguientes contenidos de los fondos marinos de la plataforma continental española: características batimétricas, geomorfológicas, naturaleza de los fondos, praderas vegetales, zonas de pesca, obstáculos, etc. También incluye los depósitos cuaternarios costeros y otra información de la parte emergida sobre una zona de una anchura mínima de 1000 metros o hasta la cota 100 m.

Cada hoja de la Serie, compuesta por 171 hojas, a su vez, está constituida por 3 Series: Serie A (Descriptiva del medio físico), Serie B (Elementos para la gestión del medio) y Serie C (Modelos y geomorfología).

Otras publicaciones de este organismo son los mapas topobatimétricos, el boletín y libros especializados.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

El Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) es el departamento de la Administración General del Estado encargado de la propuesta y ejecución de las directrices generales del gobierno sobre la política agraria, pesquera y alimentaria.

El MAPA y sus organismos autónomos han generado una histórica y valiosa producción cartográfica, relacionada con el conocimiento de los recursos agrarios y pesqueros, habiéndose adaptado durante los últimos años a los retos planteados por las nuevas tecnologías para el conocimiento de la realidad territorial del sector agroalimentario y del medio rural y pesquero.

A principios del pasado siglo, este Ministerio impulsó la realización del Mapa Agronómico Nacional, proyecto consistente en la elaboración de una serie de mapas a escala 1:200.000 de los conjuntos provinciales de suelo y un mapa a escala 1: 1.000.000 del clima de España.

A través de la Dirección General de la Producción Agraria y a partir de 1970, se elaboró la cartografía del clima de España con base en las series de datos históricos de la Red Nacional de Estaciones Meteorológicas que cumplían las especificaciones de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) bajo la forma de un Atlas Agroclimático Nacional a escala 1:500.000 (Madrid, 1986) y 48 Caracterizaciones Climáticas Provinciales a escala 1:200.000, ya que las tres provincias vascas se presentan en un único volumen.

También se elaboró de forma completa (1115 hojas) la cartografía nacional a escala 1:50.000 de Cultivos y Aprovechamientos Agrarios (uso actual del suelo) y de forma parcial (un 40% aproximadamente) de la cartografía nacional a escala 1:50.000 de Clases de Capacidad Agrológica o Uso Potencial del Suelo.

Por otra parte, y por síntesis y redefinición y codificación de recintos, se realizó la cartografía provincial a 1:200.000 de Cultivos y Aprovechamientos, proceso que terminó con la elaboración y publicación del mapa 1:1.000.000 de Cultivos y Aprovechamientos de España, en el año 1985, y que fue publicado en 1988.

A partir de 1990 fue necesario revisar, desde el punto de vista técnico, competencial y presupuestario, el programa de evaluación de Recursos Agrarios hasta entonces vigente. Como consecuencia de esta evaluación se decidió continuar, por un lado, con la cartografía del Clima y, por otro lado, con la del Uso Actual del Suelo a 1:50.000

Asimismo, distintos organismos autónomos de este Ministerio, a lo largo de su historia, han generado una significativa producción cartográfica relacionada con el desarrollo de sus competencias: Servicio Nacional de Concentración Parcelaria y Ordenación Rural, Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario, Instituto Nacional de Conservación de la Naturaleza, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias e Instituto Español de Oceanografía.

De la transformación de la cartografía analógica en digital, conservación y actualización de la cartografía del clima y del uso del suelo, y elaboración del SIG Oleícola se encarga la Dirección General de Agricultura, así como de su explotación para la obtención de otra cartografía o de representaciones geográficas derivadas.

Paralelamente, en estos últimos 5 años el Fondo Español de Garantía Agraria (FEGA) ha elaborado el Sistema Español de Información Geográfica de Identificación de Parcelas Agrícolas (SIGPAC) que, en este momento, está siendo objeto de actualización y utilizado,

entre otras cosas, para el pago de las ayudas a la agricultura establecidas en la última reforma de la Política Agrícola Común (PAC).

Para su elaboración se han empleado dos fuentes básicas, las fotografías aéreas de todo el territorio nacional, y los planos parcelarios facilitados por el Catastro de Rústica. Superponiendo ambas informaciones, mediante la aplicación de modernas técnicas informáticas, es posible localizar e identificar cualquiera de los 50 millones de parcelas agrícolas existentes en el territorio nacional. Además de esta información gráfica, se pueden obtener datos sobre sus dimensiones, usos agrícolas sostenibles y tipo de utilización, ya sea en secano o regadío.

En 2005 se elaboró la cartografía general y detallada de los regadíos españoles a escala 1:200.000.

Ministerio de Medio Ambiente

El Ministerio de Medio Ambiente (MMA) es el departamento encargado de la propuesta y ejecución de la política del Gobierno en materia de conservación de la naturaleza, desarrollo sostenible, impacto ambiental y ordenación de la flora, la fauna, los hábitat y los ecosistemas naturales, así como de la colaboración con las Comunidades Autónomas para la realización de las actuaciones que correspondan en estas materias, la gestión y custodia del dominio público marítimo terrestre y de todas sus actuales competencias.

Corresponde al MMA la elaboración de la legislación estatal en materia de aguas y costas, medio ambiente y montes; la gestión directa del dominio público hidráulico, del dominio público marítimo-terrestre y del servicio meteorológico nacional; la representación del Estado en los organismos internacionales correspondientes a estas materias, así como la coordinación de actuaciones, la cooperación y la concertación en el diseño y aplicación de todas las políticas que afecten al ámbito de competencias de las Comunidades Autónomas y de las restantes Administraciones públicas, propiciando su participación a través de los órganos e instrumentos de cooperación adecuados

En materia de información geográfica, realiza cartografía temática básica del medio ambiente natural, especialmente la referente a materia forestal y de conservación de la naturaleza y desarrolla bases de datos digitales georreferenciadas.

Entre estas publicaciones es obligado destacar el Mapa Forestal de España, a escalas 1:50.000, 1:200.000 y 1:1.000.000, cartografía básica para todas aquellas personas y organizaciones que trabajan sobre el medio natural, tanto en áreas de gestión como de planificación del territorio. Es la cartografía base para estudios de impactos y desastres, investigaciones geobotánicas e instrumento para la defensa y conservación de la biodiversidad.

Este mapa recoge la distribución de las masas forestales españolas desde que se iniciaran sus primeros trabajos hace algo más de cien años. Constituye además la base cartográfica del Inventario Forestal Nacional, proyecto encaminado a obtener el máximo de información posible sobre la situación, régimen de propiedad y protección, naturaleza, estado legal, probable evolución y capacidad productora de todo tipo de bienes de los montes españoles. El Inventario Forestal Nacional consta de publicaciones provinciales que, además de las estadísticas forestales, comprende una serie de mapas, a escala 1:250.000, en los que se plasma la realidad forestal de la provincia.

- Mapa de Productividad Potencial Forestal. Representa, por provincia, en tres planos a escala 1:200,000, la productividad potencial forestal, los condicionantes climáticos y los edáficos. Se presenta en formato digital.
- Espacios Naturales y Zonas Sensibles. Base cartográfica digital a escala 1:50.000 correspondiente a los Espacios Naturales Protegidos, las Zonas de Especial Protección de las Aves (ZEPAS), las adscritas al convenio internacional de RAMSAR y los nuevos Lugares de Importancia Comunitaria (LICs). Digitalización.

-Banco de Datos de la Biodiversidad. El primer paso para la creación de un banco de datos de recursos naturales, lo dio la Administración en el año 1983 al encargar un "Estudio de la configuración y de los programas de creación de un banco de datos geográfico" que sirvió de base para la adquisición, en el año 1986, de un Sistema de Información Geográfica (SIG) para el inventario y la gestión forestal. El sistema fue evolucionando con el transcurso de los años hasta convertirse en el actual Banco de Datos de la Biodiversidad, que abarca prácticamente todas las áreas de actividad que son competencia de la Dirección General para la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente.

Su función se centra en la recopilación de la información georreferenciada generada en la Dirección General para la Biodiversidad, su difusión y la realización de cuantos análisis,

indicadores y estadísticas se puedan realizar tanto de su tratamiento individual como de la información derivada de los cruces y ponderaciones de ésta efectuadas mediante la utilización de los Sistemas de Información Geográfica. El objetivo final es crear la cartografía temática básica que marca la normativa nacional, así como atender las demandas de los usuarios institucionales, académicos y particulares.

Dirección General del Catastro

El catastro es un registro administrativo cuya función primordial es la de describir la propiedad inmobiliaria en sus diferentes usos y aplicaciones.

La Dirección General del Catastro, perteneciente al Ministerio de Economía y Hacienda, tiene a su cargo la planificación, dirección, coordinación, control y, en su caso, ejecución, de las competencias atribuidas, de acuerdo con lo previsto en el texto refundido de la Ley del Catastro Inmobiliario, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2004, de 5 de marzo. Entre sus competencias, se encuentra la elaboración y gestión de la cartografía catastral, la renovación del catastro rústico y la valoración catastral, incluyendo la coordinación de valores, la aprobación de las ponencias y la gestión del observatorio catastral del mercado inmobiliario.

La cartografía catastral tiene las siguientes características: proyección: UTM, sistema geodésico de referencia ED50 para península y Baleares y WSG84 para Canarias.

Ámbito de unidades de proceso: término municipal, dividido en:

Cartografía catastral de urbana: escalas de captura 1:500 y 1:1.000

Cartografía catastral de rústica: escalas de captura 1:2.000 y 1:5.000

Siguiendo la directiva europea de INSPIRE, la Dirección General del Catastro ofrece como servicio Web Map Service (WMS) la cartografía catastral de forma libre y gratuita.

Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea

La Entidad Pública Empresarial Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (AENA) fue creada en 1990 según lo dispuesto en el artículo 82 de la Ley 4/1992, de 29 de junio, de

Presupuestos Generales del Estado y se rige según el Real Decreto 905/1991, de 14 de junio, por el que se aprueba el Estatuto de dicha entidad.

AENA tiene personalidad jurídica propia e independiente de la del Estado, plena capacidad jurídica, pública y privada, y patrimonio propio. Asimismo, está adscrita al Ministerio de Fomento, el cual, de acuerdo con el mandato que establezca el Gobierno, fijará sus directrices de actuación, aprobará el plan anual de objetivos, efectuará el seguimiento de su actividad y ejercerá, sin perjuicio de otras competencias, el control de eficacia, de acuerdo con la normativa vigente.

Su misión es contribuir al desarrollo del transporte aéreo en España y garantizar el tránsito aéreo con seguridad, fluidez, eficacia y economía, ofreciendo una calidad de servicio acorde con la demanda de clientes y usuarios dentro del marco de la política general de transportes del Gobierno. Su objeto es la gestión de los aeropuertos civiles de interés general y de las instalaciones y redes de ayudas a la navegación aérea.

La elaboración de las cartas aeronáuticas se lleva a cabo por la División de Información Aeronáutica (AIS).

Para la publicación de las distintas cartas aeronáuticas se siguen diferentes plazos de tiempo:

- Cartas incluidas en la AIP (Publicación de Información Aeronáutica): recogen información permanente y cambios temporales de larga duración (1 año o más) relativa a los servicios, instalaciones, normativa y procedimientos que son esenciales para la navegación aérea y operaciones aeroportuarias. Las cartas se reeditan cuando existan cambios de información en las mismas. En este grupo se encuentran las siguientes cartas: plano de aeródromo/heliporto-OACI, plano de aeródromo para movimientos en tierra –OACI, plano de estacionamiento y atraque de aeronaves-OACI, planos de obstáculos de aeródromo, carta topográfica para aproximaciones de precisión, carta de salida normalizada-vuelo por instrumentos-OACI, carta de llegada normalizada-vuelo por instrumentos-OACI, carta de aproximación por instrumentos-OACI, carta de aproximación visual-OACI, carta de área-OACI.
- Cartas de radionavegación: Son cartas que se reeditan normalmente dos veces al año, siguiendo las fechas de publicación que correspondan.

- Cartas incluidas en el Manual VFR (Reglas de Vuelo Visual): Se publican cuatro veces al año. Las cartas se reeditan cuando existan cambios de información en las mismas.
- Carta 1 :500.000: Se suele publicar 1 ó 2 veces al año.

Las cartas siguen lo especificado en los anexos y documentos de la OACI que correspondan. La topografía base utilizada para su elaboración es suministrada por el Centro Nacional de Información Geográfica en formato digital de la serie BCN200.

Otros organismos

Instituto Nacional de Técnicas Aeroespaciales (INTA) en el campo de la teledetección
 Dirección General de Protección Civil y Emergencias
 Departamento de Infraestructuras y Seguimiento para Situaciones de Crisis

ADMINISTRACIÓN AUTONÓMICA

Instituto Cartográfico de Cataluña

El Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC) es una entidad de derecho público de la Generalitat de Catalunya sometida al ordenamiento jurídico privado. El ICC está adscrito al Departamento de Política Territorial y Obras Públicas de la Generalitat.

Corresponden al ICC, en el ejercicio de las competencias de la Generalitat sobre geodesia y cartografía, las siguientes funciones:

-Establecer, gestionar, conservar y mejorar la infraestructura física y los sistemas tecnológicos necesarios para construir y gestionar el Servicio de Posicionamiento Geodésico Integrado de Catalunya y el mantenimiento de las bases de datos topográficas que le dan soporte. En el ámbito de las competencias de la Generalitat, el Servicio de Posicionamiento Geodésico Integrado de Catalunya (SPGIC) da soporte a las series cartográficas de gran escala, a la planificación territorial y urbanística, al catastro rústico y urbano, a la actividad de la obra pública en Catalunya y a las actividades análogas en que sea aplicable.

-Realizar las coberturas de imagen métrica aérea del territorio de Catalunya, con sensores activos y pasivos, y mantener estos sensores y las bases de conocimiento y de información necesarias para tratar los datos geográficos y temáticos producidos por teledetección aeroespacial.

-Establecer y mantener las bases de datos cartográficos y las series cartográficas que se derivan, las cuales dan soporte al establecimiento de las series urbanas y territoriales.

-Colaborar con los órganos de la Administración del Estado con competencias de carácter cartográfico y llevar a cabo la coordinación y la cooperación con los entes locales de Catalunya en este ámbito.

-Dirigir y gestionar la Cartoteca de Catalunya, la cual coordina la recogida y el estudio de la documentación geográfica y cartográfica existente.

-Crear, estructurar, difundir y mantener la Infraestructura de Datos Espaciales de Catalunya (IDEC), al tiempo que colaborar con otros entes y órganos de la Generalitat para llevar a cabo y mejorar de manera permanente esta infraestructura.

-Elaborar estudios, emitir informes o formular sugerencias en el ámbito de sus funciones, destinados a los diferentes departamentos de la Generalitat o al Gobierno, a iniciativa de estos órganos o a iniciativa propia.

-Publicar y difundir productos cartográficos.

-Organizar, llevar a cabo, dirigir, tutelar y elaborar programas de investigación, de innovación y de formación científica y técnica en los ámbitos de su actuación, por sí mismo o en colaboración con otras entidades y organismos, en particular con las universidades catalanas y otras organizaciones especializadas en servicios cartográficos.

-Fomentar y promover los servicios cartográficos públicos y privados, y también la investigación, la docencia y el desarrollo tecnológico en el ámbito cartográfico.

Los principales productos y servicios que comercializa se describen a continuación:

-Cartografía topográfica, a las escalas 1:5.000, 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000 y 1:250.000

- Cartografía geológica

- Ortofotomapas 1: 5 000 y 1: 10 000

- Imágenes de satélite

- Mapas temáticos

- Bases temáticas y geográficas

- Atlas

- Otras publicaciones

Instituto Cartográfico Valenciano

El Instituto Cartográfico Valenciano (ICV) es la entidad de la Generalitat de Valencia creada para impulsar el avance tecnológico de la información geográfica de la Comunidad Valenciana, utilizada en ámbitos tales como las infraestructuras, el turismo, el medio ambiente, la gestión de emergencias, la educación, la planificación territorial y los recursos agrícolas, entre otros.

Fue creado por la Ley 9/1997, de 9 de diciembre, de creación del Instituto Cartográfico Valenciano, como organismo autónomo de carácter mercantil, adscrito a la Conselleria de Justicia y Administraciones Públicas, con el objetivo de impulsar, coordinar y, en su caso, fomentar las tareas de desarrollo cartográfico, fotogramétrico, geodésico, topográfico y de cualquier otra tecnología geográfica en el ámbito de las competencias de la Generalitat.

Las funciones del Organismo, recogidas en la Ley de Creación, son:

- a) Fijación de objetivos estratégicos para la geodesia, la fotogrametría y la cartografía valencianas, así como la elaboración de planes geodésicos y cartográficos a largo plazo.

- b) Recogida, clasificación, depuración y administración de la cartografía existente en las administraciones públicas de la Comunidad Valenciana y, eventualmente, en otras entidades de derecho privado para crear un banco de datos cartográficos.

- c) Elaboración, reproducción y distribución de trabajos cartográficos de base, así como la publicación y difusión de otros trabajos que se juzguen conveniente.
- d) Coordinación y supervisión de los trabajos cartográficos de las administraciones públicas de la Comunidad Valenciana.
- e) Impulso a los sistemas de información cartográfica y geográfica de las administraciones públicas de la Comunidad Valenciana.
- f) Formación del personal de las administraciones públicas de la Comunidad Valenciana adscrito a tareas cartográficas.
- g) Investigación y desarrollo de nuevas técnicas en el dominio de la ingeniería geodésica, cartográfica y topográfica.
- h) Relación y coordinación con organismos de naturaleza análoga de otras Comunidades Autónomas, del Estado o internacionales.
- i) Creación, estructuración y organización de la Cartoteca Valenciana.
- j) Emitir informes al Gobierno Valenciano en todo lo concerniente a materia cartográfica, así como elevar estudios, sugerencias o informes que estime oportunos, en el ámbito de su competencia.
- k) Proponer el Plan Cartográfico de la Comunidad Valenciana, así como los planes anuales y plurianuales.

Productos del ICV:

- Serie cartográfica, a la escalas 1:5.000, 1:10.000, 1:25.000, 1:300.000
- Modelos Digitales del Terreno, con ancho de malla 10, 20 y 50 metros.
- Cartografía temática (zonas de interés medioambiental, denominaciones de origen).
- Fotogramas.

Instituto de Cartografía de Andalucía

El Instituto de Cartografía de Andalucía (ICA), creado por Decreto 116/1993, de 7 de septiembre y adscrito a la Secretaría General de Ordenación del Territorio y Urbanismo de la Consejería de Obras Públicas y Transportes por Decreto 11/2003, de 28 de enero, tiene las funciones de la programación y elaboración de la cartografía básica y derivada de la Comunidad Autónoma y la coordinación y normalización de la cartografía temática y de las bases de datos cartográficos.

La trayectoria del Instituto de Cartografía de Andalucía como garante de unas bases cartográficas comunes y como responsable de su creación, mantenimiento y actualización, el incremento de las demandas de información geográfica, el incorporar las directivas y normativas europeas y nacionales y la obligación de incorporar los avances tecnológicos que afectan al mundo de la cartografía, hicieron que a través del Decreto 141/2006, de 18 de julio, por el que se ordena la actividad cartográfica en la Comunidad Autónoma de Andalucía, se diera un impulso a la labor del Instituto de Cartografía de Andalucía, hoy con rango de Dirección General.

-Cartografía básica.

Mapa topográfico de Andalucía 1:10.000 (MTA 10), Mapa topográfico del litoral y aglomeraciones urbanas (MTAS), cartografía urbana 1:2.000, 1:1.000 y 1:500

-Cartografía temática.

Planos urbanos de ciudades medias (escalas 1:500, 1:1.000, 1:2.000), mapas de carreteras de las provincias andaluzas (1:200.000)

-Mapas generales y atlas de Andalucía

-Fotografías aéreas

-Cartografía histórica

-Otras publicaciones:

- Ortoimágenes de satélite de ciudades andaluzas a escala 1:25.000 y 1:50.000.
- Mapa fisiográfico del litoral de Andalucía 1:50.000

- Mapas guía de los parques y parajes naturales de Andalucía a escala 1:50.000 y 1:100.000
- Mapas guías callejeros de ciudades andaluzas a escala 1:5.000
- Modelo digital de elevaciones de 100 m
- Inventario Cartográfico de Andalucía

Centro de Información Territorial de Castilla y León

La Ley 10/1998, de 5 de diciembre, de Ordenación del Territorio de la Comunidad de Castilla y León, dispone en su artículo 30 la creación del Centro de Información Territorial, en el que queda establecido como "el órgano encargado de producir, recopilar, actualizar y divulgar la información y documentación, escrita, fotográfica y cartográfica, sobre el territorio de la Comunidad de Castilla y León, así como de llevar a cabo estadísticas, estudios y análisis territoriales."

Este órgano coordina el Sistema de Información Territorial de Castilla y León (SITCYL).

El SITCYL se concibe como una estructura de datos cartográficos y medios de gestión que permite la carga, mantenimiento, actualización y uso simultáneo de datos, con diferentes opciones y niveles de usuario, garantizando su mantenimiento con independencia de las diferentes opciones y autorizaciones de usuario, tanto en red corporativa como en Internet.

-Fondos cartográficos digitales:

Cartografía básica urbana (1:1.000)

Cartografía básica territorial (serie 1:10.000 y serie 1:5.000)

Ortofotografías

Cartografía básica y temática (Serie Regional). Esta serie persigue disponer de unas bases de datos cartográficos con cobertura regional a medianas escalas (1:50.000 a 1:100.000) sobre recursos naturales (relieve, geología, usos del suelo, etc.), sobre un soporte topográfico a la primera de las escalas mencionadas.

Atlas de Castilla y León

-Cartografía analógica:

- Atlas del Territorio. Existe una edición del mismo con 146 mapas de toda la Comunidad, a escalas entre 1:1.000.000 y 1:3.000.000, más 30 cuadros con gráficos. Abarca temas de medio y recursos naturales, así como del ámbito socioeconómico y servicios.
- Imagen Landsat RGB (color) mural de Castilla y León a escala 1:375.000.
- Imágenes Landsat RGB murales a escala 1:200.000 (8 hojas)
- Mapa en relieve de Castilla y León a escala 1:500.000 (última edición 2004)
- Mapa Regional a escala 1:1.000.000 (última edición 2004)
- Cartografía básica y temática a escalas 1:400.000 y 1:500.000. Se han editado:
 - Mapa Topográfico Regional (5 ediciones)
 - Mapa Geológico
 - Mapa Hidrogeológico
 - Mapa Hidrológico
 - Mapa de Suelos.
 - Mapa de Clases Agrológicas
 - Mapa Agrario

-Otras publicaciones:

Mapa de Suelo Industrial, Mapas de Carreteras, Mapas de Recursos Naturales, Mapas y Datos Estadísticos.

Dirección General de Obras Públicas del Gobierno de Navarra

La información geográfica de la Comunidad Foral de Navarra actualmente queda dentro de las competencias del Departamento de Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones, a través de la Dirección General de Obras Públicas.

Mapas generales de Navarra:

- Mapa topográfico 1: 850 000
- Mapa topográfico 1: 400 000
- Mapa topográfico 1: 200 000
- Mapa topográfico 1: 100 000

- Mapa en relieve 1: 200 000
- Mapa oficial de carreteras 1: 200 000
- Mapa geológico de Navarra 1: 200 000
- Mapa de las vías pecuarias 1: 200 000
- Mapa de Lugares de Importancia Comunitaria en Navarra 1: 200 000
- Mapa de espacios naturales protegidos en Navarra 1: 200 000
- Mapa de cultivos y aprovechamientos de Navarra 1: 200 000

.Series Cartográficas:

- Mapa topográfico 1:5.000
- Mapa topográfico 1:10.000
- Mapa topográfico 1:100.000
- Mapa geológico 1:25.000
- Mapa geomorfológico 1:25.000
- Mapa de usos del suelo 1:25.000
- Serie Lugares de Importancia Comunitaria en Navarra 1:25.000
- Serie Espacios Naturales Protegidos en Navarra 1:25.000
- Mapa de cultivos y aprovechamientos de Navarra 1:25.000
- Cartografía catastral 1:5.000
- Cartografía topográfica urbana 1:1.000

Serie de ortofotomapas

Escalas 1:1.000, 1:5.000, 1:10.000 y 1:25.000

Publicaciones diversas

- Atlas de Navarra
- Toponimia y cartografía de Navarra

Sistema de Información Territorial de Navarra (SITNA)

El SITNA es la red organizada de recursos de información, cuyo elemento estructurante es el territorio de Navarra. Dichos recursos han de estar coordinados y actualizados de manera que potencien las actividades de cada unidad y permitan que cada categoría de usuarios reciba las informaciones que respondan a sus necesidades en las condiciones más idóneas.

Dirección Xeral de Urbanismo de la Xunta de Galicia

La Dirección General de Urbanismo de la Xunta de Galicia tiene asignadas las funciones de dirección y coordinación de todas aquellas actuaciones en materia de ordenación del territorio y urbanismo, siguiendo los criterios de calidad y sostenibilidad del desarrollo urbano, con el fin de contribuir a elevar la calidad de vida y cohesión social, proteger y potenciar el patrimonio natural y cultural.

El Sistema de Información Territorial de Galicia (SITGA), desarrollado en la Sociedade para o Desenvolvemento Comarcal de Galicia, es un sistema de información geográfica orientado a la planificación y a la gestión del territorio en el ámbito gallego.

Sus antecedentes se remontan al año 1990, cuando el entonces Gabinete de Planificación y Desarrollo Territorial de la Xunta de Galicia (actualmente Secretaría Xeral de Planificación e Desenvolvemento Comarcal) comenzó a diseñar el Plan de Desarrollo Comarcal (PDC).

Uno de los principales objetivos del PDC era la integración en una misma estrategia de la ordenación del territorio y la planificación socioeconómica partiendo de la comarca como base para el desarrollo integral de la Comunidad Autónoma. Las distintas actuaciones a realizar en el territorio necesitaban de una cartográfica actualizada con una información territorial que permitiese un conocimiento exacto del espacio estudiado y así aplicar las medidas correctoras adecuadas a las necesidades del territorio. Por todo ello era necesario un sistema de información geográfica adaptado a las necesidades del citado Plan.

En 1992 se crea el Sistema de Información Territorial de Galicia (SITGA), con la ayuda de los fondos europeos aportados por el programa STRIDE, donde se empieza a conformar una primera base cartográfica conectada a una base de datos incipiente pero que servía como apoyo a los estudios que en el momento se realizaban.

En 1994 se crea la Sociedade para o Desenvolvemento Comarcal de Galicia, donde el SITGA se integra como un departamento técnico, fundamentalmente encargado de la obtención, almacenamiento y gestión de todo tipo de base de datos y de la información cartográfica.

El SITGA como departamento de la Sociedade para o Desenvolvemento Comarcal de Galicia se compone de tres áreas:

1. Área de Gestión y Cartografía:

- Mantenimiento de la base cartográfica.
- Diseño y carga de aplicaciones SIG.
- Gestión de la base de datos de infraestructura y equipamientos.
- Producción cartográfica. La cartografía generada y elaborada es la siguiente:
 - Mapa de usos del suelo de Galicia, a escala 1:25.000
 - Mapa de comarcas de Galicia
 - Mapa de parroquias de Galicia
 - Mapa de recursos endógenos de la comarca
 - Inventario Forestal de Montes gestionados por la Xunta de Galicia
 - Mapa forestal de espacios naturales
 - Diseño e implementación de un SIG de espacios naturales para facilitar su gestión
 - Mapa geológico y derivados
 - Gestión de recursos cinegéticos
 - Gestión de recursos piscícolas
 - Sistema de Información para la Protección Civil
 - Mapa de rutas de artesanía
 - Atlas de empresas Galicia-norte de Portugal

2: Área de Medio Ambiente y Teledetección:

- Gestión de la base de datos de Información Ambiental.
- Teledetección.
- Proyectos medioambientales.
- Estadística agraria.

3. Área de Datos Socioeconómicos:

- Gestión del Banco de Datos Municipal
- Actualización continua de la base de datos
- Tablas, gráficos e informes de la información alfanumérica

Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco

La elaboración de información geográfica en el ámbito de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV) es competencia del Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, cuyas áreas de actuación son las siguientes:

- Ordenación del territorio y del litoral.
- Medio ambiente.
- Aguas.
- Canales y regadíos.
- Ordenación de recursos naturales y de conservación de la naturaleza.
- Dirigir, de acuerdo con las leyes y los reglamentos, los organismos autónomos, entes públicos de derecho privado y las sociedades públicas adscritos o dependientes del Departamento.
- Las demás facultades que le atribuyan las leyes y los reglamentos.

Los principales productos desarrollados por el Departamento se pueden agrupar de la siguiente manera:

Cartografía digital

La cartografía digital más detallada es la de escala 1:10.000. Las escalas menores 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000 y 1:200.000, se han originado mediante generalización de la escala 1:10.000. Todas las escalas están disponibles, para todo el ámbito de la Comunidad Autónoma del País Vasco, en dos y en tres dimensiones.

Ortofotografías en color

A partir de 1990 se dispone de colecciones de ortofotos digitales, con cobertura para todo el territorio de la Comunidad Autónoma. El tamaño de pixel de esta serie es de 2,5 x 2,5 m.

También existen ortofotos de los años 2001 (con un píxel de 1 x 1 m), 2004 (con un píxel de 0,25 x 0,25 m), 2005 (tamaño de píxel de 0,5 x 0,5 m) y 2006 (con un píxel de 0,25 x 0,25 m).

Modelos digitales de elevaciones

Se dispone de modelos digitales de elevaciones con tamaño de píxel 2,5 x 2,5 m.

Publicaciones

Del catálogo de publicaciones se encuentran las siguientes obras relacionadas con cartografía:

1. Ortofotografías de la CAPV a escala 1:400.000, 1:200.000, 1:100.000, 1:50.000, 1:25.000
2. Mapa turístico del Pirineo
3. Mapa cartográfico de la CAPV. a escala 1:100.000 y 1:200.000
4. Mapa topográfico e hipsométrico de la CAPV a escala 1:400.000
5. Mapas cartográficos de diversas zonas y valles de la CAPV a escala 1:25.000
6. Mapa plástico en relieve de la ortoimagen de la CAPV a escala 1:100.000
- 7.- Cartografía digital vectorial a escala 1:10.000
8. Mapas plásticos en relieve de diversas zonas y valles de la CAPV a escala 1:25.000
9. Catálogos de las Redes Geodésicas de la CAPV
10. Mapa plástico en relieve de la cartografía de la CAPV a escala 1:100.000
11. Cartografía temática y medio ambiente:
 - Sierra de Izarraitz, Montes Pagoeta y Ernio, a escala 1:25.000
 - Sierra de Toloño, a escala 1:25.000
 - Sierra Brava de Badana y Sierra de Arkamo, a escala 1:25.000

-Entzia- Iturrieta, Izki- Kodes, a escala 1:25.000

12. Atlas digital de los puertos de montaña de la CAPV.

EN EL EXTRANJERO

- EuroGeographics
- Ordnance Service (OS-Reino Unido)
- Institute Géographique National (IGN-Francia)
- Federal Geographic Data Committee (FGDC-Estados Unidos)
U. S. Geological Service (USGS): fundamentalmente National Imagery and Mapping Agency (NIMA) (Estados Unidos)
- Natural Resources Canada (NRC). Mapping Branch (Canadá)
- Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen (AdV) der Länder der Bundesrepublik Deutschland (Comité de Trabajo de las Autoridades Topográficas de los Estados de la República Federal de Alemania)
- Federal Office of Topography e Institute of Cartography (Suiza)

Mencionamos con más detalle a la primera de las citadas:

EuroGeographics

EuroGeographics es la asociación de las Agencias Cartográficas Nacionales (National Mapping Agencies –NMAs-) europeas, creada en el año 2000 como integración de CERCO (Comité Europeo de los Responsables de la Cartografía Oficial) y de MEGRIN, organización filial de CERCO.

Actualmente está constituida por 49 organizaciones procedentes de 42 países, pero esta cifra se incrementará cuando todas las Agencias Catastrales y Registradores de la Propiedad se unan a la Asociación.

La misión de EuroGeographics está establecida en el artículo 3 de sus Estatutos, como “fomentar el desarrollo de la Infraestructura de Datos Espaciales Europea mediante la colaboración en el área de la información geográfica, incluyendo información topográfica, catastral y de propiedad territorial”.

Los miembros de la Asociación, los socios, los clientes y la Comisión Europea trabajan activamente para:

- desarrollar productos y servicios europeos.
- promover la colaboración y compartir las mejores experiencias.
- continuar siendo la representación oficial y única de las agencias cartográficas nacionales (NMASs) europeas.
- ayudar a la Unión Europea en sus programas y directivas.

El trabajo conjunto de los integrantes de la Asociación también va encaminado a construir la Infraestructura de Datos Espaciales Europea. El propósito es conseguir la interoperabilidad de la cartografía europea y otros datos geográficos para ayudar al sector público y privado en sus tareas, mantener un crecimiento sostenible y beneficiar a las futuras generaciones.

14.2. Otras organizaciones de ámbito internacional y español

DE ÁMBITO INTERNACIONAL

- Unión Europea: fundamentalmente iniciativas INfrastructure for SPatial InfoRmation in the European Community (INSPIRE) y Global Monitoring for Environment and Security (GMES)
- EUROpean umbrella for Geographic Information (EUROGI)
- International Geographical Union (IGU)
- International Cartographic Association (ICA)
- Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH)
- Asamblea de Directores de los Institutos Geográficos de Sudamérica, España y Portugal (DIGSA)
- Open Geospatial Consortium (OGC)
- Joint Research Centre (JRC) de la Unión Europea: básicamente a través del Institute for Environment and Sustainability (IES)
- Geospatial Information & Technology Association (GITA)
- International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS)

Desarrollamos ahora algunas de las más importantes entre las citadas:

Unión Geográfica Internacional (UGI)

La Unión Geográfica Internacional fue creada en Bruselas en 1922. Sin embargo, la historia de los encuentros internacionales de geógrafos es mucho más larga. El primero de una serie de congresos se realizó en Amberes en 1871. Desde aquellos días, la Unión ha estado conformada de tres principales componentes:

-Una Asamblea General de Delegados designados por los países miembros que se reúnen a la par del Congreso y que representa la principal autoridad de la Unión.

-Un Comité Ejecutivo conformado por un Presidente, ocho vice-presidentes y un Secretario General y Tesorero.

-Comisiones y Grupos de Estudio que continúan su trabajo entre las reuniones de la Asamblea General.

Los objetivos más destacados de la Unión Geográfica Internacional son los siguientes:

-Promover el estudio de los problemas geográficos.

-Iniciar y coordinar investigaciones geográficas que requieran de cooperación internacional y promover su discusión científica y su publicación.

-Favorecer la participación de geógrafos en el quehacer de organizaciones internacionales relevantes.

-Facilitar la recopilación y difusión de datos geográficos y documentación entre todos los países miembros.

-Promover congresos geográficos internacionales, conferencias regionales y reuniones especializadas relacionadas con los objetivos de la Unión.

-Participar de cualquier forma apropiada de cooperación internacional con el objeto de promover el estudio y la aplicación de la geografía.

-Promover internacionalmente la estandarización o compatibilidad de métodos, nomenclatura y simbología empleadas en geografía.

La UGI está adherida al International Council of Scientific Unions (ICSU) y al International Social Science Council (ISSC) y los reconoce como cuerpos coordinadores de la organización internacional de la ciencia.

Asociación Cartográfica Internacional (ICA)

La misión de la Asociación Cartográfica Internacional es promover la ciencia y ejercicio de la cartografía en un contexto internacional.

La ICA es la autoridad mundial en la cartografía, disciplina que trata con la concepción, producción, difusión y estudio de los mapas.

Los objetivos de esta institución son los siguientes:

-Contribuir al conocimiento y solución de los problemas, a lo largo del mundo, a través del uso de la cartografía en los procesos de toma de decisiones.

-Fomentar la difusión internacional de información medioambiental, económica, social y espacial a través de la cartografía.

-Ofrecer un foro global de discusión acerca del papel y estatus de la cartografía.

-Facilitar la transferencia entre las naciones de la nueva tecnología y conocimientos cartográficos, especialmente para las naciones en vía de desarrollo.

-Desarrollar o promover la investigación cartográfica multinacional, para resolver problemas científicos y aplicados.

-Desarrollar la educación cartográfica en el sentido más amplio, a través de publicaciones, seminarios y conferencias.

-Promover la utilización de estándares profesionales y técnicos en la cartografía.

Para conseguir estos objetivos, la Asociación trabaja con gobiernos nacionales e internacionales, empresas privadas y con otras sociedades científicas internacionales.

Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH)

Fue creado el 7 de febrero de 1928, durante la VI Conferencia Internacional celebrada en La Habana, Cuba, a nivel de Ministros de Estados Americanos.

El IPGH es un organismo internacional, científico y técnico de la Organización de los Estados Americanos (OEA), dedicado a la generación y transferencia de conocimiento especializado en las áreas de cartografía, geografía, historia y geofísica, con la finalidad de mantener actualizados y en permanente comunicación a los investigadores e instituciones científicas de los países miembros, todo ello, con base en un gran amor a lo que se hace y en constante proceso de modernización.

España forma parte del Instituto como país observador permanente.

Los objetivos del Instituto son:

Fomentar, coordinar y difundir los estudios cartográficos, geofísicos, geográficos e históricos y los relativos a las ciencias afines de interés para América.

Promover y realizar estudios, trabajos y capacitaciones en esas disciplinas.

Promover la cooperación entre los institutos de sus disciplinas en América, y con las organizaciones internacionales afines.

El IPGH publica cuatro revistas semestrales (Revista Cartográfica, Revista Geográfica, Revista de Historia de América y Revista Geofísica) y dos anuales (Boletín de Antropología Americana y Revista de Arqueología Americana), las cuales se imprimen y distribuyen desde México.

La producción editorial del Instituto comprende además una diversidad de publicaciones ocasionales (atlas, guías, manuales, cartas, glosarios, etc.), que contribuyen a ensanchar el acervo intelectual de las naciones del área. Las publicaciones ocasionales son ya más de 500, y el catálogo correspondiente puede solicitarse en forma gratuita a la Secretaría General. La Secretaría General también publica el Boletín Aéreo, de aparición cuatrimestral y distribución gratuita.

Open Geospatial Consortium, Inc (OGC)

El Open Geospatial Consortium (OGC) es un consorcio internacional de 352 miembros, entre los que se encuentran empresas privadas, agencias gubernamentales y universidades. Trabajan de forma consensuada para desarrollar especificaciones de interface abiertas a todos los usuarios. Las especificaciones OpenGIS posibilitan soluciones interoperables que “geocapacitan” la web, los servicios inalámbricos y de localización y las comunicaciones. Las especificaciones permiten a los programadores que la información espacial compleja y los servicios que generan sean accesibles y compatibles con todo tipo de aplicaciones.

OpenGIS es una marca registrada del Open Geospatial Consortium, y es el nombre asociado con las especificaciones y documentos producidos por el OGC. Las especificaciones OpenGIS se desarrollan a través de un único proceso consensuado por todos los miembros, lo que posibilita que interoperen las tecnologías de geoprocesamiento, es decir, que actúen como “plug and play“. Es posible encontrar la marca OpenGIS en los productos que cumplen con las especificaciones.

Los objetivos estratégicos del OGC son:

1. Suministrar estándares gratuitos y abiertos al mercado, valor tangible a los miembros y beneficios cuantificables a los usuarios.
2. Liderar mundialmente la creación y establecimiento de estándares que permitan la integración continua de los servicios y contenidos geoespaciales en las actividades empresariales, la web espacial y la informática empresarial.
3. Facilitar la adopción de arquitecturas abiertas y georreferenciadas en los entornos empresariales, a lo largo de todo el mundo.
4. Proporcionar estándares para apoyar la creación de nuevos mercados y aplicaciones innovadoras en el ámbito de las tecnologías geoespaciales.
5. Fomentar la investigación en temas de interoperabilidad a través de consorcios de colaboración.

DE ÁMBITO ESPAÑOL

- Consejo Superior Geográfico.
- Real Sociedad Geográfica.
- Comité Español de la Unión Geográfica Internacional.
- Sociedad Española de Cartografía, Fotogrametría y Teledetección (SECFyT).
- Asociación de Geógrafos Españoles (AGE).
- Asociación Española de Sistemas de Información Geográfica (AESIG).
- Instituto de Economía y Geografía Aplicadas del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Asociación de Ingenieros Geógrafos.
- Colegio Oficial de Geógrafos.
- Asociación de Ingenieros en Geodesia y Cartografía.
- Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía.

14.3. La enseñanza de los estudios geográficos y cartográficos en España: estado actual y tendencias

Escuelas de Ingeniería en Geodesia y Cartografía (Segundo Ciclo)

Actualmente, la titulación de Ingeniería en Geodesia y Cartografía se imparte en España en las siguientes Universidades:

Universidad de Alcalá de Henares, en Alcalá de Henares (Madrid)

Universidad de Extremadura, en Cáceres

Universidad de Jaén, en Jaén

Universidad Politécnica de Madrid, en Madrid

Universidad Politécnica de Valencia, en Valencia

Universidad de Salamanca, en Ávila

y está previsto impartirla en la Universidad del País Vasco, en Vitoria, y en la Universidad Politécnica de Cataluña, en Barcelona.

Escuelas de Ingeniería Técnica en Topografía (Primer Ciclo)

La titulación de Ingeniero Técnico en Topografía se imparte en la actualidad en

Universidad de Oviedo, en Mieres (Asturias).

Universidad de Salamanca, en Ávila.

Universidad Politécnica de Cataluña, en Barcelona.

Universidad de Jaén, en Jaén.

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, en Las Palmas de Gran Canari.

Universidad Politécnica de Madrid, en Madrid.

Universidad Politécnica de Valencia, en Valencia.

Universidad de Extremadura, en Mérida (Badajoz).

Universidad del País Vasco, en Vitoria (Álava).

Universidad de Santiago de Compostela, en Lugo.

Universidad de León, en Ponferrada (León).

La Declaración de Bolonia

En el año 1999, en la ciudad de Bolonia, 29 ministros europeos responsables de la educación universitaria fijaron las bases para establecer un Área Europea de Educación Superior (EHEA) para el año 2010. La Declaración de Bolonia, suscrita por diferentes ministros, tiene el propósito de reformar, de una manera convergente, las estructuras de los sistemas educativos superiores europeos.

En España, se han emprendido diferentes acciones para converger con el proceso de Bolonia. En el año 2000, la Comisión de Rectores de universidades españolas, en su Asamblea General, destacó la necesidad de integrar nuestro sistema de educación universitario en el EHEA. En el año 2001 se desarrollaron algunos proyectos piloto. Además, la Ley Orgánica de Educación (LOU, diciembre de 2001) contribuyó a apoyar oficialmente los principios de convergencia de la Directiva de Bolonia. Actualmente, se han publicado varios Reales Decretos, como el relacionado con la implantación del sistema de créditos compatibles ECTS (European Credit Transfer System).

La Agencia Nacional para la Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA) financió un proyecto para establecer la titulación (grado) de Ingeniero en Geomática y Topografía, siguiendo la Directiva de Bolonia. Después de diversos trabajos comparando la estructura de titulaciones similares en el resto de Europa (contenidos, duración, perspectivas profesionales, etc.), la ANECA propuso para su aprobación el siguiente perfil para el grado de Ingeniero en Geomática y Topografía:

- Nombre: Ingeniero en Geomática y Topografía
- Modelo 2 ciclos (subgrado y grado)
- Grado del primer ciclo (Licenciado): 4 años (240 ECTS)
 - 70% Créditos (comunes)
 - 30% Créditos (libres para cada Universidad)
- Proyecto de fin de carrera obligatorio
- Opcional: Master (60/120 créditos ECTS)

En cuanto al cómputo del ECTS, se estima un valor entre 25-30 horas por crédito. De esta forma, cada año tendrá 60 créditos, lo que significa una carga lectiva de unas 1500-1800 horas. El núcleo central (70% o 168 ECTS) constará de diferentes asignatura, agrupadas en los 4 bloques temáticos siguientes:

Bloque	Grupo de asignaturas	Porcentaje	ECTS
1	Ciencias básicas	20%	34
2	Asignaturas comunes para Ingenieros	16%	27
3	Asignaturas específicas para el Grado	60%	100
4	Asignaturas transversales	4%	7
	Total	100%	168

Tabla 1.

El bloque 1 incluye asignaturas tales como Matemáticas, Física y e Informática. El bloque 2 consta de asignaturas que son comunes en la mayoría de las Ingenierías: ingeniería civil, informática gráfica, ingeniería medioambiental y geomorfología y gestión de proyectos. El bloque 3 estará compuesto por todas las asignaturas relacionadas con la práctica profesional: topografía, geodesia, geofísica, fotogrametría, teledetección, cartografía, GIS, etc. Finalmente, el bloque 4 se dedicará a economía, aspectos legales y gestión.

El 30% de créditos restante será libremente elegido por cada Universidad, dependiendo de su situación geográfica, entorno socioeconómico o intereses propios específicos o, sencillamente, para adquirir algún grado de especialización. Aunque, para este último propósito, se crearán diferentes masteres.

Enseñanza de la Geografía

Respecto de las áreas de conocimiento de Geografía en la estructura departamental de las universidades españolas, según datos del Ministerio de Educación, existen en España 71 universidades, de las cuales 47 son públicas, 14 son privadas, 6 pertenecen a la Iglesia Católica, 2 son no presenciales y 2 son internacionales.

De las 47 universidades públicas, 23 poseen Departamento de Geografía.

En otras 11 universidades públicas existen departamentos en los que la Geografía aparece explícitamente junto a otras áreas de conocimiento. En la mayoría de estos casos, los

departamentos se han constituido con antiguas áreas afines, como la Historia, aunque se puede ver que en otras la unión se realiza con ciencias experimentales como la Geología (por ejemplo, la Universidad de Illes Balears) o técnicas como la Arquitectura y la Ingeniería de Caminos (la Universidad de Cantabria).

En otras 9 existen secciones o áreas de Geografía, o bien profesores adscritos a áreas de conocimiento de Geografía en departamentos con denominaciones más generales (Humanidades, Ciencias de la Tierra, Ciencias Sociales).

La presencia de la Geografía es sólo explícita en una Universidad Politécnica, la de Valencia, con un área de Geografía Física incluida en el Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría.

Sólo hay una universidad privada con Departamento de Geografía, la de Navarra.

Tema 15. Análisis estadístico de datos espaciales. Medidas estadísticas comunes. Métodos estadísticos y datos espaciales. Análisis exploratorio de datos espaciales. Estadística basada en *grid*. Estadística de distancia y conjuntos de puntos. Autocorrelación espacial. Métodos de regresión.

15.1. Análisis estadístico de datos espaciales

Dentro de la denominación análisis de datos, en estadística, se engloba un conjunto de métodos descriptivos multidimensionales de los datos espaciales.

En la mayoría de los casos el proceso de análisis espacial sigue una serie de fases como: la formulación y planificación del problema; la obtención de los datos; el análisis exploratorio; la formulación de la hipótesis y modelización; la consulta y revisión, y finalmente la implementación de los resultados.

Una vez identificado y formulado el problema, y desarrollado un plan de operación, la primera tarea es la obtención de los datos que van a ser objeto del análisis. Esto plantea muchas preguntas de gran trascendencia para las fases siguientes: ¿qué asunciones se han realizado para representar los datos y cuáles son sus implicaciones en el análisis posterior? ¿Son completos los datos? ¿Son precisos?

La segunda tarea, una vez obtenidos los datos, consiste en el análisis de los mismos. Las tareas restantes, una vez efectuado el análisis y formuladas las hipótesis sobre el comportamiento de los datos, consistirán en la presentación de los resultados del análisis en forma de mapas, estadísticos descriptivos, etc.

15.2. Medidas estadísticas comunes

Las medidas estadísticas comunes se clasifican en:

- **Medidas de posición:** informan de cómo se distribuyen los valores dentro de la serie de datos. Son medidas de posición los cuartiles, deciles y percentiles.
- Cuartiles: son los tres valores que dividen el conjunto de datos ordenados en cuatro partes iguales.

El primer cuartil Q_1 es el valor en el cual o por debajo del cual queda un cuarto (25%) de todos los valores de la serie (ordenada); el segundo cuartil Q_2 (coincide con la mediana) es el valor en el cual o por debajo del cual quedan la mitad de los valores, y el tercer cuartil Q_3 , es el valor en el cual o por debajo del cual quedan las tres cuartas partes (75%) de los valores.

- Percentiles: son noventa y nueve valores que dividen en cien partes iguales el conjunto de datos ordenados. Ejemplo, el percentil de orden 10 deja por debajo el 10% de las observaciones, y por encima el 90%
- Deciles: son los nueve valores que dividen el conjunto de datos ordenados en diez partes iguales, son un caso particular de los percentiles.
- **Medidas de tendencia central:** indican el centro de la distribución de frecuencias. La media, la mediana y la moda son medidas de centralización

- Media aritmética o media muestral (\bar{x}): es el promedio aritmético de las observaciones, es decir, el cociente de la suma de todos los datos y el número de ellos. Si x_i es el valor de la variable, n_i su frecuencia y n el conjunto de datos de la muestra, la media es:

$$(1) \quad \bar{x} = \frac{\sum x_i n_i}{n}$$

- Media armónica (H): es la inversa de la media aritmética de las inversas de los valores de la variable.

$$(2) \quad H = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i} \right)^{-1}$$

- Media geométrica (G): es la raíz n-ésima del producto de los valores de la variable.

$$(3) \quad G = \sqrt[n]{x_1 x_2 x_3 \dots x_n}$$

- Mediana: es el valor que separa en dos grupos las observaciones ordenadas de menor a mayor, de tal forma que el 50% de estas son menores que la mediana y el otro 50% mayores. Si el número de datos es impar la mediana será el valor central, si es par se toma como mediana la media aritmética de los dos valores centrales.
- Moda (M_o): es el valor de la variable que más veces se repite, es decir, aquel cuya frecuencia absoluta es mayor.

- **Medidas de dispersión:** si las medidas de tendencia central sintetizan los datos en un valor representativo, las de dispersión reflejan hasta que punto estas medidas de tendencia central son representativas como síntesis de la información. Cuantifican la separación, la dispersión y la variabilidad de los valores de la distribución respecto al valor central. Hay dos tipos de medidas de dispersión: relativas, permiten comparar varias muestras, y absolutas, que no lo permiten.

Son medidas de dispersión absolutas la varianza, la desviación típica, el rango muestral y la desviación intercuartílica.

- Varianza (σ^2): es el promedio del cuadrado de las distancias entre cada observación x_i y la media aritmética (poblacional \bar{X} o muestral \bar{x} , según se utilice una u otra se obtendrá la varianza poblacional o la varianza de la muestra) del conjunto de n observaciones

$$(4) \quad \sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}$$

- Covarianza (Cov (x,y)): mide la relación entre dos variables x e y.

$$(5) \quad Cov(x, y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

- Desviación típica (σ): es la raíz cuadrada positiva de la varianza.

$$(6) \quad \sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

- Recorrido muestral o rango: es la diferencia entre el valor mayor y menor de las observaciones.
- Desviación intercuartílica: es la diferencia entre los cuartiles superior e inferior que agrupan el 50% de los datos.

$$(7) \quad C = C_3 - C_1$$

Un ejemplo de medida de dispersión relativa es el coeficiente de Pearson o coeficiente de variación (CV) que se define como el cociente de la desviación típica y el valor absoluto de la media aritmética (muestral o poblacional) expresado en tanto por ciento.

$$(8) \quad CV = \frac{\sigma}{|\bar{X}|} 100$$

Representa el número de veces que la desviación típica contiene la media aritmética y por lo tanto, cuanto mayor es el coeficiente mayor es la dispersión y menor la representatividad de la media.

- **Medidas de forma:** comparan la forma que tiene la representación gráfica de la serie de datos (histograma o diagrama de barras) con la distribución normal. Se distinguen medidas de asimetría y medidas de apuntamiento o de curtosis.

- Medidas de asimetría: una distribución es asimétrica cuando su mediana, su moda y su media aritmética no coinciden. Será asimétrica por la derecha si las frecuencias (absolutas o relativas) descienden más lentamente por la derecha que por la izquierda y asimétrica por la izquierda en el caso contrario.

Una de las medidas de asimetría más utilizadas es el coeficiente de asimetría de Pearson (A_s):

$$(9) \quad A_s = \frac{\bar{x} - M_o}{\sigma}$$

Si A_s es igual a cero, la distribución de frecuencias es simétrica. Si el valor es negativo la asimetría se manifiesta hacia la derecha, y si es positivo hacia la izquierda.

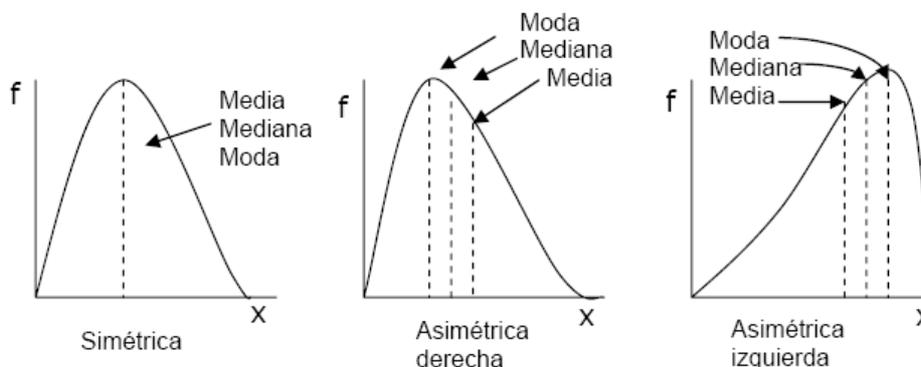


Figura 1. Distribuciones: simétrica, asimétrica por la derecha y asimétrica por la izquierda

- Medidas de apuntamiento o curtosis: miden la mayor o menor cantidad de datos que se agrupan en torno a la moda (M_o). Se definen tres tipos de distribución según su grado de curtosis:
 - Distribución leptocúrtica: presenta un grado de concentración elevado alrededor de los valores centrales de la variable.
 - Distribución mesocúrtica: presenta un grado de concentración medio alrededor de los valores centrales de la variable (el mismo que presenta una distribución normal).
 - Distribución platicúrtica: presenta un grado de concentración reducido alrededor de los valores centrales de la variable.

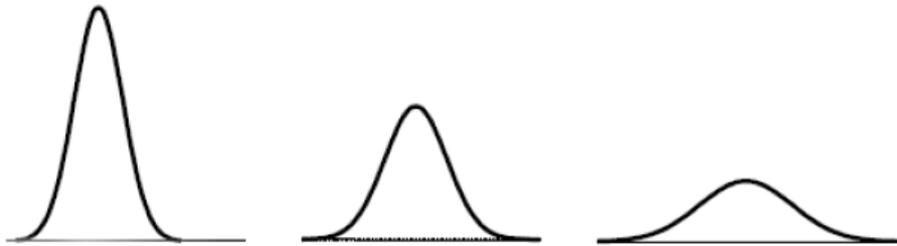


Figura 2. Distribuciones: leptocúrtica, mesocúrtica y platicúrtica.

La medida más común de curtosis es:

$$(10) \quad K = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^4}{n \sigma^4}$$

15.3. Métodos estadísticos y datos espaciales

Para el análisis estadístico de datos espaciales se pueden distinguir diferentes métodos:

- Análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE): análisis que combina análisis estadístico básico con métodos gráficos
- Métodos estadísticos basados en *grid* y estadística basada en la distancia y en el conjunto de puntos: para determinar si una distribución de puntos en un área geográfica siguen algún patrón de distribución.
- Métodos de autocorrelación: para determinar la dependencia o no de las variables analizadas.

- Métodos de regresión espacial: para inferir valores de una variable conociendo el comportamiento otra mediante una relación.

15.3.1. Análisis exploratorio de datos espaciales

El análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE) es el conjunto de herramientas gráficas y descriptivas utilizadas para el análisis de patrones de comportamiento en los datos. El AEDE combina el análisis estadístico con métodos gráficos.

Según el número de dimensiones de las variables se distinguen las siguientes técnicas de análisis:

- Variables unidimensionales:

- Los histogramas son representaciones gráficas de una variable en forma de barras, en los que la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados. En el eje vertical se representan las frecuencias y en el eje horizontal los valores de las variables, normalmente, señalan las marcas de clase, es decir, la mitad del intervalo en el que están agrupados los datos.

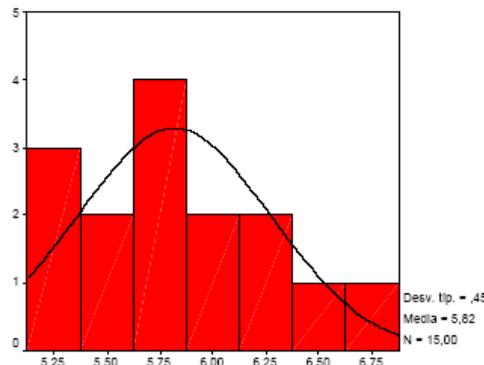
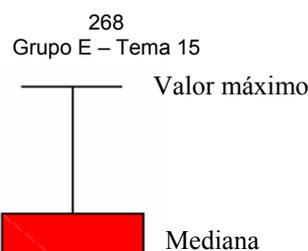


Figura 3. Histograma

- Los diagramas de caja son representaciones gráficas de una distribución estadística unidimensional en las que se reflejan cinco parámetros: límite inferior, primer cuartil, mediana, tercer cuartil y límite superior. A partir de estos parámetros se pueden obtener fácilmente otros dos: el rango muestral y el rango intercuartílico; además de una medida de la simetría o asimetría de la distribución, del sesgo y de la dispersión.

En estos diagramas se suele representar aquellas observaciones que caen fuera de rango (*outliers* o valores extremos) lo que resulta especialmente útil para comprobar, gráficamente, posibles errores en los datos. Los *outliers* son concentraciones especiales de datos cuyo valor se



encuentra a cierta distancia de la tendencia general (mediana), por ejemplo, por debajo o por encima del primer/tercer cuartil de un diagrama de caja.

Figura 4. Diagrama de caja

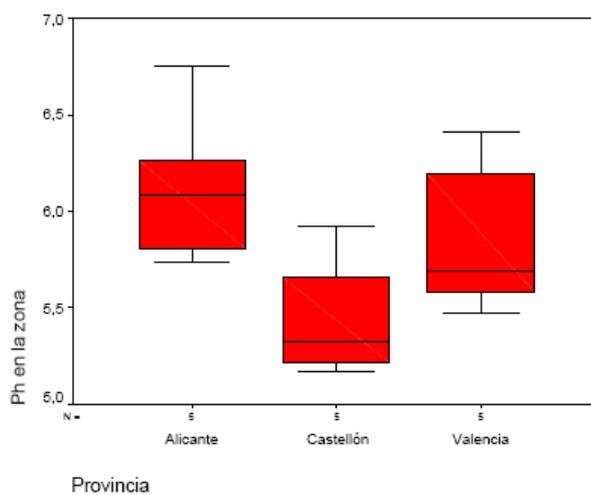


Figura 5. Diagrama de caja del nivel de ph del agua de los embalses de las provincias de Alicante, Castellón y Valencia. Se observan diferencias en cuanto la situación de la mediana y a la dispersión. Por ejemplo, se observa que en Valencia los niveles de ph son superiores a los de Castellón y que estos presentan una ligera mayor dispersión.

En el análisis unidimensional, habrá que tener en cuenta la escala de medida de la variable analizada. En la tabla 1 se sugieren las representaciones gráficas y los resúmenes descriptivos numéricos más aconsejables para realizarlo.

Escala de medida	Representaciones gráficas	Medidas de tendencia central	Medidas de dispersión
Nominal	Diagrama de barras, diagrama de líneas y diagrama de sectores	Moda	
Ordinal	Diagrama de caja (box and whisker diagram)	Mediana	Rango intercuartílico
Intervalo	Histogramas, diagrama de frecuencias	Media	Desviación típica
Razón		Coefficiente de variación	

Tabla 1. Medidas descriptivas y representaciones gráficas según la escala de medida de la variable

- Variables bidimensionales: se utilizan principalmente diagramas que representan la distribución de las variables geográficas cuya relación se desea conocer sobre los dos ejes cartesianos (diagramas de dispersión).
- Variables multidimensionales: se analizan datos que requieren del uso de más de dos variables. Por ejemplo, el análisis de los modelos de automóviles vendidos en España en 2006 según las variables tamaño, precio y tipo de combustible.
- Las caras de Chernoff son una representación de tipo pictórico de los datos. Este método permite analizar hasta 12 variables en correspondencia con los rasgos faciales; área de la cara, forma de la cara, longitud de la nariz, localización de la boca, curva de la sonrisa, localización, separación, forma, orientación de los ojos, etc.

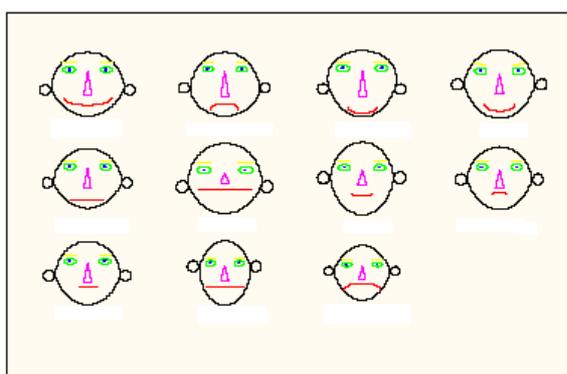


Figura 6. Caras de Chernoff

- Las matrices de dispersión. En una matriz de dispersión cada dato se proyecta sobre un conjunto de $n \times n$ diagramas, siendo n el número total de datos. Cada diagrama representa en un sistema de ejes x-y un par distinto de atributos.

15.3.2. Estadística basada en *grid*

El objetivo principal de la estadística de datos espaciales es determinar si un conjunto de puntos distribuidos, que representan localizaciones de un determinado fenómeno en una área determinada, lo está al azar, regularmente o siguiendo algún tipo de agrupamiento, y si existe una relación de dependencia o independencia con otra variable.

Hay dos métodos principales: **método *grid*** y **método de distancia**. El primero consiste en definir subregiones del mismo tamaño, generalmente cuadrados, y hacer un recuento del número de puntos que contiene cada una de ellas. El segundo usa valores estadísticos calculados a partir de la distancia que separa los puntos, especialmente, la que hay hasta el vecino más próximo.

En cada uno de los métodos se debe tener en cuenta la identificación exacta del área de estudio, ya que una misma población de puntos puede ser considerada aleatoria o con agrupaciones según sea el tamaño de la región localizada aunque, normalmente, el tamaño viene dado por el fenómeno o proceso investigado.

En ambos métodos, el análisis comienza con la realización del procedimiento clásico de contraste de hipótesis, en el que la hipótesis nula (H_0) considera que el conjunto de puntos está distribuido completamente al azar; lo que equivale a comparar la distribución con el modelo matemático adecuado, que en este caso es un proceso de Poisson dado que cumple dos importantes condiciones: uniformidad (cada localización en el área de estudio tiene la misma probabilidad de recibir un punto) e independencia (la selección de la localización de un punto no influye en la de los demás).

En el **método *grid***, una vez hecho el recuento de puntos de cada región, se realiza un contraste Chi cuadrado χ^2 entre las frecuencias observadas en cada subregión o cuadrado y las esperadas asumiendo la hipótesis nula, que se calculan usando la distribución de probabilidad de Poisson:

$$p(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} \text{ para } x = 0,1,2,3 \text{ donde } \lambda \text{ es el número de puntos esperado en cada región}$$

Es evidente que uno de los sesgos más importantes que se producen con este tipo de métodos viene dado por la elección del tamaño de las subregiones. Si son muy grandes puede haber una

agrupación de puntos y no ser detectados, y si son muy pequeñas puede ser que no haya ningún punto.

En caso de emplear cuadrados, el caso más generalizado, se sugiere que el lado tenga una longitud del orden de $2A\sqrt{N}$ donde A es el área de la zona estudiada y N el número total de puntos.

Un ejemplo de aplicación del método grid es el análisis de la ocurrencia de terremotos (A) o el análisis de los robos en comercios (B) de una determinada área geográfica.



Figura 7. Aplicación del método de análisis grid. Fuente: The ESRI Guide to GIS Analysis. Volume 2

La principal ventaja de este método radica en su uso en entidades que presentan múltiples localizaciones. Ahora bien, al no considerar la distancia entre las entidades, los resultados se ven influenciados por el tamaño de los cuadrados.

15.3.3. Estadística basada en la distancia y el conjunto de puntos

Este método se basa en la separación entre los puntos y usa la distancia entre cada punto y su vecino más próximo. Se obtiene la distancia media d y se realiza el contraste de hipótesis en el que H_0 sigue siendo una distribución completamente aleatoria. En este caso se demuestra que el valor esperado de la variable es:

$$(11) \quad E(d_i) \cong 0,5\sqrt{A/N}$$

$$(12) \quad \sigma_d^2 \cong 0,0683 \frac{A}{N^2}$$

con lo que el estadístico que se usa en el contraste sigue una distribución normal:

$$(13) \quad z = \frac{d - E(d_i)}{\sigma_d^2}$$

Si el estadístico z es negativo $d < E(d_i)$, en promedio, los puntos están más cercanos de lo esperado, lo que indica la presencia de agrupamientos.

Si el estadístico z es positivo, la distribución está significativamente dispersa, presenta una cierta regularidad.

El principal problema de esta aproximación proviene de que las ecuaciones dadas para $E(d_i)$ y σ_d^2 se refieren a una distribución aleatoria sobre un área infinita y no delimitada. Las distribuciones empíricas están acotadas y esto influye en las distancias al vecino más próximo de los puntos situados cerca de la frontera.

Un ejemplo de aplicación de la estadística basada en la distancia es el análisis de la delincuencia en una determinada área geográfica.

En resumen, este método tiene en cuenta la distancia entre las entidades pero el resultado puede ser sesgado en el caso de que haya muchas entidades cerca del borde del área de estudio.

15.3.4. Autocorrelación espacial

La autocorrelación espacial se define como la medida de la similitud temática de los objetos geográficos en un área determinada, o como la característica según la cual la presencia de una determinada cantidad o calidad de la variable estudiada en una zona haga más o menos probable su presencia en las zonas o regiones vecinas.

Cada objeto geográfico tiene asociado unas coordenadas espaciales (coordenadas x e y del punto) y unos atributos descriptivos de sus características, por ejemplo un tipo de usos del suelo, tipo de vegetación, etc.). La autocorrelación espacial relaciona las diferencias temáticas de los objetos en función de la distancia que los separa.

En general, si los objetos cercanos se parecen mucho entre sí se dice que existe una autocorrelación espacial positiva; si por el contrario, los objetos cercanos, por el hecho de estar juntos, difieren mucho entre sí, la autocorrelación espacial es negativa (por ejemplo, la

delincuencia suele ser menor en las cercanías de las comisarías de policía, denotando una autocorrelación espacial negativa entre casos de delincuencia y presencia policial).

Por lo tanto, la autocorrelación espacial tiene que ver tanto con la localización geográfica como con los valores hallados de la variable objeto de estudio. Para determinar si el patrón de distribución espacial dista del meramente aleatorio debe utilizarse un índice de comparación.

Todos los índices dedicados a la medida de la autocorrelación espacial tienen una raíz común, la matriz de producto cruzado, o estadístico general de producto cruzado Γ :

$$(14) \quad \Gamma = \sum (W_{ij} \cdot C_{ij})$$

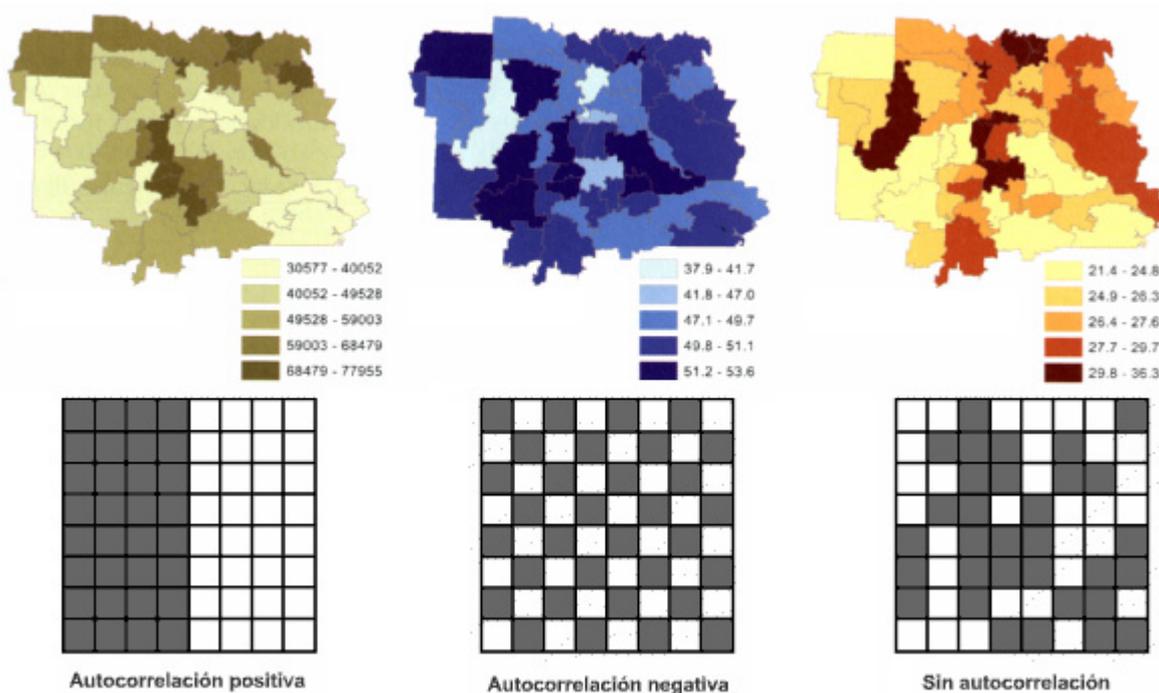


Figura 8. Ejemplos de tipos de autocorrelación. De izquierda a derecha: autocorrelación positiva (salario medio), autocorrelación negativa (porcentaje de mujeres) y autocorrelación nula (porcentaje de población por edad).

Fuente: The ESRI Guide to GIS Analysis. Volume 2

Donde la matriz W_{ij} recibe el nombre de matriz de conexión, de contigüidad o de peso espacial; sus valores representan una forma de medición de la contigüidad en los datos originales (matriz de unos y ceros según se considere la existencia de contigüidad o no entre localizaciones geográficas). La matriz C_{ij} es una medida de la proximidad de los valores i, j (por ejemplo, distancia euclídea, distancia esférica, distancia de Manhattan, etc.)

Existen dos índices de autocorrelación espacial: índice de Geary e índice de Moran.

- Índice de Geary (C)

Su formulación responde a la siguiente expresión:

$$(15) \quad C = \frac{n-1}{2 \sum_i \sum_j W_{ij}} \cdot \frac{\sum_i \sum_j W_{ij} (z_i - z_j)^2}{\sum_i (z_i - \bar{z})^2}$$

donde:

W_{ij} toma el valor 1 si las celdas i y j son vecinas y 0 en caso contrario.

Z_i y Z_j son los valores de la variable temática en i y en j respectivamente. Los índices i y j toman los valores 1, 2, 3, ..., n , siendo n el número total de celdas o elementos del modelo.

La interpretación del índice de autocorrelación espacial de Geary es la siguiente:

- $C < 1$ indica autocorrelación espacial positiva.
- $C = 1$ indica la inexistencia de autocorrelación espacial.
- $C > 1$ indica autocorrelación espacial negativa.

- Índice de Moran (I):

Su formulación responde a la siguiente expresión:

$$(16) \quad I = \frac{\sum_i \sum_j W_{ij} (z_i - \bar{z}) (z_j - \bar{z})}{\sum_i \sum_j W_{ij} \cdot \sigma_z^2}$$

donde $\sigma_z^2 = \frac{\sum_i (z_i - \bar{z})^2}{n}$

La interpretación del índice de autocorrelación espacial de Moran es la siguiente:

- $I < k$ indica autocorrelación espacial positiva.
- $I = k$ indica la inexistencia de autocorrelación espacial.
- $I > k$ indica autocorrelación espacial negativa.

siendo $k = -1/(n-1)$ siendo n el número de celdas o elementos.

Por último, un indicador de suma importancia en la estimación de la autocorrelación espacial es el semivariograma.

El método *kriging* de interpolación espacial utiliza el semivariograma como indicador para conocer el alcance espacial de la autocorrelación en una variable geográfica (por ejemplo altitudes). Su expresión es la siguiente:

$$(17) \quad \gamma(h) = \frac{\sum_i (X_i - \bar{X}) \cdot (X_j - \bar{X})}{2n}$$

donde:

X_i y X_j son los valores de la variable en dos puntos espaciales distintos

h es la distancia de separación

n es el número de puntos.

\bar{X} la media de la variable

15.3.5. Métodos de regresión

Son los métodos que establecen el modelo de relación entre una variable dependiente o de respuesta y varias independientes, también llamadas predictivas o regresivas.

Hay diferentes métodos de regresión:

- Regresión lineal simple

Es el modelo más sencillo y estudia la relación lineal entre la variable respuesta y la variable regresiva, a partir de una muestra de datos que sigue la siguiente ecuación:

$$(18) \quad \begin{aligned} y &= \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_n x_n \\ y &= x\beta \end{aligned}$$

donde β es el vector columna de parámetros a determinar y x el vector fila de variables independientes.

El modelo de regresión lineal cumple los siguientes supuestos:

- La relación entre las variables es lineal.
- Los errores son independientes, de varianza constante y media igual a cero.
- El error total es la suma de todos los errores.

Para estimar los parámetros hay dos métodos:

- Método de máxima verosimilitud:

selecciona como estimación aquel valor del parámetro que tiene la propiedad de maximizar el valor de la probabilidad de la muestra aleatoria observada o la función de verosimilitud (L):

$$(19) \quad L(\beta; x_1, x_2, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n f(x_i; \beta)$$

para una muestra aleatoria simple x_1, x_2, \dots, x_n de una distribución con función de probabilidad (caso discreto) o densidad de probabilidad (caso continuo), $f(x_i; \beta)$.

La función $L(\beta; x_1, x_2, \dots, x_n)$ considerada como función del parámetro β , recibe el nombre de función de verosimilitud de la muestra. Si $t = g(x_1, x_2, \dots, x_n)$ es el valor de β para el cual el valor de la función de verosimilitud es máxima, entonces t es el estimador de máxima verosimilitud de β .

- Método de mínimos cuadrados:

consiste en buscar los valores de los parámetros que minimizan una cierta función cuadrática de los mismos, la suma de los cuadrados de los errores.

$$(20) \quad \min \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)$$

siendo Y_i los valores observados e \hat{Y}_i los valores reales o estimados

Un ejemplo de regresión lineal es la relación entre el número de nacimientos y el porcentaje de población de un área rural.

- Regresión múltiple

Estudia cómo dos o más variables independientes influyen sobre una variable dependiente

$$(21) \quad y = a + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_n x_n$$

- Regresión multivariable

Estudia como dos o más variables independientes influyen sobre varias variables dependientes.

- Regresión logística

Cuando la variable dependiente tiene una respuesta dicotómica, o sea una respuesta binaria del tipo 0/1, ausente/presente, sano/enfermo, etc. En caso de que las variables independientes sean cuantitativas se denominan covariadas o categóricas.

El modelo logístico establece la siguiente relación entre la probabilidad de que ocurra el suceso y que la variable tome los valores x_1, x_2, \dots, x_n :

$$(22) \quad P(Y = 1 | x_1, x_2, x_n) = \frac{1}{1 + \exp(-\alpha - \beta_1 x_1 - \beta_2 x_2 - \dots - \beta_n x_n)}$$

Los parámetros α y β se estiman mediante el método de máxima verosimilitud.

- Regresión de Poisson

Cuando la variable dependiente es un índice, por ejemplo el número de nacimientos, el número de defunciones, etc. Se dice que una variable es de Poisson cuando el número de eventos que ocurren en un intervalo temporal o espacial de tamaño dado cumple las siguientes condiciones:

- que el número de eventos que ocurren en el intervalo sea independiente del número de los que ocurren fuera de él.

- que haya un intervalo lo suficientemente pequeño, de tamaño h , para el que la probabilidad de que ocurra un sólo evento sea proporcional al tamaño del intervalo, es decir λh , siendo por tanto λ (constante) la probabilidad de que ocurra un evento en un intervalo de tamaño unidad.

- que la probabilidad de que en cualquier intervalo de tamaño h ocurran dos o más eventos, sea prácticamente 0.

Ejemplos de este tipo de variables, con intervalos temporales, son: número de accidentes, durante un año, en un cruce de carreteras.

Un modelo de regresión para una variable de Poisson es un modelo que permite estudiar si dicha variable depende o no de una o más variables.

Para una única variable independiente X , el modelo sería:

$$(23) \quad \ln \lambda = \beta_0 + \beta_1 X$$

donde \ln es el logaritmo neperiano, β_0 y β_1 son constantes y X una variable que puede ser aleatoria o no, continua o discreta. Este modelo se puede generalizar fácilmente para k variables independientes.

Para estimar los coeficientes de un modelo de Poisson se utiliza el método de máxima verosimilitud.

- **Análisis de la varianza**

Es un modo alternativo de hacer contrastes sobre el coeficiente β . Consiste en descomponer la variación de la variable Y (ecuación 15) en dos componentes: uno la variación de Y alrededor de los valores estimados por la regresión y otro con la variación de los valores estimados alrededor de la media.

- **Análisis de la covarianza**

El análisis de la covarianza busca comparar los resultados obtenidos en diferentes grupos de una variable cuantitativa, y corrige las posibles diferencias entre los grupos en otras variables que pudieran afectar también al resultado (denominadas covariantes).

Bibliografía

- [1] Smith. J, Goodchild, M.F, Longley, P A Geospatial Analysis. The comprehensive independent guide to principles, techniques & software tools. Capítulos 1 y 5.

- [2] Burt, J.E, Barber, G.M. Elementary Statistics for Geographers. Guilford Press. pag: 383-459,539-572
- [3] Mitchell, A. The ESRI Guide to GIS Analysis. Volume 2: Spatial Measurements & Statistics .ESRI press. Capítulos 3 y 4.
- [4] Steward, A., Brunson, C. and Charlton, M. Quantitative Geography. Perspectives on Spatial Data Analysis. SAGE Publications.Capítulos 4, 7 y 8.

Tema 16. La Teledetección y la Geografía. Análisis visual y digital de imágenes. Sensores hiperespectrales aéreos y de satélite: Principios. Sensores y plataformas. Técnicas de tratamiento hiperespectral. Aplicaciones. Obtención de información de vegetación mediante LIDAR.

16.1. La Teledetección y la Geografía

El desarrollo que en los últimos años ha experimentado la observación de la tierra, tanto a partir de sensores a bordo de plataformas espaciales como aeroportados, la han convertido en una herramienta fundamental en el estudio, seguimiento y comprensión de los fenómenos acaecidos sobre la superficie terrestre. Este desarrollo unido a las ventajas de la teledetección desde satélite frente a otros medios de observación de la tierra más convencionales, tales como la fotografía aérea o el trabajo de campo, hacen que la teledetección cuente con numerosas aplicaciones en las ciencias de la Tierra.

Entre las principales ventajas de la teledetección podemos citar (Chuvieco, 2002):

- Cobertura global y exhaustiva de la superficie terrestre: permitiendo adquirir información de prácticamente la totalidad de la superficie terrestre, en condiciones comparables. Esta cobertura global y exhaustiva es fundamental para la comprensión de fenómenos globales como los procesos de desertización, el calentamiento global, cambios en los usos del suelo o el deterioro de la capa de ozono, entre otros.
- Perspectiva panorámica: la altitud de las plataformas espaciales permite detectar grandes espacios proporcionando, por tanto, una amplia visión de los hechos geográficos. Así, mientras que una fotografía aérea con una escala 1:18000 cubre un área aproximada de 16 km², el área abarcada por una imagen de satélite puede ser de varios millones de kilómetros cuadrados.
- Observación multiescala: En la actualidad existen diversos sistemas de teledetección que ofrecen un amplio rango de cobertura espacial que puede oscilar entre 1 m² de resolución en el caso de sensores como QuikBird o Ikonos, hasta 5 km² como es el Meteosat. Debido a que las variables obtenidas por estos sistemas (reflectividad o temperatura) son comparables entre sí, el uso de imágenes de distinta resolución espacial permitiría extender las observaciones locales a otros ámbitos más amplios.

- Información sobre regiones no visibles del espectro: La disponibilidad de información en regiones del espectro electromagnético no accesibles por otros medios (ojo humano o fotografía convencional), permite disponer de información fundamental para el estudio de los fenómenos ambientales.
- Cobertura repetitiva: Los satélites de observación de la Tierra tienen órbitas que les permiten adquirir imágenes de la superficie terrestre en condiciones de observación comparables. Esta medida repetitiva de la Tierra es fundamental para los estudios multitemporales.
- Transmisión inmediata: Los satélites meteorológicos ofrecen transmisión directa al usuario final, siempre que se disponga de una antena receptora adecuada para el sensor correspondiente. El resto de satélites transmiten las imágenes a las estaciones terrestres en tiempo real o permiten grabar los datos para su posterior transmisión cuando el satélite se encuentre sobre el área de grabación de alguna antena dedicada a tal fin. En este caso, existirá cierto retardo entre la adquisición de la imagen y su distribución.
- Formato digital: Agiliza el proceso de interpretación e integración de los datos de satélite con otro tipo de información geográfica para su posterior análisis.

16.1.1. Aplicaciones de la Teledetección

La disponibilidad de datos espacialmente referenciados de amplias regiones proporcionados por las imágenes de satélite de manera rápida, barata, exhaustiva, global, con distintos niveles de resolución (espacial, espectral,...), y su facilidad de integración en un Sistema de Información Geográfica (SIG), han convertido a la teledetección espacial en una valiosa fuente de datos para estudiar numerosos fenómenos geográficos.

Podemos encontrar aplicaciones en:

- Agricultura
- Bosques
- Hidrología
- Incendios forestales
- Clima
- Seguimiento de desastres naturales
- Etc.

Cada una de las aplicaciones anteriores requerirá diferentes resoluciones espaciales, temporales y espectrales para su estudio efectivo (Gibson y Power, 2000). Así por ejemplo, aquellos fenómenos ambientales que sean muy dinámicos con un rápido desarrollo en horas o incluso

minutos como fenómenos meteorológicos, seguimientos de catástrofes naturales o eventos oceanográficos requerirán una alta resolución temporal, aún cuando la resolución espacial sea menor. Por el contrario, en aplicaciones relacionadas con el seguimiento de cultivos o determinados cambios en el uso del suelo la resolución temporal será menor. La figura 1 muestra la relación entre aplicaciones típicas de teledetección y la resolución temporal requerida, así como la relación entre la resolución espacial y la temporal.

El uso de la teledetección en los estudios ambientales se basa en el análisis de la respuesta espectral característica que presentan las cubiertas de la superficie terrestre en las distintas longitudes de onda del espectro electromagnético, denominada firma espectral. Si se observan las curvas características del agua, suelo y vegetación en el espectro óptico se pueden establecer unos patrones generales que permiten su discriminación frente a otras coberturas. Así, en la figura 2 se puede observar el comportamiento característico de:

- Hoja: presenta una baja reflectividad en el visible (0.4 a 0.7 μm) debido al efecto absorbente de los pigmentos de la hoja. Una alta reflectividad en el infrarrojo cercano (0.7 a 1.4 μm) como consecuencia de la estructura interna de la hoja. Una baja reflectividad en el infrarrojo de onda corta (1.4 a 2.5 μm) como consecuencia del efecto de absorción del agua, especialmente claro en 1.6 y 2.2 μm .
- Suelo: Muestra un comportamiento espectral más uniforme que la vegetación y por tanto, una curva espectral más plana. Los principales factores que explican la firma espectral del suelo son su composición química, la textura, la estructura y el contenido de humedad.
- Agua: Absorbe o transmite la mayor parte de la radiación electromagnética que recibe en el espectro óptico. El efecto de absorción aumenta a medida que aumenta la longitud de onda, de manera que la mayor reflectividad del agua se observa en el azul mientras que en infrarrojo cercano ya es casi nula.

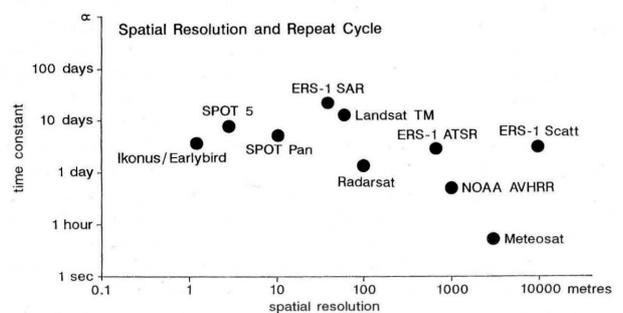
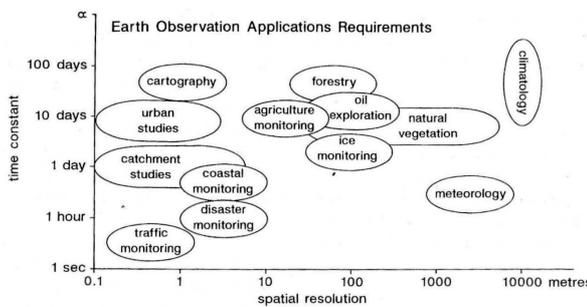


Figura 1. Relación entre aplicaciones de la teledetección y la resolución temporal necesaria a) y relación entre las resoluciones espacial y temporal. (adaptado de Gibson y Power, 2000, pag. 94)

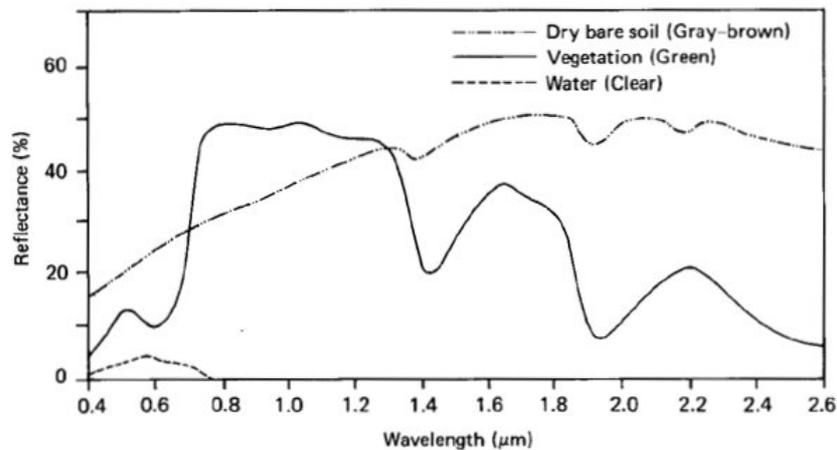


Figura 2. Firmas espectrales de agua, suelo y vegetación en el espectro óptico. (fuente: http://geog.hkbu.edu.hk/virtuallabs/rs/env_backgr_refl.htm)

16.2. Análisis visual y digital de imágenes

Como se comentó anteriormente, el rango de aplicación de las imágenes de satélite es muy amplio. Pueden considerarse dos enfoques fundamentales de análisis de las imágenes de satélite, visual o digital, que pasaremos a describir a continuación.

16.2.1. Análisis visual

Una de las principales ventajas del análisis visual sobre el digital es su capacidad para incorporar criterios complejos en la interpretación, como por ejemplo textura, estructura, emplazamiento o disposición. Estos criterios son de gran importancia para discriminar categorías que presenten un comportamiento espectral similar pero significado temático distinto. Los criterios de interpretación visual más utilizados son (Chuvieco, 2002):

- **Brillo:** Se refiere a la intensidad de energía recibida por el sensor para una banda del espectro determinada, se relaciona por tanto, con el comportamiento espectral de las coberturas en las distintas bandas del espectro. Un aspecto a tener en cuenta en el análisis es que el número de intensidades de gris que podemos distinguir está limitado por nuestra percepción visual que no nos permitirá, en el mejor de los casos, distinguir más de 64 niveles de gris.
- **Color:** resulta un elemento básico en la interpretación visual de imágenes puesto que el ojo humano es más sensible a las variaciones cromáticas que a las variaciones de intensidad. Además el empleo de varias bandas espectrales supone un aumento de la información

utilizada. La utilización de bandas espectrales situadas en regiones del espectro distintas del visible (0.4 a 0.7 μm), proporcionando composiciones en 'falso color' pueden resultar muy interesantes desde el punto de vista de la interpretación temática frente a una composición en color natural utilizando las bandas espectrales azul, verde y roja.

- Textura: se refiere al contraste espacial (heterogeneidad) existente entre los elementos que componen la imagen. Visualmente la textura queda manifestada como la rugosidad (textura grosera) o suavidad (textura fina) de los tonos de gris. La textura procede de la relación entre el tamaño de los objetos que la forman y la resolución del sensor. Entre los factores que afectan a la textura se encuentra el ángulo de observación del sensor, la longitud de onda y las condiciones de iluminación.
- Contexto espacial: hace referencia a la localización de las cubiertas de interés en relación con elementos vecinos de la imagen.
- Sombras: las condiciones de iluminación en una cubierta introduce una notable variedad en su firma espectral característica, de manera que es un aspecto a considerar de cara a evitar señalar fronteras entre coberturas allí donde sólo hay cambios en las condiciones de iluminación. Sin embargo, en el contexto de análisis visual, la sombra producida por la iluminación que recibe un determinado objeto resulta clave par su detección o identificación.
- Patrón espacial: indica una organización determinada de los objetos que forman una cubierta. Aunque muy empleado en fotografía aérea, su empleo en imágenes de satélite ha estado bastante limitado debido a la resolución espacial de los sensores.
- Forma/Tamaño: la forma resulta un elemento clave para identificar un objeto. El empleo de este factor es más determinante en las imágenes de alta resolución espacial, mientras que en el caso de los sensores de resolución media. El tamaño facilita la discriminación de elementos que presenten una forma parecida (campo de fútbol/pista de tenis).
- Visión estereoscópica: el aporte de una visión tridimensional es fundamental para el reconocimiento geomorfológico y de cubiertas del suelo.
- Periodo de adquisición: Podemos considerar un enfoque multi-anual que nos permitiría detectar cambios entre dos fechas de referencia, que nos permitiría seguir la evolución de una zona en un período determinado de tiempo, o bien un enfoque multi-estacional, que permitiría incorporar información sobre el ciclo estacional de las cubiertas vegetales, siendo muy útil para discriminar algunos cultivos y especies forestales.

En cualquier trabajo que se base en el análisis visual de imágenes, deben considerarse una serie de elementos como son: las características geométricas de la imagen, la resolución espacial, así como el efecto de la resolución espectral.

16.2.2. Análisis digital

El procesamiento digital de imágenes implica la manipulación e interpretación digital de imágenes con ayuda de un ordenador. Aunque las formas posibles de manipulación digital de imágenes son prácticamente infinitas, de acuerdo con Lillesand y Kiefer (1994) los procedimientos empleados se pueden categorizar en uno (o más) de los cinco grupos de operaciones siguientes:

- Rectificación y restauración de la imagen: estas operaciones están dirigidas hacia la corrección de los datos de imagen distorsionados o degradados para crear una representación más fidedigna de la escena original. Normalmente incluye los procesos de corrección geométrica, calibración radiométrica y eliminación del ruido presente en la escena. Puesto que estas operaciones preceden a la manipulación y análisis de los datos de imagen para extraer información específica, esta fase se suele denominar *pre-procesamiento*.
- Realce de imágenes: son operaciones encaminadas a incrementar la distinción visual entre distintas características de la escena. El objetivo es crear nuevas imágenes a partir de los datos de imagen originales para aumentar la cantidad de información que se puede interpretar visualmente. Estas operaciones incluyen procesos de realce de contraste, filtrado y operaciones que incluyan varias bandas espectrales.
- Clasificación de la imagen: los procesos de clasificación de imágenes se basan normalmente en la aplicación de ‘reglas de decisión’ estadísticas para determinar la cobertura del suelo de cada píxel de la imagen. Ahora bien, estas reglas de decisión se pueden basar solamente en la radiancia espectral de la escena en cuyo caso hablaríamos de *reconocimiento de patrones espectrales*, o bien se pueden basar en patrones geométricos (forma, tamaños,...), en este caso hablaríamos de *reconocimiento de patrones espaciales*. En cualquier caso el objetivo perseguido con la clasificación de imágenes es categorizar todos los píxeles de la imagen en una de las clases consideradas.
- Combinación de datos e integración en un SIG: el objetivo es combinar los datos obtenidos mediante teledetección con otras fuentes de información en el contexto de los Sistemas de Información Geográfica.
- Modelado biofísico: El objetivo es relacionar cuantitativamente los datos obtenidos mediante sensores remotos con características biofísicas y fenómenos medidos sobre el terreno.

Debe tenerse en cuenta que aunque estas operaciones se hayan separado en cinco grupos generales, todas ellas están interrelacionadas. A continuación se describirán algunos procedimientos del análisis digital de imágenes en más profundidad.

- **Ajuste del contraste**

Son operaciones para adaptar la resolución radiométrica de la imagen a la capacidad del monitor de visualización. Podemos considerar dos situaciones: 1) si el rango de números digitales (ND) es mayor que el rango de niveles visuales (NV) del sistema de visualización es necesario aplicar una reducción del contraste. 2) si el rango de ND es menor que el rango de NV será necesario expandir el contraste. La expansión del contraste se puede realizar de manera lineal ($NV=a+ND*b$), mediante un ecualización del histograma (aplicando una expansión proporcional a la frecuencia de los ND), o aplicando la expansión a un rango específico de ND.

- **Filtrado de datos**

Se utiliza para aislar componentes de interés. Mediante las técnicas de filtraje se pretende suavizar o reforzar la diferencia entre el ND de un píxel y el de sus vecinos. Las operaciones de filtrado pueden agruparse en filtros de paso bajo y filtros de paso alto. Los filtros de paso bajo suavizan los contrastes espaciales presentes en la imagen, siendo mayor su efecto cuanto mayor es la ventana empleada. Entre los filtros de paso bajo podemos encontrar: filtro de media, mediana o filtro modal. Por su parte, los filtros de paso alto pretenden aislar los componentes de alta frecuencia en una imagen, reforzando los contornos entre áreas homogéneas, evidenciando cualquier discontinuidad. La forma más sencilla de conseguir este objetivo es restar la imagen obtenida por un filtro de paso bajo de la imagen original. Entre los filtros de paso alto encontramos el filtro Laplaciano, Sobel, Prewitt, Gausiano, etc.

- **Cocientes e índices espectrales**

Permiten mejorar la discriminación entre dos cubiertas que presenten un comportamiento reflectivo muy distinto en esas bandas, y reducen el efecto del relieve (pendiente y orientación) en la caracterización espectral de distintas cubiertas. Así, basándose en el contraste espectral que presenta la vegetación vigorosa en las regiones del rojo (R) y el infrarrojo cercano (IRC), se definen los índices de vegetación. Entre los índices de vegetación más comunes se encuentran el cociente entre las bandas IRC y R, o el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), el cual se ha relacionado con el contenido de clorofila, el contenido de agua en la hoja, flujo neto de CO₂, productividad neta de la vegetación, el índice de área foliar

(LAI) o la dinámica fenológica. Otros índices de vegetación propuestos son el índice de vegetación ajustado al suelo (SAVI) que tiene en cuenta el efecto del suelo en la respuesta espectral, el índice de vegetación atmosféricamente resistente (ARVI) o el GEMI (Global Environmental Monitoring Index) que reduce simultáneamente el efecto atmosférico y de cambios en el color del suelo. También se han propuesto índices para detectar áreas quemadas, o resaltar determinadas características geológicas o litológicas. La siguiente tabla muestra algunos índices espectrales comúnmente empleados.

Otras transformaciones aplicadas sobre las imágenes de satélite son: análisis de componentes principales, que permite reducir el número de bandas de la imagen original en otro conjunto más reducido que contenga la mayoría de información original (se explicará más detalladamente dentro de las técnicas de tratamiento hiperespectral); la transformación Tasseled Cap que reduce la imagen original a tres componentes con significado físico denominados brillo, verdor y humedad; o la transformación Intensidad, Tono, Saturación (IHS) que ha mostrado su interés para mejorar la discriminación de rasgos de marcado carácter cromático y para combinar imágenes de distinta resolución espacial, transformando las coordenadas de la imagen de los colores primarios (RVA) a las propiedades del color (IHS).

- **Clasificación de la imagen**

El objetivo general de la clasificación digital de imágenes es asignar automáticamente todos los píxeles de una imagen a una categoría determinada, de manera que el ND de un píxel clasificado no tiene relación con la radiancia detectada por el sensor, sino que es el identificador de la clase a la que pertenece ese píxel. Si consideramos un enfoque de reconocimiento de patrones espectrales, la base numérica de la clasificación será la información almacenada en las distintas bandas espectrales. Podemos considerar fundamentalmente dos enfoques para realizar la clasificación, supervisado y no supervisado, si bien también se han propuesto enfoques mixtos que los combinan.

16.3. Sensores hiperespectrales aéreos y de satélite: Principios

La característica fundamental de los sensores hiperespectrales, como su propio nombre indica, es su muy alta resolución espectral, que les permite adquirir un espectro bastante continuo de cualquier píxel observado en terreno. Se trata de equipos de muy alta resolución espectral que permite obtener imágenes en un gran número de bandas. En la figura 3 se muestra la comparación entre dos espectros correspondientes a la misma cubierta vegetal: el espectro continuo corresponde a un sensor hiperespectral (en rojo), mientras que el espectro en azul

corresponde al sensor Landsat-TM (multiespectral). Es evidente que el espectro continuo describe mejor las características de la cubierta medida.

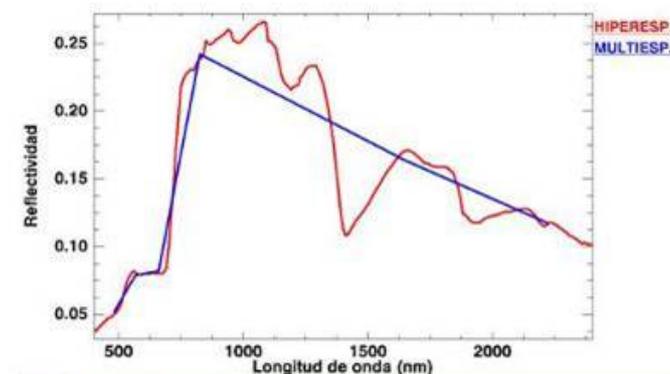


Figura 3. Comparación entre dos espectros correspondientes a la misma cubierta vegetal. El espectro en rojo ha sido medido con un sensor hiperespectral, mientras que el espectro en azul proviene del Landsat-TM.

Hasta hace muy poco estos equipos eran muy escasos, por lo que los datos disponibles restringían notablemente el rango de aplicaciones.

16.4. Sensores y Plataformas

El vertiginoso desarrollo que ha experimentado la teledetección en los últimos años ha venido acompañado, como es lógico, del desarrollo y lanzamiento de nuevos sensores que han permitido mejorar la capacidad de observación de la Tierra.

Los sensores hiperespectrales fueron desarrollados principalmente para su utilización en plataformas aéreas. De este modo se combina la alta resolución espectral y radiométrica (elevado número de bandas estrechas) con una alta resolución espacial.

En los inicios de los noventa se realizaron algunos estudios con el sensor **HIRIS** (*High Resolution Imaging Spectrometer*), dotado de 192 canales, distribuidos entre el visible (VIS) y el infrarrojo cercano (IRC). Estos sensores de alta resolución espectral permiten recoger información en bandas muy estrechas, discriminando parámetros críticos de la vegetación o los suelos, que no serían perceptibles con sensores convencionales. A partir de estas imágenes se obtuvieron variables biofísicas de gran interés para entender mejor el funcionamiento de la fisiología vegetal, como el contenido de clorofila, lignina, nitrógeno o agua, así como algunos minerales presentes en el suelo.

La puesta a punto del **AVIRIS** (*Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer*) supuso un incremento considerable de este tipo de estudios. Este sensor vuela sobre un avión U2 y es

operado por el *Jet Propulsion Laboratory* (JPL), facilita 224 canales contiguos, que van desde 400 hasta 2500 nm, codificado en 12 bits a partir del 1995. Esto permite realizar espectros continuos de una gran cantidad de paisajes, con resoluciones que van de 5 a 20 m, dependiendo de la altura de vuelo. La gama de estudios realizados con este sensor es muy amplia, si bien el análisis de rasgos vegetales y tipos de suelos han tenido una mayor repercusión. Los datos de AVIRIS permiten extraer diversos parámetros estructurales de la cubierta forestal, como la edad de la plantación, la importancia del sustrato o el efecto de las sombras.

Actualmente existen más de 60 tipos de sensores hiperespectrales aeroportados.

Una lista completa de los sensores existentes está disponible en:

- Herbert J. Kramer, *Observation of the Earth and Its Environment, Survey of Missions and Sensors*, Second Edition p. 580 Springer-Verlag, 1994 ISBN 3-540-57858-7. ISBN 0-387-57858-7;
- Preview - Earth Observation Satellites and Sensors. http://www.space-risks.com/SpaceData/index.php?id_page=6 .

Los más comunes en Europa son:

- Los sensores producidos por AISA (Finlandia):
 - o AISA Eagle: cubre VIS y IRC (desde 400 hasta 970) en 244 bandas;
 - o AISA Hawk: cubre el SWIR (desde 1000 hasta 2400 nm) en 320 bandas;
 - o AISA Double: combina los dos anteriores.
- El APEX: construido por un consorcio Suizo-belga en colaboración con la Agencia Espacial Europea (ESA). Se trata de un simulador para la calibración y la validación de futuras misiones hiperespectrales espaciales. Tiene aproximadamente 300 bandas ajustables, cubre desde 400 hasta 2500 nm con una resolución espacial entre 2 y 5 m. Estará operativo a partir de la mitad de 2008.
- El ARES (Airborne Reflective Emissive Spectrometer): construido por australianos y alemanes (DLR), cubre el espectro óptico entre 470 y 2420 nm, y el térmico (TIR) entre 8.5 y 12.5 μm .
- Finalmente, el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) español, ha adquirido un AHS (Airborne Hyperspectral System) que cubre el espectro óptico entre 430 y 2540 nm, el MIR entre 3.3 y 5.4 μm y el TIR entre 8.2 y 12.7 μm , con un total de 80 canales.

Solo en las últimas décadas se ha podido obtener sensores con un buen ratio señal-ruido y esto ha abierto la posibilidad de lanzar satélites hiperespectrales.

Actualmente existe solo un ejemplo de satélite hiperespectral en órbita: el sensor *Hyperion* a bordo de la plataforma EO-1, lanzada en noviembre de 2000. *Hyperion* proporciona 220 bandas espectrales entre 400 y 2500 nm, con una resolución en terreno de 30m y un área abarcada de 7,5 x 180 Km. El carácter experimental de este sensor y su corta vida esperada (poco más de un año) han reducido mucho su difusión, pero se espera que sirva como banco de prueba para evaluar el rendimiento de futuros sensores espaciales con capacidad hiperespectral.

De hecho, en Europa un consorcio alemán está trabajando en la puesta en órbita de un nuevo satélite hiperespectral: el *EnMap* (*Environmental Mapping and Analysis Program*). El EnMap se espera que esté operativo desde el 2012 hasta el 2017. Tendrá un píxel de 30 m en el nadir y abarcará un área mayor respecto a *Hyperion* (30 x 390 Km). Su rango espectral será de 198 bandas entre 420 y 2450 nm.

16.5. Técnicas de tratamiento hiperespectral. Aplicaciones

Además del notable incremento de los datos a procesar que esto implica (unas 40 veces más datos por píxel que con un sensor convencional), esa detallada definición de cada píxel nos permite introducir tratamientos bastante específicos a partir de estas imágenes, que no serían abordable con unas pocas bandas.

La disponibilidad de un gran número de bandas permite a estos sensores, en la mayoría de los casos, definir espectros continuos para cada píxel de la imagen, de forma similar a las curvas que podemos obtener con un espectroradiómetro de laboratorio, con la diferencia de que en este caso sólo medimos un punto, mientras la imagen nos proporciona una representación bidimensional de los espectros.

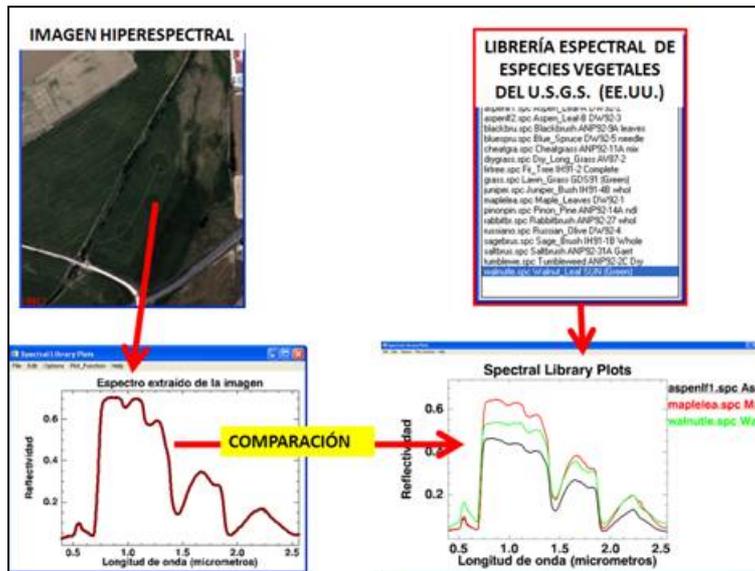


Figura 4. Ejemplo del proceso de comparación entre los espectros extraídos de las imágenes hiperespectrales y los que están incluidos en las librerías espectrales.

En consecuencia, la forma más elemental de analizar una imagen hiperespectral sería comparar los espectros (fig. 4) que de ella se derivan con los que podemos obtener a partir de equipos de laboratorio, o de bibliotecas espectrales disponibles al público (listas documentadas de espectros de referencia). Lógicamente, esto supone convertir previamente los ND originales en valores de reflectividad, para lo que es preciso aplicar la calibración y las correcciones atmosféricas y topográficas oportunas. A partir de ahí puede identificarse la cubierta de un píxel comparando su espectro con otros de referencia, aplicando técnicas que permitan ver a cuál es más similar. Entre los métodos disponibles, los dos más comunes son: la codificación binaria y la absorción diferencial.

La codificación binaria es una sencilla técnica que calcula, para cada banda espectral, si la reflectividad observada es mayor o menor a la reflectividad media de ese espectro, asignándole un valor 0 si es inferior y 1 si es superior. Si dos espectros son similares tenderán a presentar la misma cadencia de ceros y unos a lo largo de las distintas bandas que forman estos espectros. Por tanto, al comparar la codificación binaria de un espectro desconocido con otro de referencia que corresponda a la misma cubierta obtendríamos un elevado porcentaje de parejas 0-0 y 1-1. Para cuantificar la similitud entre espectros podemos calcular un sencillo índice que denominamos índice del acuerdo espectral (IAE):

$$(1) \text{IAE} = (\sum_{k=1,m} (CB_{i,k} - CB_{j,k})^2) / m$$

donde $CB_{i,k}$ indica la codificación binaria (0/1) del espectro i (el que queremos identificar) para la banda k , m el número de bandas, y $CB_{j,k}$ la codificación del espectro de referencia para la

misma banda. Cuanto más cercano a 0 el IAE, los espectros serán más similares y cuanto más próximo a 1, más distintos.

En la misma línea de la codificación binaria se encuentra la técnica denominada *continuum removal*, que podríamos traducir como análisis de absorción diferencial frente a la tendencia. Se trata de señalar en cada espectro una serie de valores culminantes, que marquen los valores máximos de reflectividad en distintos segmentos del espectro (máximos locales). Estos máximos sirven para señalar las tendencias del continuo (fig. 5). Estos valores se utilizan para normalizar los espectros extraídos de la imagen y/o de una biblioteca espectral de referencia dividiendo estos valores por los de la tendencia, lo que permite eliminar el efecto del albedo, reduciendo la principal fuente de variación de una imagen y centrándose en lo específico de cada banda (la absorción diferencial). Comparando las bandas de absorción con las que ofrezca otro espectro de referencia podrá asignarse un determinado píxel hiperespectral a una categoría de interés.

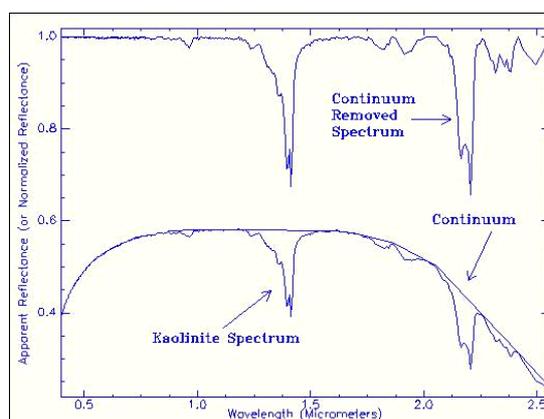


Figura 5. Ejemplo de *continuum removal*.

Además de la longitud de onda promedio de esas bandas de absorción también es interesante analizar cuál es la intensidad de la absorción, que corresponde a la “profundidad” del pico de absorción o, lo que es lo mismo, la magnitud de la diferencia frente a la tendencia, así como su anchura y asimetría. Estos rasgos facilitan el análisis de un espectro desconocido, delimitando rasgos de gran interés para determinar sus propiedades biofísicas. En el caso de estudios sobre vegetación, estas técnicas se aplican a la determinación del contenido de agua o de clorofila en las plantas. Por ejemplo, en la figura 4, es muestra como varía la firma espectral de una hoja debido a la senescencia. Cuando la hoja está verde (espectro verde oscuro en la fig.6) predomina el efecto de las clorofilas (que absorben en las regiones del azul y rojo y reflejan en el verde, confiriendo a las hojas el color verde). A medida que la hoja envejece, disminuye la actividad y el contenido de clorofilas y aumentan las antocianinas, las xantofilas, los carotinoides y los pigmentos marrones. Esto se refleja en un aumento de la reflectividad en el rojo y en la desaparición de los picos de absorción de las clorofilas. Estos cambios en la “forma” y

“profundidad” de esos picos de absorción de los espectros pueden ser fácilmente investigados utilizando las técnicas descritas en este apartado.

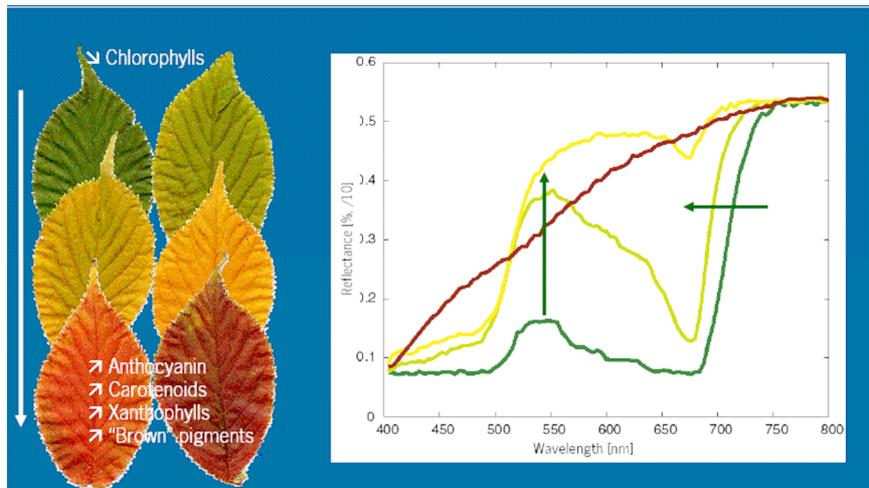


Figura 6. Ejemplo de la variación en la firma espectral de una hoja debido a la senescencia (elaboración de Z. Malenovsky, 2007).

Otra técnica de análisis de imágenes hiperespectrales es la denominada clasificación angular. El clasificador angular (*Spectral Angle Mapper, SAM*) considera los espectros como vectores orientados en un espacio con tantas dimensiones como las bandas de la imagen. La similitud entre el espectro en examen y el espectro de referencia se mide en términos de distancia angular. Para ejemplificar este concepto, consideraremos el caso más sencillo (fig.7) en el que tenemos solo dos bandas (banda 1 y banda 2 que forman los ejes de nuestro espacio bidimensional). Los espectros (el desconocido que queremos clasificar, y el de referencia) se representan como vectores. La similitud entre esos espectros se determina calculando el ángulo que forman entre ellos los vectores (en caso de tener más de 2 bandas se tratará de un ángulo sólido). De este modo, el espectro desconocido se asignará a la clase del espectro de referencia con el que forme el ángulo más pequeño. Esta técnica tiene la ventaja de ser bastante independiente de las condiciones de iluminación, que hace referencia a la longitud de los vectores.

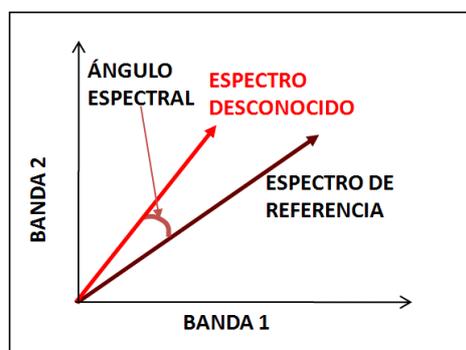


Figura 7. Ejemplo simplificado de clasificación angular.

Este clasificador se utiliza cuando se tiene a disposición una librería espectral de referencia que contiene los espectros correspondientes a las clases que se quieren reconocer en la imagen hiperespectral.

Si por un lado el hecho de contar con un amplio número de bandas tiene un gran interés, también lleva consigo una serie de dificultades, tanto en lo que se refiere al almacenamiento y proceso de la información, como a posibles problemas estadísticos que surgen cuando las variables analizadas tienen una alta correlación entre sí. Para paliar estos dos problemas (almacenamiento y redundancia) se recomienda con frecuencia utilizar alguna técnica de compactación de datos, que permita retener la mayor parte de la información original en un menor número de bandas. Con esta finalidad se utilizan varias técnicas, que pretenden retener la información más significativa contenida en la imagen hiperespectral.

Una de las más conocidas está basada en el análisis de componentes principales (ACP). Se denomina Fracción de Mínimo Ruido (Minimum Noise Fraction, MNF), y consiste en aplicar dos ACP consecutivos: el primero, basado en la estimación de la matriz de covarianza del ruido, permite eliminar redundancia y re-escalar el ruido de los datos; el segundo es un ACP convencional de los datos ya depurados. El ruido se estima a partir de los componentes más marginales de los autovalores, centrando el análisis en aquellos que retienen la mayor parte de la información original.

Otra técnica de reducción de ruido en imágenes hiperespectrales es el denominado análisis en primer y segundo plano (*Foreground/Background Analysis, FBA*), en donde los espectros se dividen en dos grupos (primer y segundo plano). En el primer plano se coloca la información que nos interesa realzar y se proyecta en el eje de unos, mientras que la información de menor interés se proyecta sobre ceros. De esta forma se recogen las principales fuentes de variación en las características que pretenden medirse. Se proyectan estos dos grupos de tal manera que se maximicen las diferencias entre ellos, minimizando la diferencia en el interior de los grupos. Esto se hace definiendo un vector de pesos para cada banda que tienda a equiparar a 1 los espectros del primer plano y a 0 los del segundo. La técnica se utilizó con éxito para estimar algunas variables biofísicas de las hojas a partir de espectros de laboratorio para distintas especies vegetales.

Finalmente, otra técnica de tratamiento hiperespectral es el análisis lineal de mezclas espectrales (ALME, o en inglés *Spectral Mixture Analysis, SMA*). El ALME parte de asumir que la señal captada para un determinado píxel puede ser una mezcla de las reflectividades procedentes de varias cubiertas, en función de la superficie que ocupan en ese píxel, y pretende obtener

precisamente esas proporciones. Por tanto, como resultado de esta técnica obtendremos tantas imágenes de salida como categorías pretendan estudiarse. En cada una de ellas, el ND de un determinado píxel indicará el porcentaje de superficie que ocupa esa categoría.

Tradicionalmente la clasificación de imágenes de satélite ha tenido por misión asignar cada píxel a una, y sólo una, de las categorías previamente definidas en la leyenda de trabajo. Con ser de gran interés este planteamiento, resulta un enfoque algo limitado para ciertas aplicaciones. La necesidad de categorizar cada píxel de la imagen con un código exclusivo implica asumir que ese píxel es homogéneo o, dicho de otra forma, que toda la superficie está cubierta por la categoría a la que se ha asignado. En definitiva, esa clasificación de la imagen no considera que la radiancia/reflectividad proveniente de un píxel, en la mayor parte de las ocasiones, es una mezcla de distintas cubiertas, y que al clasificarlo simplemente optamos por asignarlo a la cubierta dominante. Este objetivo es habitual en el ámbito de la cartografía temática convencional. Cuando en realidad existe esa mezcla, que va más allá de la mínima unidad cartografiable a una determinada escala, las opciones más empleadas son, o bien simplificar la realidad, prescindiendo de las categorías menos representativas, o bien generar categorías mixtas, en donde la realidad se etiqueta considerando esa difícil separación en componentes. Las denominaciones “mosaico de cultivos” o “matorral arbolado” son ejemplos de este segundo enfoque.

Una alternativa a ambos planteamientos es emplear técnicas que permitan extraer información sobre el grado de mezcla presente en cada píxel. En otras palabras, se trataría de obtener imágenes que nos indiquen la proporción de cada categoría de interés en un píxel, asumiendo que la respuesta recibida por el sensor es, de alguna forma, una combinación de firmas espectrales puras.

El ALME parte de los siguientes supuestos:

- La radiación recibida por el sensor desde cada tipo de cubierta se restringe al ámbito de la parcela ocupada por ese píxel. No se considera la señal procedente de las cubiertas vecinas.
- En caso de píxeles que contengan más de un tipo de cubierta, la radiancia global se considera proporcional a la superficie ocupada por cada cubierta. La linealidad de la mezcla es asumible sólo para las bandas del espectro óptico, no en el térmico.
- Se asume que existen firmas espectrales puras, válidas para toda la zona analizada.

Si estas tres suposiciones son admisibles, podemos asumir que la reflectividad de un determinado píxel con mezcla es una combinación lineal de la reflectividad característica de unas cubiertas o componentes básicos (que denominaremos componentes puros o miembros terminales: *endmembers*), en proporción equivalente a la superficie que ocupan.

Por último, existen otras dos restricciones:

- 1- La proporción de cada componente puro debe estar entre 0 y 1.
- 2- No pueden existir proporciones negativas.

Por ejemplo, los componentes puros podrían ser la vegetación sana, el suelo y las sombras, para un estudio de deforestación; las plantaciones forestales vigorosas, las recientemente cortadas y las que ofrecen un proceso de regeneración, en el caso de un estudio forestal; la vegetación sana, la quemada y las sombras, para la cartografía de incendios forestales, o los tipos de cultivos para un inventario de cosechas.

Una limitación importante del ALME es que el número de componentes puros de una imagen no debe superar al número de las bandas más uno utilizado para el cálculo de las fracciones. Es decir, si dispongo de 10 bandas podré “desmezclar” 11 componentes puros.

Las firmas características de los miembros puros pueden obtenerse de distinta forma:

- 1- A partir de la propia imagen. En este caso se puede seleccionar las áreas homogéneas a partir del conocimiento del área de estudio (teniendo en cuenta la resolución espacial del sensor que estamos utilizando) o extrayendo los datos de la imagen con un procedimiento más objetivo que permita asegurar la calidad de las estadísticas aun con escaso conocimiento del territorio. La técnica más extendida es la denominada *Pixel Purity Index* (PPI). El método parte de representar la nube de puntos de una determinada imagen en un espacio n-dimensional, que se va re proyectando aleatoriamente. En cada iteración se anotan los píxeles extremos de esa nube, señalándose los más puros como aquellos que alcancen con mayor frecuencia la condición de extremos.
- 2- A partir de información externa. Se utilizan como componentes puros las firmas espectrales obtenidas en laboratorio o almacenadas en las bibliotecas espectrales disponibles. Esta opción permite controlar mejor la pureza de los valores de entrada, ya que los espectros se toman en condiciones muy controladas. Sin embargo, esa alternativa tiene otros inconvenientes, como asumir que las imágenes están adecuadamente calibradas y corregidas de efecto atmosférico y topográfico (lo que no resulta trivial).

Por esta razón, en la mayoría de los estudios publicados, la delimitación de las radiancias/reflectividades características se realiza a partir de la propia imagen, señalando en ella áreas puras, y suficientemente representativas, de las cubiertas que se vayan a “desmezclar”. Una vez obtenidas las reflectividades de los componentes puros pueden generarse las imágenes de las proporciones. Normalmente, estas proporciones se obtienen minimizando el error residual de cada píxel.

Precisamente una de las ventajas del ALME frente a otras técnicas es que nos ofrece también una imagen de los errores del modelo en cada píxel, es decir que nos permite conocer el grado de ajuste de nuestro modelo a la realidad de las cubiertas presentes en cada píxel de la imagen. Lógicamente, si el error es alto para una determinada zona de la imagen, se deduce que hay componentes puros de importancia que no se han considerado en el proceso.

El ALME resulta de gran interés para extraer información compleja de las imágenes hiperespectrales, pero no se restringe a este tipo de datos, sino que se ha empleado en contextos muy variados. Es muy apropiada para expresar el carácter continuo de los datos ambientales, que no tienen una clara solución de continuidad en el espacio. El campo más claro de aplicación es el agrícola (superficie cultivada y rendimiento), en donde el ALME ha mostrado ya excelentes resultados. Asimismo resulta una herramienta clave en los estudios de deforestación, para estudiar la regeneración de especies vegetales, densidad de la cubierta, cartografía de la vegetación, y en el seguimiento y discriminación de áreas quemadas. Además, se ha utilizado profusamente en cartografía de suelos y formaciones minerales.

Finalmente comentaremos, como técnica de análisis hiperespectral, el Análisis de componentes principales (ACP): La adquisición de imágenes sobre bandas adyacentes del espectro, implica con frecuencia detectar información redundante, puesto que tipos de cubierta tienden a presentar un comportamiento similar en longitudes de onda próximas. Por ello, las medidas realizadas en una banda pueden presentar una importante correlación con las deducidas de otra (fig.8), haciendo una o varias de ellas prácticamente irrelevantes.

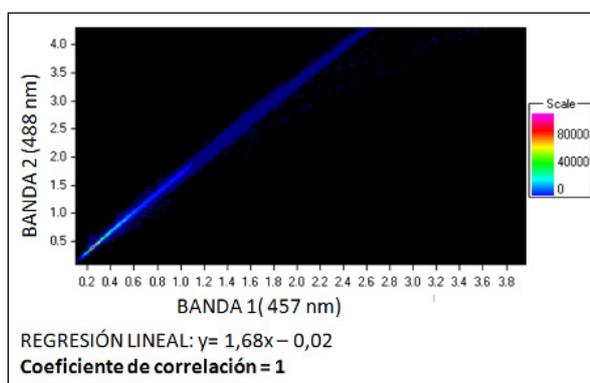


Figura 8. Ejemplo de dispersograma entre la banda 1 (centrada en 457 nm) y la banda 2 (centrada en 488 nm) del sensor hiperespectral AHS.

En este contexto, el ACP permite sintetizar las bandas originales, creando nuevas bandas –los componentes principales de la imagen–, que recojan la parte más relevante de la información original. Esta síntesis resulta muy conveniente cuando se pretende abordar un análisis multitemporal, o cuando se intenta seleccionar las tres bandas más adecuadas para una composición en color. También se utiliza bastante en la exploración geológica. Claro está, que su máxima utilidad se obtiene cuando se aplica esta técnica a las imágenes hiperespectrales. Desde el punto de vista meramente estadístico, el ACP facilita la primera interpretación sobre los ejes de variabilidad de la imagen, lo que permite identificar aquellos rasgos que se recogen en la mayor parte de las bandas y aquellos otros que son específicos a algún grupo de ellas.

La obtención de los componentes principales (CP) de una imagen implica una transformación matemática compleja, que no parece oportuno detallar. En términos sencillos, el proceso se resume en los siguientes pasos. A partir de una matriz de variancia-covariancia de las bandas que componen la imagen original se extraen los autovalores, que expresan la longitud de cada uno de los nuevos componentes, y, en última instancia, la proporción de información original que retienen. Este dato resulta de gran interés para decidir que CP son más interesantes (habitualmente los que mayor información original retengan). Tal y como se obtienen los CP, el autovalor va disminuyendo progresivamente, del primero al último, pues se pretende maximizar sucesivamente la variancia extraída en el análisis. La variancia original explicada por cada CP se calcula como la proporción de su autovalor frente a la suma de todos los autovalores.

Otro indicador muy importante es el autovector. Este indica la ponderación que debe aplicarse a cada una de las bandas originales para obtener el nuevo CP. Dicho brevemente, equivale a los coeficientes de regresión en una transformación lineal estándar, siendo las bandas de la imagen las variables independientes y los CP las dependientes. A partir de los autovectores se calcula la matriz de correlación entre CP y bandas de la imagen que nos permite conocer el sentido espectral de estos componentes (observando la correlación que tienen con las distintas regiones del espectro). El último paso es obtener una imagen de los CP. Estos se pueden visualizar individualmente (en escala de grises) o en composición RGB (en la que cada CP se visualiza en un cañón distinto) (fig.9).

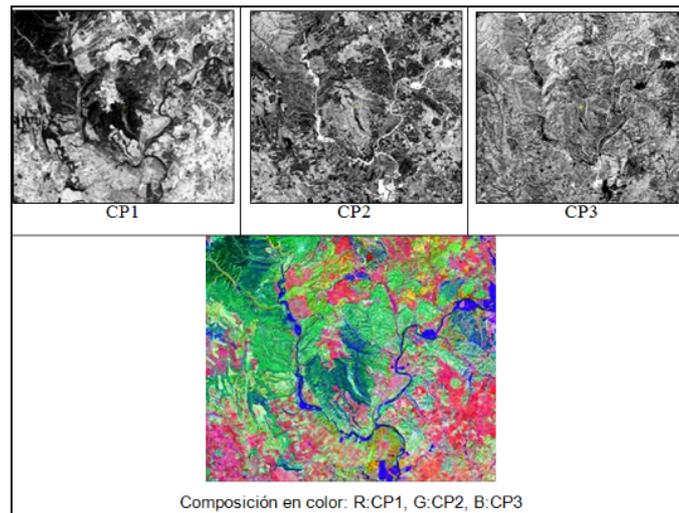


Figura 9. Ejemplo de visualización de los primero 3 CP de una imagen, individualmente en escala de grises (arriba), y en composición de color RGB (abajo).

16.6. Obtención de información de vegetación mediante LIDAR

La palabra LIDAR es el acrónimo de *Light Detection and Ranging*. Se trata de una técnica de teledetección activa, con un principio de funcionamiento similar al RADAR, pero que utiliza una fuente de luz láser en las regiones del visible o infrarrojo cercano en vez de microondas.

Los sistemas LIDAR para aplicaciones forestales se pueden clasificar de acuerdo a las siguientes características (Dubayah y Drake, 2000):

- en función de si graban la distancia para el primer y/o último retorno o si digitizan la señal de retorno completa.
- En función de si se tratan de sistemas de huella pequeña (del orden de varios centímetros) o sistemas de huella ancha (decenas de metros).
- En función de la frecuencia de muestreo/patrón de escaneo.

El principio de medida utilizado en los sistemas de huella pequeña consiste en medir el tiempo que tarda un pulso de energía láser en recorrer la distancia entre el sensor y el objetivo, de manera que (Wehr y Lohr, 1999):

$$(2) \quad R = \frac{1}{2} ct$$

Siendo R la distancia entre el sensor y el objetivo, c es la velocidad de la luz y t es el tiempo empleado por el pulso en recorrer la distancia de ida-vuelta.

En los sistemas de onda continua (sistemas de huella ancha), la distancia se medirá por diferencia de fase de la señal emitida y de la señal recibida:

$$(3) R = \frac{1}{4\pi} \frac{c}{f} \phi$$

Siendo ϕ la diferencia de fase, c la velocidad de la luz y f es la frecuencia.

Los sistemas de huella pequeña pueden no ser sistemas óptimos para cartografiar la estructura vertical (Dubayah y Drake, 2000) como consecuencia de:

- Es difícil que el pulso impacte sobre la parte superior del árbol sobre-muestreando los ‘hombros’ de los mismos, de manera que la verdadera topografía del dosel debe reconstruirse estadísticamente.
- Debido al pequeño tamaño de la huella, el cartografiado de grandes áreas requiere realizar un vuelo extensivo.
- En los sistemas que graban el primer y/o último pulso, es difícil determinar si un pulso en particular ha penetrado el dosel hasta el suelo o no. Por tanto, si no se puede reconstruir correctamente la topografía de debajo del dosel, no se pueden determinar con exactitud las alturas de los árboles.
- En este sentido los sistemas de huella ancha presentan las siguientes ventajas:
- Al aumentar el tamaño de la huella hasta, al menos, el diámetro medio de la copa de los árboles (10-25 m), la energía emitida alcanza el suelo incluso en bosques densos. Además, se evita el problema de pérdida de datos de la copa del árbol que suele ocurrir en los de huella pequeña.
- Estos sistemas presentan un ancho de barrido superior, permitiendo realizar vuelos menos extensivos.
- Digitizan toda la señal, proporcionando la distribución vertical (a intervalos de 30 cm aproximadamente) de las superficies interceptadas (figura 8).

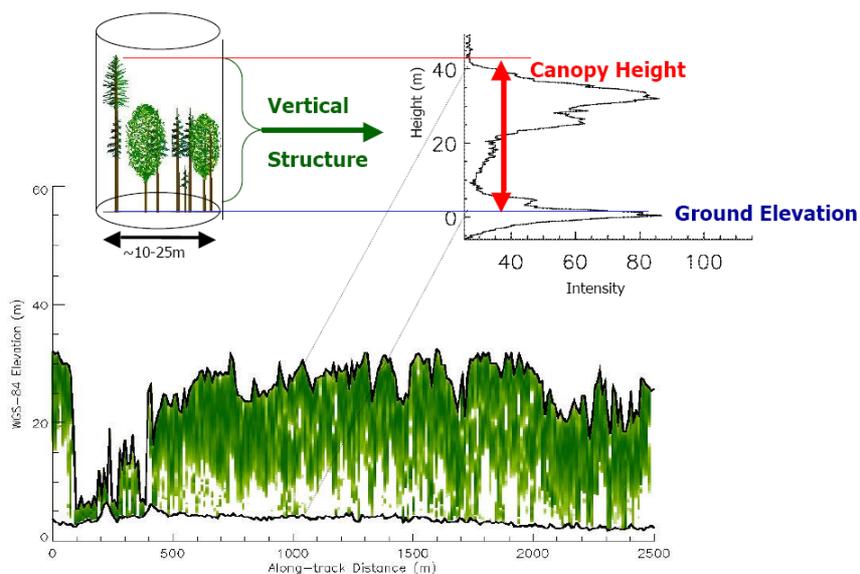


Figura 10. Representación de la señal captada por los sistemas de onda completa o huella ancha (tomado de Dubayah y Darke, 2000).

A pesar de las desventajas aparentes de los sistemas de huella pequeña frente a los de huella ancha, la mayoría de los sistemas comerciales se basan en el primer sistema. La siguiente tabla muestra algunas características comunes de los sistemas LiDAR comerciales utilizados para la estimación de ciertas características forestales.

Especificación	Valor típico
Longitud de onda	1.064 μm
Frecuencia de pulsos	5-15 KHz (máximo 50 KHz)
Ancho del pulso	10 ns
Divergencia del rayo	0.25-2 mrad
Ángulo de escaneo (completo)	40° (75° máximo)
Velocidad de escaneo	25-40 Hz
Patrón de escaneo	Zig-zag, paralelo, elíptico o sinusoidal
Altitud de operación	500-1000 m (máximo 6000 m)
Tamaño de huella	0.25-2 m (desde 1000 m de altitud)
Pulsos registrados	2-5
Precisión altimétrica	15 cm
Precisión planimétrica	10-100 cm

Tabla 1. Características comunes de los sistemas LiDAR de pulso discreto o huella pequeña (adaptada de Lim y otros, 2003)

Existen numerosos estudios que muestran la utilidad de los sistemas LiDAR para estimar diversos parámetros relacionados con la vegetación. Algunas características estructurales de los bosques se pueden obtener directamente, mientras que otras son modeladas o deducidas a partir de estas medidas directas. Entre las características medidas con estos sistemas se encuentran:

- Altura del dosel: Es fácilmente determinada a partir del modelo digital de elevaciones (MDE) y del modelo digital de superficies (MDS) obtenidos a partir de los datos LiDAR:

$$(4) \quad h_{dosel} = MDS - MDE$$

La determinación de manera precisa de la altura es importante debido a la relación de este parámetro con otras características biofísicas.

- Distribución vertical: los sistemas que graban toda la señal de retorno, recogen una onda cuya forma está relacionada con la estructura vertical del dosel. Además de permitir una clasificación de la vegetación, este parámetro proporciona la base para estimar otros descriptores importantes del dosel, como la biomasa.
- Biomasa: como se comentó anteriormente, la altura de los árboles está fuertemente correlacionada con la biomasa forestal, por lo que los sistemas LiDAR suponen una herramienta eficaz para su estimación.
- Otras características forestales: las medidas obtenidas a partir de sistemas LiDAR se han utilizados para estimar con precisión otras características como el área basal, o el diámetro medio del tronco, los cuales pueden emplearse para deducir la densidad forestal. Así mismo, la distribución vertical se ha empleado para estimaciones volumétricas en diversos bosques.

La tabla 2 muestra algunos parámetros medidos directamente o estimados a partir de datos LiDAR.

Además los sistemas LiDAR han mostrado su utilidad para estimar estas características tanto a nivel individual, como de parcela, o a nivel de rodal, dependiendo de la densidad de pulsos utilizada. La determinación de las características forestales a nivel de rodal es determinante para la planificación, gestión y tratamiento de silvicultura, ya que muchos sistemas de gestión forestal se basan en el uso de los valores medios de ciertas variables biofísicas, tales como calidad del sitio, edad del rodase, especies, altura media, diámetro, área basal, número y volumen de los troncos, distribución, etc. En Næsset et al., 2004 puede encontrarse una completa descripción de la utilización de datos LiDAR en estudios de recursos forestales en el norte de Europa.

Característica Forestal	Derivación a partir de datos LiDAR
Altura del dosel	Directamente
Topografía de debajo del dosel	Directamente
Distribución vertical de las superficies interceptadas	Directamente
Biomasa	Modelado
Área basal	Modelado
Diámetro medio de tronco	Modelado
Perfiles verticales de hoja	Modelado
Volumen del dosel	Modelado
Densidad de Árboles	Deducido
LAI	Mediante fusión con otros sensores
Biodiversidad	Mediante fusión con otros sensores

Tabla 2. Estimación de parámetros forestales a partir de datos LiDAR (tomado de Dubayah y Drake, 2000)

A nivel de rodal se han determinado: altura media de los árboles, área basal, volumen de tronco (en pinares se obtuvieron peores resultados que para otros tipos de coníferas como abetos), altura dominante, número de troncos, distribución de diámetros.

A nivel de parcela, también se han determinado con éxito la altura media, el área basal, volumen de tronco, altura dominante, número de troncos, altura de la primera rama viva, o altura relativa con respecto a la primera rama viva.

A nivel individual se han determinado: altura de cada árbol, el volumen de tronco, la altura de la primera rama viva, la altura relativa con respecto a la primera rama viva, la altura de la base del dosel, el diámetro del dosel, y se han segmentado los diámetros de las copas. En estos estudios, la densidad de pulsos/m² empleada fue superior a la empleada en estudios a nivel de rodal o de parcela, con densidades que llegan a superar los 10 pulsos/m².

Bibliografía

- [1] Chuvieco Salinero, E. (2002). Teledetección ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio. *Ariel Ciencia*. Capítulos 3, 5, 6 y 8.
- [2] Dubayah, R.O. y Drake, J.D. (2003). LiDAR remote sensing for forestry. *Journal of Forestry*, vol. 98, pp. 44-46.
- [3] Gibson, P. J. y Power, C. H. (2000). *Introductory Remote Sensing. Digital Image Processing and Applications*. Routledge.
- [4] Herbert J. Kramer, *Observation of the Earth and Its Environment, Survey of Missions and Sensors*, Second Edition. Springer-Verlag, 1994 ISBN 3-540-57858-7. ISBN 0-387-57858-7
- [5] Lillesand, T.M. y Kiefer, R.W. (1994): *Remote sensing and Imagen Interpretation*, 3ª edición, Nueva York, John Wiley and Sons.
- [6] Preview - Earth Observation Satellites and Sensors.
http://www.spacerisks.com/SpaceData/index.php?id_page=6

Tema 17. Variables continuas y parámetros biofísicos. Principios. Índices de Vegetación, LAI. Índices de productividad. Índices de humedad-aridez. Modelización. Inversión de modelos. Aplicación a la obtención de indicadores ambientales.

17.1. Introducción

El objetivo de la Teledetección es la extracción de información de la superficie terrestre a partir de imágenes, esta se puede obtener por procedimientos “Visuales” o “Automáticos”. Así mismo, podemos obtener diferentes tipos de información:

1. Identificación de objetos y si procede su incorporación a un mapa (SIG).
2. Divisiones del terreno en zonas homogéneas según la cobertura (Clasificación).
3. Variables continuas o parámetros biofísicos como: índices de vegetación, índice de área foliar, temperatura del suelo, etc... que toman un valor continuo (no discreto) distinto para cada píxel de la imagen.

17.2. Principios. Índices de vegetación

Concepto de Índice: Se trata de generar nuevos valores digitales para cada píxel, calculados a partir de los valores radiométricos originales captados por el sensor, que mejoren la interpretación de la imagen. Los más utilizados son los “índices de vegetación”.

Los índices de vegetación son parámetros importantes para varios tipos de "modelos biogeoquímicos" agrícolas y forestales, y se usan en varias aplicaciones operacionales, como: alarmas alimentarias, clasificación de usos del suelo, epidemiología, detección de inundaciones, degradación de terrenos, deforestación y detección y seguimiento de cambios. El uso de los índices de vegetación fue la primera herramienta eficaz para la determinación de las propiedades de las cubiertas vegetales, puesto que éstos son capaces de aumentar la señal de la vegetación mientras que minimizan los efectos colaterales (e indeseables en la mayoría de los casos) derivados de las condiciones de iluminación y del suelo.

Los índices de vegetación son transformaciones espectrales (es decir combinaciones matemáticas de dos o más bandas de una imagen) diseñadas para realzar la “señal” de la

vegetación. Permiten hacer comparaciones fiables entre distintas zonas o distintas épocas de la actividad fotosintética y de las variaciones de la estructura de la cubierta vegetal

Esta facilidad de cálculo ha hecho que los índices de vegetación sean ampliamente usados en la actualidad como una herramienta no destructiva para la estimación de variables biofísicas. Un buen índice debe ser sensible a la variación de la variable estudiada, pero ser resistente (o verse mínimamente afectado) a otros factores como la atmósfera, el suelo, la arquitectura de la cubierta vegetal y la topografía. Además, su uso no permite estimar más de una variable al mismo tiempo, la cual ha de ser específicamente calibrada mediante una ecuación empírica cuyos forma matemática y coeficientes son particulares para cada estimación.

La potencia y la ventaja de los índices de vegetación residen en su simplicidad. Normalmente se calculan directamente, sin ninguna información previa, en cuanto cobertura del suelo, edafología, condiciones climáticas, y por tanto proporcionan medidas continuas y precisas de las variaciones espaciales y temporales de la vegetación. Otras ventajas de los índices de vegetación son:

- Atenúan otros factores como suelo, atmósfera, iluminación, topografía, etc.
- Sirven como variable de entrada para modelos biofísicos (empíricos o físicos) para obtener parámetros tales como: rendimiento de cultivos, estrés hídrico, cobertura verde del suelo, etc.
- Permiten el seguimiento multitemporal de la vegetación.
 - Cambios en la cubierta
 - Dinámica fenológica
- Proporcionan una "Síntesis visual" de la información.

Entre las fórmulas de Índices de vegetación más empleadas tenemos:

- Cociente simple:

$$(1) \quad VI = \rho_{NIR} - \rho_R$$

- NDVI ("Normalized Difference Vegetation Index": Índice de Vegetación de diferencia normalizada ó "Cociente normalizado").

$$(2) \quad NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R}$$

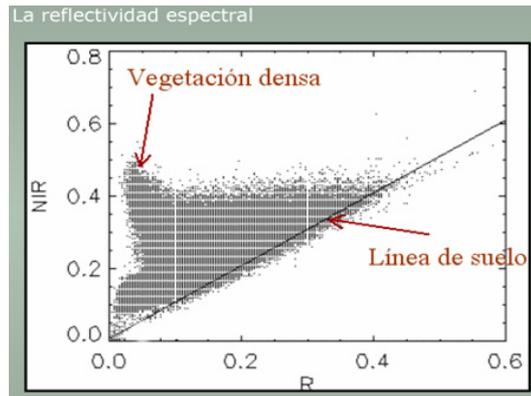


Figura 1. La reflectividad espectral

Donde:

ρ_{NIR} = reflectancia en el Infrarrojo Próximo

ρ_R = reflectancia en el rojo

Cuando estamos trabajando con un solo sensor, se pueden usar directamente los valores digitales de NIR y Rojo sin necesidad de calcular reflectancias, ya que los valores obtenidos difieren poco y siempre en la misma proporción, por lo que siguen permitiendo la comparación entre distintas zonas y fechas, siendo el cálculo más sencillo y directo:

$$(3) \quad NDVI \approx \frac{ND_{NIR} - ND_R}{ND_{NIR} + ND_R}$$

EL NDVI es una magnitud adimensional cuyos valores varían entre -1 y +1. Las zonas con cubierta vegetal suelen tener $NDVI \geq 0.1$ y las zonas con vegetación densa entre 0.5 y 1.0. Un inconveniente del NDVI es que se suele “saturar” (alcanzar el máximo valor) para $LAI \geq 4$ (y por tanto, deja de aportar información útil de ahí en adelante).

Existen ciertos parámetros de la cubierta vegetal que presentan correlaciones altas con los índices de vegetación. Como son:

- LAI (Leaf Area Index)
- LAD (Leaf Area Distribution)
- FVC, (Fractional Vegetation Cover): proporción de suelo cubierta por la proyección vertical (nadir) de la vegetación.
- Clumping index.
- Gap fraction, etc.

- APAR (“Absorbed photosynthetically active radiation” – radiación absorbida fotosintéticamente-).
- Productividad neta de la vegetación.
- Cantidad de lluvia recibida por el dosel vegetal.
- Dinámica fenológica.
- Contenido de clorofila de la hoja.
- Contenido de agua de la hoja.
- Flujo neto de CO₂ (local y global).
- PET ("Potential Evapotranspiration"): inversamente relacionada con el NDVI.

Problemas que presenta el NDVI:

a) Proporción vegetación-suelo:

Hay muchos factores "externos" (ajenos a la propia cubierta vegetal) que modifican el valor del NDVI obtenido. Uno de los más importantes es la proporción vegetación-suelo. El mismo valor de NDVI puede corresponder a una cubierta poco densa y vigorosa o muy densa y poco vigorosa.

Se han desarrollado formulaciones que corrigen este efecto:

- *SAVI* ("Soil Adjusted Vegetation Index):

$$(4) \quad SAVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R + L} (1 + L)$$

Donde:

L: constante para ajustar el índice a una reflectividad promedio de fondo. $L \approx 0.5$

- *OSAVI* ("Optimized SAVI"):

$$(5) \quad OSAVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R + 0.16}$$

b) Efecto de la atmósfera:

La atmósfera suele reducir el valor de NDVI y puede ser muy importante en observación oblicua (sensores de gran FOV -"Field of View"-). Como solución se propone:

- Realizar *mosaicos "compuestos"* de 7 a 15 días de imágenes, tomando de cada píxel la imagen en la que la geometría de la toma es más favorable.

- ARVI* ("Atmospheric Resistant Vegetation Index"):

$$(6) \quad ARVI = \frac{\rho_{NIR}^* - \rho_{RA}^*}{\rho_{NIR}^* + \rho_{RA}^*}$$

$$\rho_{RA}^* = \rho_R^* - \gamma(\rho_A^* - \rho_R^*)$$

Donde:

ρ_{NIR}^* = reflectividad aparente en el NIR

ρ_{RA}^* = reflectividad aparente en el rojo

γ = parámetro de calibración que depende del tipo de atmósfera. (casi siempre = 1)

- GEMI* ("Global Environment Monitoring Index"): Se propone la reducción simultánea del efecto atmosférico y los cambios en la reflectividad del suelo.

$$GEMI = \eta(1 - 0.25\eta) - \frac{\rho_R - 0.125}{1 - \rho_R}$$

$$\eta = \frac{2(\rho_{NIR}^2 - \rho_R^2) + 1.5\rho_{NIR} + 0.5\rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R + 0.5}$$

17.3. LAI

La *LAI* (*Índice de área foliar*) se define:

- En vegetación de hoja ancha (frondosas) es la superficie de todas las hojas (una sola cara) existentes por unidad de superficie de terreno.
- En vegetación de hoja acicular (coníferas) es la superficie proyectada de las acículas existentes por unidad de superficie de terreno.

Conforme aumenta el desarrollo de una cubierta vegetal, la influencia del suelo, sobre la reflectividad, va siendo progresivamente menor, hasta llegar a un nivel de "saturación" de la respuesta espectral. Ese nivel de saturación depende, no sólo de la longitud de onda, sino también del LAI. En el visible y el IR medio, el nivel de saturación se alcanza cuando el LAI toma un valor próximo a 3, en tanto que en el IR próximo se alcanza para un valor entre 5 y 6.

El Índice de *Area Foliar Verde (GLAI)*, se refiere al mismo concepto pero de hojas verdes. Se han propuesto diferentes modelos para relacionar los índices de vegetación con el GLAI. Para regiones áridas y semiáridas Qi et al. (2000) han propuesto la siguiente ecuación:

$$(7) \quad GLAI = a \cdot NDVI^3 + b \cdot NDVI^2 + c \cdot NDVI + d$$

En la cual a, b, c y d son coeficientes empíricos tales, en dichas regiones, que toman el valor de a=18.99, b=-15.24, c=6.124 y d=-0.352. Si el NDVI utilizado se ha corregido de efectos atmosféricos, el valor de d deberá tomar por valor 0 (zonas libres de vegetación GLAI cero).

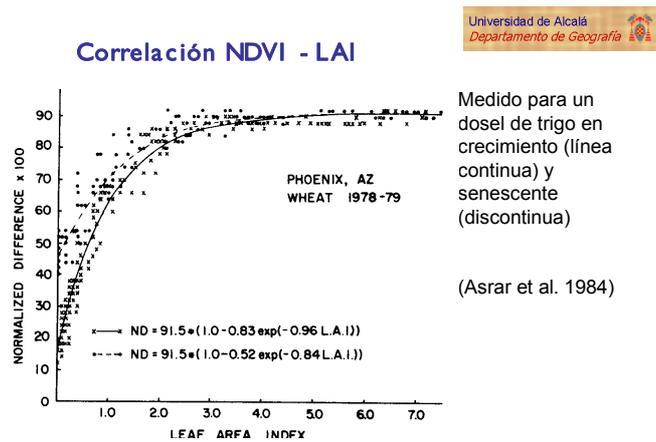


Figura 2. Correlación NDVI-LAI

17.4. Índices de productividad

Radiación fotosintéticamente activa, photosynthetically active radiation (PAR) es la que corresponde al intervalo del espectro electromagnético comprendido entre 0.4 y 0.7 micras, es decir la radiación visible, se mide en milivatios por metro cuadrado (mW/m²). En relación con la incidencia de la PAR sobre cubiertas vegetales, tal radiación puede descomponerse en una serie de fracciones que son las que siguen:

- PAR_{in}: cantidad incidente de PAR.
- PAR_{tr}: PAR transmitida hacia el terreno por la cubierta vegetal.
- PAR_{rs}: PAR reflejada por el suelo que puede incidir en la parte inferior de la cubierta.
- PAR_{rc}: PAR reflejada por la cubierta vegetal.

La PAR absorbida por la vegetación (APAR) se obtiene mediante:

$$(8) \quad APAR = (PAR_{in} + PAR_{rs}) - (PAR_{rc} + PAR_{tr})$$

Las plantas usan agua y nutrientes absorbidos por las raíces, anhídrido carbónico absorbidos por los estomas de las hojas y radiación (energía) absorbida por los pigmentos clorofílicos para realizar la fotosíntesis. Si podemos determinar la cantidad de energía que utilizan las plantas, tenemos una base para estimar la tasa de fotosíntesis, que es un parámetro fundamental en la estimación de productividad.

fAPAR (Fraction of Photosynthetically Active Radiation). Fracción de radiación fotosintéticamente activa. Medida de la proporción entre la iluminación solar realmente absorbida por las plantas frente a la energía total que potencialmente podría captarse.

$$(9) \text{ fAPAR} = \text{APAR} / \text{PAR}_{in}$$

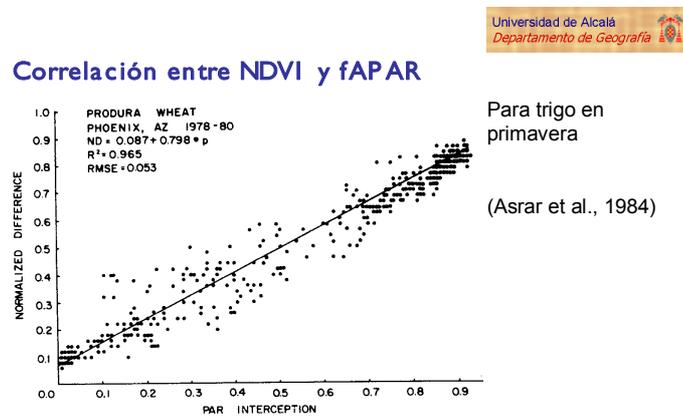


Figura 3. Correlación entre NDVI y fAPAR

Diversos autores han propuesto relaciones entre NDVI y fAPAR:

$$\text{fAPAR} = 1.42 \cdot \text{NDVI} - 0.39 \text{ (Lind and Fensholt, 1999).}$$

$$\text{fAPAR} = 1.62 \cdot \text{NDVI} - 0.04, r^2 = 0.96 \text{ (Lind and Fensholt, 1999).}$$

A partir de la APAR puede estimarse la productividad neta primaria (NPP) a lo largo de un año de desarrollo de la vegetación.

$$(10) \quad \text{NPP} = \sum_{i=1}^{365} \epsilon_i \cdot \text{APAR}_i$$

Donde, ϵ_i : factor que cuantifica la eficiencia fotosintética.

A partir de un sistema de teledetección puede utilizarse la siguiente:

$$(11) \quad NPP = \sum_{i=1}^{365} [\epsilon_i \cdot (a \cdot NDVI + b) \cdot PAR_{in}]$$

Donde PAR_{in} es la PAR incidente que es función de la fecha, hora, latitud y nubosidad. El parámetro ϵ_i depende del estrés de la vegetación debido al agua, temperatura y carencia de nutrientes.

17.5. Índices de humedad-aridez

La estimación del contenido de agua resulta de gran importancia, pues se trata de una de las variables más críticas para explicar la actividad vegetativa y los modelos de productividad vegetal. En lo que se refiere a la prevención de desastres naturales, como sequías o incendios forestales, el estado hídrico resulta de notable importancia, en la medida en que el contenido de agua está inversamente relacionado con la inflamabilidad y la combustibilidad. Con imágenes, la estimación es directa, se basa en la señal reflejada/emitada, utilizando índices de humedad-aridez:

- El más utilizado es el *NDII* ("Normalized Difference Infrared Index"):

$$(12) \quad NDII = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{SWIR}}{\rho_{NIR} + \rho_{SWIR}}$$

Donde "swir" se corresponde con el infrarrojo medio.

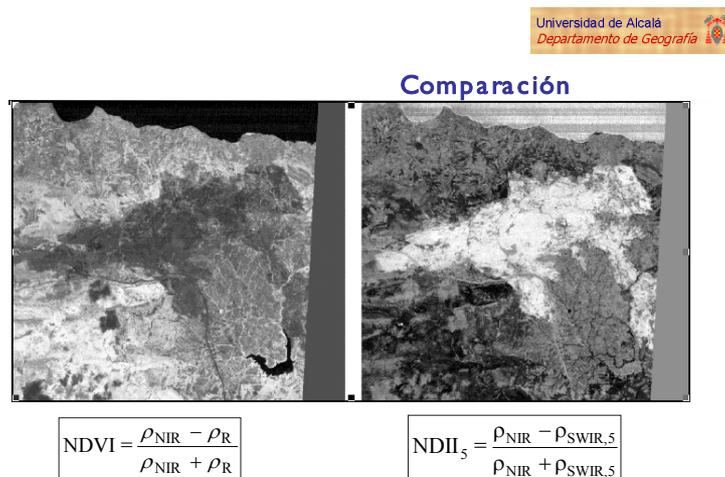


Figura 4. Comparación entre NDVI y NDII

- Existen *Índices para resaltar superficies de agua*:

$$IA = \frac{\rho_G - \rho_{SWIR}}{\rho_G + \rho_{SWIR}}$$

17.6. Modelización

Para obtener las variables se utilizan modelos matemáticos. Los modelos pueden clasificarse en:

- Modelos inductivo: Se pueden asimilar a los modelos empíricos, ya que parten desde la realidad para llegar al “principio”. Poseen por tanto validez local y requieren un ajuste por parte del intérprete. Son sencillos de calibrar y poseen una precisión conocida.
- Modelos deductivos: Van desde el “principio” a la realidad. Poseen validez general, no requiriendo control del intérprete. Por el contrario son muy complejos y solo suponen una aproximación, ya que no se pueden conocer con exactitud. Ej.: Calibración y corrección atmosférica...

Particularizando la modelización a la teledetección espacial, se suelen clasificar los modelos en empíricos y físicos (o de simulación).

- Modelos empíricos: Son regresiones (calculadas mediante funciones matemáticas ó estadísticas de interpolación - Pueden ser polinomios u otras-) entre el parámetro de interés y los valores (ND) de la imagen. (Ej.: gráficas de regresión vistas anteriormente para LAI y fAPAR).

Para realizar el modelo se precisa de: un muestreo del terreno, el análisis de las imágenes, el consiguiente ajuste estadístico, y una validación final.

- Modelos físicos o de simulación: Parten de estudiar y “simular”, mediante algoritmos complejos la relación física entre el parámetro a estudiar y la información espectral. Todas las variables antes expuestas, se ha comprobado que se correlacionan empíricamente con el NDVI mediante ajustes matemáticos, pero el reto de los próximos años será plantear relaciones más generalizables, basadas en "Modelos Físicos", que permitan calcular estas variables de modo más preciso y consistente.

Entre las principales causas del *interés de los modelos de simulación* tenemos:

- Permiten entender mejor los datos de la imagen. Ej.: Interrelación entre variables como el agua y la clorofila...
- Permiten extraer espectros de referencia para el análisis hiperespectral.
- Posibilitan el análisis de las capacidades esperables de un sensor, banda, índice...
- Facilitan la realización de algoritmos de corrección de la imagen.
- Con estos se pueden extraer parámetros de interés "*inversión de modelos*".

Los modelos simulan la radiación electromagnética procedente de una cubierta mediante ecuaciones de radiación electromagnética y programas de transferencia radiativa (RTM). Posteriormente requieren una verificación mediante radiometría de campo, bibliotecas espectrales y laboratorio, imágenes simuladas e imágenes reales. Se pueden encontrar modelos de diferentes tipos:

a) "Leaf Optical Properties Model", *Modelos de propiedades ópticas de las hojas*.

- "*Ray tracing*": simula la trayectoria de los fotones que penetran en el dosel vegetal.
- "*N-Flux*": simulan el comportamiento de las distintas capas de la hoja.
- "*Plate*": Pilas de N capas separadas por aire con diferentes elementos absorbentes.

b) "Canopy Reflectance Models", *Modelos de reflectancia de las cubiertas*.

- "*Modelos de Dosel*": modelo de turbidez, que considera la vegetación formada por capas paralelas y modelo geométrico, simula el comportamiento en función de la forma geométrica de los objetos.

Debemos considerar que también influyen en la reflectividad aparente de la planta: la propia reflectividad del suelo y los ángulos de iluminación y observación. Necesitaremos además "*Modelos de atmósfera*".

17.7. Inversión de modelos

Este método surge como una alternativa al uso de modelos empíricos para la estimación de variables biofísicas. La inversión de modelos consiste en ajustar los valores de las variables biofísicas usadas como inputs de los modelos de transferencia radiativa, de tal manera que la

reflectancia simulada con ellos se aproxime lo más posible a la medida por el sensor. Estos modelos de transferencia simulan, por tanto, la llamada función de reflectancia bidireccional (conocida como BDRF, por sus siglas en inglés), la cual permite el cálculo de la reflectancia de una superficie en función de los ángulos de observación e iluminación, así como de una descripción de las características biofísicas y radiativas de la misma. La determinación de la reflectancia a través de la BDRF se conoce como “problema directo”, y “problema inverso” o “inversión de modelos” la determinación de variables biofísicas a partir de medidas de reflectancia. Es más objetiva, más generalizable, y más precisa que las técnicas empíricas y podemos usar toda la información radiométrica aportada por el sensor; contrariamente a los índices de vegetación que fundamentalmente usan dos bandas (rojo e infrarrojo cercano).

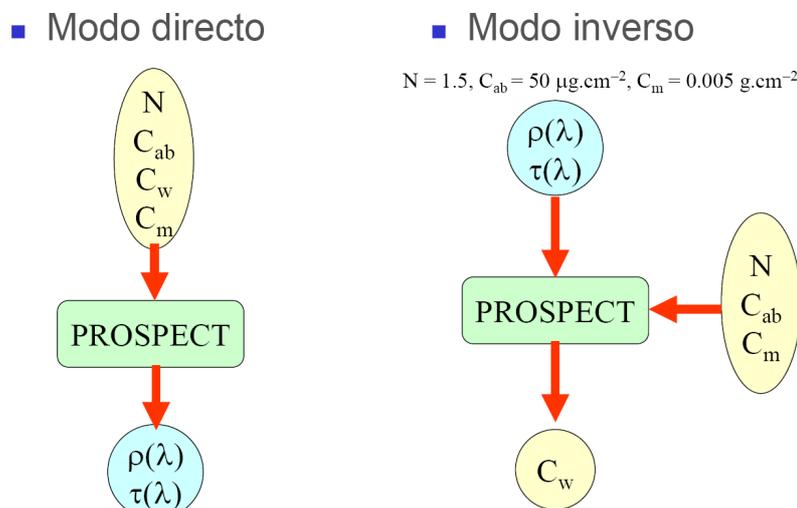


Figura 5. Modo directo e inverso. Fuente: E. Chuvieco. Universidad de Alcalá

Con los modelos de simulación podemos extraer parámetros de interés:

- Modo directo: Características físicas \rightarrow Reflectividades
- Modo inverso: Reflectividades \rightarrow Características físicas

Así pues, la *inversión de modelos* trata de estimar los parámetros de entrada a partir de los valores de salida (reflectividad media). Normalmente se basan en minimizar la función ($\min \chi^2$).

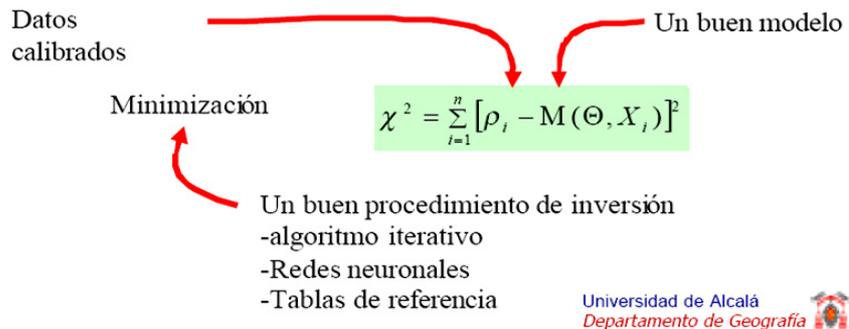


Figura 6.

Los principales métodos de inversión son:

- Ajuste estadístico sobre la LUT.
- Minimización entre espectros de la imagen y LUT de referencia (Estadísticos m.m.c.c., Redes neuronales, SAM...).
- Minimizar desde espectros construidos para la simulación: forward-backward.

17.8. Aplicación a la obtención de indicadores ambientales

Las principales *aplicaciones de los Índices de Vegetación* son:

- Medición de la cantidad, estructura y estado de la vegetación.
- Indicadores de variaciones estacionales e interanuales de la vegetación, útiles para estudios de cambios, observaciones fenológicas y cartografía de vegetación.
- Como variables intermedias en los procesos de determinación de:
 - GCF (“green cover fraction” Fracción de cubierta verde).
 - Biomasa.
 - Dinámica global de la vegetación terrestre. Ej: IGBP (“International Geosphere and Biosphere Program”).
 - Desertización
 - Deforestación
 - Prevención de incendios
 - Cartografía de áreas quemadas
 - Cobertura del suelo global

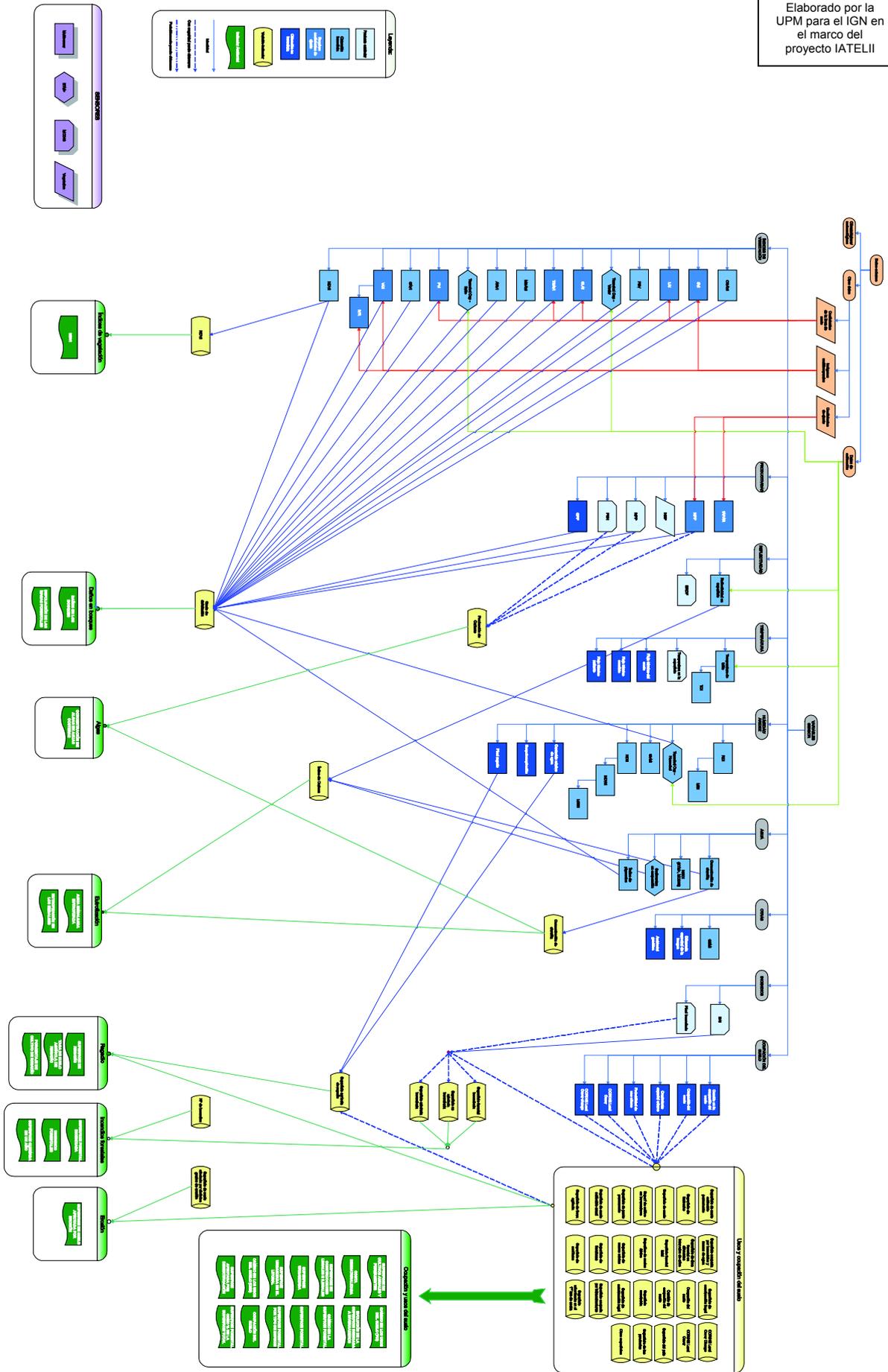
Las variables continuas y los parámetros biofísicos en general, son utilizados en los *procesos de determinación de indicadores ambientales*. Estos cuantifican la información mediante la agregación de múltiples y diferentes datos.

Las principales variables y/o parámetros de teledetección operativa empleados en la obtención de indicadores ambientales del territorio son:

- Reflectividad en la superficie
- Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada
- Contenido relativo de agua
- Índice de área foliar
- Píxel incendiado
- Fracción de radiación absorbida fotosintéticamente activa
- Productividad Neta Primaria
- Productividad Bruta Primaria
- Concentración de sedimentos en suspensión en agua
- Concentración de clorofila en agua
- Píxel regado
- Fotosíntesis total diaria
- Índice de área quemada
- Índice de agua de superficie terrestre
- Ocupación del suelo

En el siguiente gráfico (figura 7) vemos un ejemplo de diagrama de flujo para obtener indicadores ambientales desde variables de teledetección. En el mismo podemos apreciar que:

- Es necesario introducir *datos externos* para la obtención de indicadores: climatológicos, meteorológicos, de calibración, coeficientes de ajuste, etc.
- Es preciso en muchos casos obtener unas “*variables indicador*” *intermedias* antes de obtener estos. Esto es debido a que los indicadores se definieron en muchos casos sin considerar la teledetección, por lo que las variables que intervienen en los mismos no suelen obtenerse directamente desde las imágenes.



Bibliografía

- [1] BARET, F., GUYOT, G. (1991). Potentials and limits of vegetation index for LAI and APAR assessment. *Remote Sensing of Environment*, 35, 161-173.
- [2] CHUVIECO SALINERO E. “Teledetección Ambiental”. Ed. Ariel Ciencia, 2002.
- [3] GILABERT M.A., GONZÁLEZ PIQUERAS J., J. GARCÍA HARO. “Acerca de los Índices de Vegetación”, diciembre 1997. Ed. Revista de Teledetección. Asociación española de teledetección. España.
- [4] HUETE, A. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of the Environment*, 25, 295-309.
- [5] KARNIELI, K., KAUFMAN, Y.J., REMER, L., WALD, A. (2001). AFRI - aerosol free vegetation index. *Remote Sensing of the Environment*, 77(2001), 10-21.
- [6] KAUFMAN, Y. J. AND TANRÉ, D. (1992). Atmospherically resistant vegetation index (ARVI) for EOS-MODIS. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 30, 261-270.

Tema 18. Aplicaciones de la Teledetección a la información sobre ocupación del suelo: Concepto. Modelos de datos. Técnicas de extracción de la información: visuales y semiautomáticas.

18.1. Concepto

El análisis de la huella dejada por el ser humano en nuestro planeta indica que el 83% de la superficie terrestre está influenciada por uno o más de los siguientes factores (Sanderson et al, 2002):

- Densidad de población humana mayor de 1hab/km²
- Ocupación de actividades agrícolas o zonas urbanas alrededor de caminos, vías de comunicación o ríos
- Producción de luz artificial visible desde satélites por la noche.

Esto hace que el análisis de la ocupación del suelo en nuestro planeta, y más en particular, de aquellas ocupaciones resultado de la actividad humana sea una cuestión esencial para evitar un impacto altamente negativo en la dinámica global de nuestro planeta. La "domesticación" de la naturaleza, a partir de la revolución neolítica, ha implicado la desaparición, sustitución o transformación de cerca del 50 por ciento de la cubierta terrestre con el consiguiente cambio en la estructura de la misma.

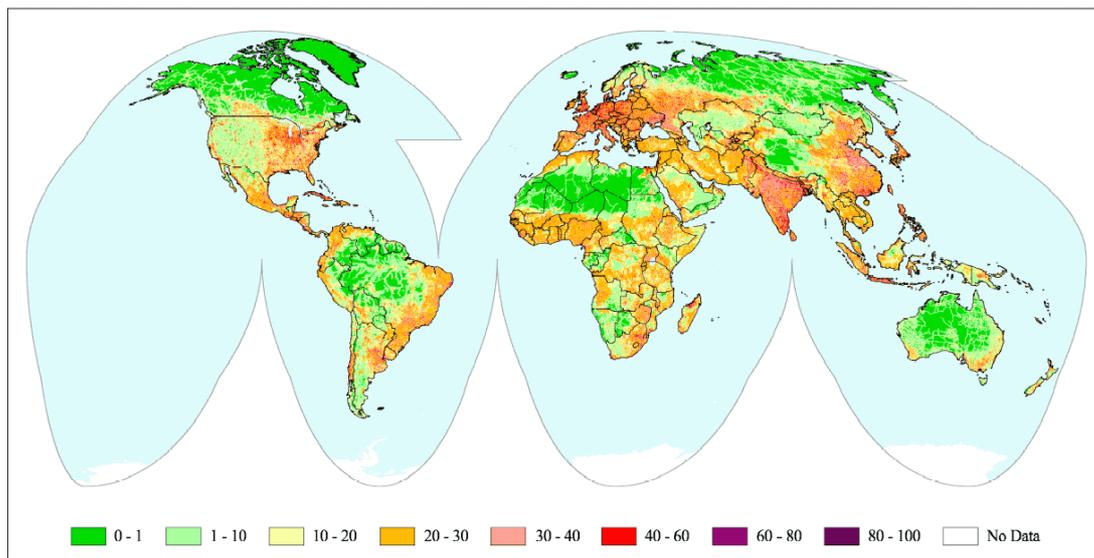


Figura 1. *The Human Footprint*: análisis cuantitativo de la influencia humana en el planeta. Puntuación: 0 a 100; la máxima indica la mayor influencia de la actividad humana.

Por lo tanto, hay que tener en cuenta que los cambios en la cubierta y usos del suelo que soporta la tierra son cada vez más relevantes para poder analizar los elementos de fricción entre las sociedades humanas y los ecosistemas terrestres. Sin embargo, existe una cierta confusión en el término ocupación del suelo:

- Ocupación se refiere tanto a la cobertura o cubierta sobre el suelo, como al uso que se realiza de la misma.
- La cobertura del suelo (land cover) se define como la categorización física, química, ecológica o biológica de la superficie terrestre que da lugar a unidades superficiales específicas: forestal, pasto, cemento, asfalto, etc..
- Por otro lado los usos del suelo (land use) equivalen a las actividades que desarrollamos las personas, actuando individual o colegiadamente, con la intención de obtener productos o beneficios a partir de los diferentes recursos.

En consecuencia una misma cubierta puede soportar diferentes usos (recolección, selvicultura y caza sobre cubiertas forestales) y un mismo uso puede desarrollarse sobre diferentes cubiertas (excursionismo sobre cubiertas agrícolas, forestales o urbanas).

Sin embargo, no son cuestiones independientes entre sí, aunque deben ser analizadas considerando cada uno de estos dos conceptos por separado. Los cambios en los usos del suelo afectan, con mayor o menor intensidad, a la modificación y transformación de la cubierta del mismo. Al hablar de una cubierta transformada nos referimos a aquella que ha sido sustituida completamente por otra; como por ejemplo, en el caso de bosque tropical que en grandes extensiones ha sido transformado para convertirse en una cubierta de pasto.

18.1.1. Programas Internacionales

La transformación de la cubierta terrestre tiene implicaciones ecológicas y económicas de primerísima importancia. Dependiendo del tipo de cubierta y actividad económica que allí se realice, los cambios contemporáneos en usos y cobertura del suelo suelen implicar una reducción de la producción primaria neta de los ecosistemas y, como consecuencia, un aumento de los requerimientos de materiales y energéticos para asegurar el funcionamiento del sistema económico asociado.

Sin embargo los datos sobre la cuantía de tal transformación suelen ser muy heterogéneos y, según los objetivos de las distintas fuentes, elaborados con distintos grados de precisión y desagregación. Vamos a hacer una rápida revisión de los principales datos existentes al respecto.

- **LUCC y LCCS (UNEP / FAO)**

El Plan Científico LUCC (Land Use/Cover Change) de la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) es un plan científico que, desde 1993, tiene como objetivo conseguir datos fiables y globales de la cubierta terrestre. LUCC, desarrollando multitud de proyectos diferentes, forma parte de los programas IGBP (Internacional Geosphere Biosphere Programme) y del IHDP (International Human Dimensión Program) enmarcado en el Consejo Internacional de Uniones Científicas (ICSU).

LUCC incluye diversas propuestas para la creación de bases de datos a escala planetaria, con incursiones específicas en regiones del Sudeste Asiático y Sur de África. El objetivo del programa LUCC es la evaluación del cambio ambiental, utilizando como referentes básicos los cambios a diferentes escalas en los usos y cubiertas de la superficie terrestre, con el objetivo fundamental de evaluar la capacidad de producción agraria de las naciones.

En 1993, UNEP (United Nations Environment Programme) y la FAO organizaron una reunión para canalizar acciones coordinadas hacia la armonización de la gestión e inventariado de datos sobre cobertura y usos del suelo. La primera actividad operativa al respecto fue el programa Africover del Environment and Natural Resources Service (SDRN) de la FAO, que desarrolló un enfoque para la conceptualización, definición y clasificación de coberturas de suelo. Este se recoge en el LCCS (Land Cover Classification System, que apoyado por herramientas de software que lo recogen, fue financiado por el Gobierno de Italia, dentro del Trust Fund Africover – East Africa Project. LCCS está en proceso de aprobación para convertirse en un estándar ISO (International Organization for Standardization).

- **Programas europeos: CORINE, LUCAS y otros datos de Eurostat**

Con independencia de los datos de la FAO, a escala continental, la Unión Europea ha desarrollado el proyecto CORINE Land Cover (CLC), cuyo objetivo fundamental es la creación de una base de datos europea a escala 1:100.000 sobre la Cobertura y/o Uso del Territorio (Ocupación del suelo), y su posterior actualización periódica.

El proyecto se engloba dentro del Programa CORINE (Coordination of Information of the Environment), el cual se inicia El 27 de junio de 1985 en virtud de una decisión del Consejo de ministros de la Unión Europea (CE/338/85). El programa CORINE pasa en 1995 a ser responsabilidad de la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA). Debido a el seguimiento por parte de los países de la Unión Europea de una serie de directrices comunitarias (relativas especialmente a aspectos técnicos, como son la escala, resolución, nomenclatura, etc.) a la hora de realizar este proyecto, hoy contamos con una información perfectamente comparable entre

los países europeos, habiéndose constituido en una herramienta fundamental para la política medioambiental y estadística en el ámbito europeo.

La aplicación del Programa CORINE se ha completado con el desarrollo del programa LUCAS (Land Use-Land Cover Area Frame Statistical Survey) iniciado por la Dirección General de Agricultura de la UE y Eurostat. LUCAS establece una clasificación de la cubierta del suelo en 57 clases, jerarquizadas en tres niveles, que combina con 14 diferentes usos del suelo, y el proyecto MOLAND para la evaluación de dinámicas urbanas.

a) Proyecto CORINE Land Cover

Con fecha del 27 de junio de 1985 y en virtud de una decisión del Consejo de ministros de la Unión Europea (CE/338/85), se inicia “ Un proyecto experimental para la recopilación de datos, la coordinación y homogeneización de la información sobre el estado del Medio Ambiente y los recursos naturales en la Comunidad”: es el Programa CORINE (Coordination of Information of the Environment). En 1990, el Consejo de la Unión Europea decidió crear la Agencia Europea de Medioambiente (AEMA) y el establecimiento de una Red de Información y Observación del Medioambiente (EIONET). El objetivo de AEMA es proveer a la Comunidad y a los Estados Miembros información fidedigna y comparable en el ámbito Europeo que permita desarrollar políticas y criterios de protección del Medioambiente, así como que dicha información esté disponible para todos los posibles usuarios. CORINE pasa en 1995 a ser responsabilidad de la Agencia Europea de Medio Ambiente, con sede en Copenhague.

Dicha Agencia constituye, en octubre de 1995, el Centro Temático Europeo “ Land Cover ” (ETC/LC), cuyo objetivo es el apoyo técnico a la AEMA para la finalización, evolución y mantenimiento (actualización) de las bases de datos en materia” Land Cover” en la Unión Europea y países del norte de Africa (como son los proyectos MEDGEOBASE/ Marruecos/Túnez, etc.).

El objetivo fundamental del proyecto CORINE Land Cover (CLC) era la captura de datos de tipo numérico y geográfico para la creación de una base de datos a escala 1:100.000 sobre la cobertura/uso del territorio. En España, el proyecto CLC se inició en 1987 y finalizó en 1991 ejecutándose bajo la responsabilidad y coordinación del Instituto Geográfico Nacional, con el que colaboraron la antigua Dirección General de Medio Ambiente, y la de Territorio y Urbanismo

Principios básicos para el proyecto Corine Land Cover:

- Homogeneidad
- Bases de datos perfectamente comparables por todos los países concernientes
- Datos susceptibles de una actualización periódica

Posteriormente, los Estados Miembros de la UE expresaron la necesidad de una actualización de la base de datos CLC como soporte para la política de Medio Ambiente, así como una herramienta en la evaluación de dicha política llevada a lo largo de la pasada década. La AEMA tomó la iniciativa lanzando el proyecto IMAGE & CORINE LAND COVER 2000 (I&CLC2000). Este proyecto constaba de las siguientes fases:

- Fase 1: Adquisición de las imágenes para todo el territorio U.E15, procesado de las imágenes e inventario de cambios de cobertura del suelo para aprox. El 20% de la antigua UE15 (2000-2001).
- Fase 2: Procesado de imágenes e inventario de cambios para aprox. El 40% del territorio de la antigua U.E 15(2001-2002).
- Fase 3: Procesado de imágenes e inventario de cambios para el 40% restante del territorio antigua U.E 15 y difusión de resultados finales (2002-2003).
- Fase 4: Extensión del proyecto a los países adheridos.

En estos momentos se está abordando la actualización de la base de datos CLC2000 con el lanzamiento e inicio del CORINE Land Cover 2006, que servirá para disponer de una dinámica de cambios de ocupación del suelo actualizada con un periodo temporal aún menor (fecha de referencia 2006 ±1 año) al de la etapa anterior 1990-2000, y por tanto garantizar la continuidad de este tipo de estudios realizados a partir de datos remotos procedentes de satélite en nuestro entorno europeo.

b) LUCAS (Land Use-Land Cover Area Frame Statistical Survey)

Iniciado por la Dirección General de Agricultura de la UE y Eurostat, LUCAS establece una clasificación de la cubierta del suelo en 57 clases, jerarquizadas en tres niveles, que combina con 14 diferentes usos del suelo.

El proyecto se ha ejecutado a raíz de la Decisión n ° 1445/2000/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de la 22.05.2000 "El ámbito de aplicación del marco de estudio y las técnicas de teledetección a las estadísticas agrícolas para 1999 y 2003 ", Siguió hasta 2007 por la Decisión 2066/2003/EC, de 10 de noviembre de 2003, y extenderse a la UE - N10 por la Decisión 786/2004/CE, de 21 de abril de 2004.

LUCAS se ha aplicado en 2001 en 13 Estados miembros de la UE. Debido a la fiebre aftosa, LUCAS se aplazó en 2002 en el Reino Unido y en Irlanda a la vez que en Eslovenia, Estonia, Hungría y Eslovenia. La encuesta se llevó a cabo de nuevo en 2003 en todos los Estados

miembros de la UE (15) y Hungría, lo que permitió además la mejora del sistema de recogida de datos. Basándose en las conclusiones de LUCAS 2001 y 2003, se ha diseñado una nueva metodología para 2006.

El método elegido para la toma de datos fue por muestreo sistemático, ya que LUCAS se diseña como sistema de información multipropósito que debe cubrir el territorio de los Estados miembros de la UE en su conjunto y no sólo las tierras agrícolas. El área básica de muestreo proporciona estadísticas para las categorías de cobertura y uso del suelo a nivel europeo. Sin embargo, los resultados pueden ser extrapolados a un nivel más detallado si se agregan correctamente y si las características básicas del estudio se tienen en cuenta durante la interpretación de los resultados. LUCAS cubre la totalidad del territorio de la Unión Europea (15 Estados miembros), es decir, 3240190 km² en 2001 y 2003, y abarca 23 Estados miembros en su edición del 2006 (3961810 km² de superficie)

c) MOLAND (Monitoring Land Use / Cover Dynamics)

MOLAND es un proyecto de investigación del Institute for Environment and Sustainability - Land Management and Natural Hazards Unit del Joint Research Centre. (Comisión Europea). MOLAND se inicia para ayudar a la definición, preparación e implementación de las políticas y legislación europeas. Desde 2003 MOLAND es parte de la acción "Weather Driven Natural Hazards - Prediction and Mitigation" de la CE

El proyecto fue iniciado en 1998 (bajo el nombre de MURBANDY) con el objetivo de vigilar los progresos de áreas urbanas e identificar tendencias en la escala europea. Incluye el cómputo de indicadores y la evaluación del impacto de los factores humanos (con especial atención en superficies artificiales, transporte y turismo) alrededor de áreas urbanas. Desde 2004, MOLAND ayuda a evaluar el impacto de fenómenos meteorológicos extremos, en la investigación sobre estrategias de cambio climático.

Hasta la fecha, la metodología de MOLAND se ha aplicado a una red extensa de ciudades y de regiones para una cobertura total en Europa de 70.000 km².

El objetivo de MOLAND es proporcionar una herramienta de planificación territorial que puede utilizarse para la evaluación, la supervisión y la elaboración de modelos de desarrollo urbano y regional entornos. La característica principal del proyecto es permitir comparaciones cuantitativas y cualitativas a escala paneuropea, entre las zonas sujetas a transformación debido a la política de intervención. Otra característica es la adopción de una metodología que simultáneamente se ocupa de perspectiva de la UE, por un lado, y de las perspectivas regionales

y locales, por el otro. La metodología adoptada en MOLAND incluye los siguientes pasos principales:

- Preparación de las bases de datos para las ciudades y regiones
- Desarrollo de técnicas de análisis espacial para la producción de indicadores y para la definición de estrategias para el análisis territorial integrado
- Desarrollo de técnicas de modelización para predecir futuros escenarios de evolución.

- **Land-Based Classification Standards de la American Planning Association (APA).**

La clasificación LCBS (Land-Based Classification Standards) proporciona un modelo coherente para clasificar los usos del suelo según en sus características. La APA es una organización estadounidense pública no lucrativa de investigación dedicada al planeamiento urbano, suburbano, regional, y rural. Las reglas del LCBS se basan en un modelo multidimensional de la clasificación de usos del Suelo. LBCS pone al día el Standard Land Use Coding Manual (SLUCM 1965), estándar que fue adoptado extensamente en diversos inventarios de usos de suelo.

El objetivo del LCBS es lograr la estandarización de una amplia variedad de datos de usos del suelo recogidos y almacenados en el ámbito local, regional, estatal, y nacional, en una amplia variedad de formatos y de sistemas de clasificación, de modo que estos datos sean compatibles y, así, fácilmente intercomparables entre las jurisdicciones, las agencias, y las instituciones norteamericanas.

e) National Land Cover Database 1992 Y 2001 del U.S Geological Survey

La base de datos de cobertura del suelo National Land Cover Database 1992 (NLCD 1992), actualmente disponible para los Estados Unidos, fue obtenido en los años 90 usando datos del satélite Landsat, a partir de la clasificación Anderson (Anderson et al.,1976), con tres niveles de clasificación jerárquica de coberturas de suelo.

Una 2ª generación de esta base de datos está siendo actualmente recogida (a punto de finalización en la fecha actual), el National Land Cover Database 2001 (NLCD 2001), por parte del U.S Geological Survey (USGS) Land Cover Institute (LCI), abarcando 50 estados, a los que se ha añadido información raster del porcentaje de suelo sellado o artificial en superficie, y en zonas forestales, de la fracción de cabida cubierta forestal. Son datos soporte de otros proyectos de investigación y vigilancia medioambiental en los Estados Unidos tales como el Fire Danger Monitoring and Forecasting Project.

18.1.2. Programas Nacionales

- **IMAGE&CLC 2000 España**

Con fecha 4 de septiembre de 2000 el CNIG y el IGN confirmaron a la AEMA su disposición de llevar a cabo el proyecto I&CLC2000 en España conforme a las especificaciones establecidas por ésta, que definen una clasificación en 3 niveles de las entidades de ocupación del suelo. Entre los compromisos adquiridos específicamente por el CNIG se encuentra la obligación de asumir el 50% del coste total estimado por la AEMA para la ejecución del proyecto en España. La financiación de esta cantidad del proyecto en España a su vez se distribuyó entre los principales usuarios finales de la base de datos:

- Administración General del Estado:
 - Ministerio de Medio Ambiente.
 - Ministerio de Fomento.
 - Ministerio de Economía y Hacienda (Instituto Nacional de Estadística).
 - Ministerio de Educación y Ciencia.
 - Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- 17 Comunidades Autónomas.
- 2 Ciudades autónomas.

Una vez que decidida la actualización del CLC1990, se pretendía con este planteamiento que la base de datos resultante fuera utilizada para aplicaciones medioambientales no sólo en el ámbito europeo sino también en el ámbito nacional y autonómico. Esta es la razón por la que en España se realizó un esfuerzo adicional en la actualización del Corine Land Cover, ampliando la nomenclatura de 5 niveles y 64 clases utilizada para el CLC90, a una nomenclatura también de 5 niveles y 85 clases para el CLC2000, consensuada por los usuarios finales.

La Autoridad nacional del proyecto era la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional-Centro Nacional de Información Geográfica de España (IGN-CNIG) como Centro Nacional de Referencia en Ocupación del Suelo a través del Punto Focal Nacional, que en el caso de España es el Ministerio de Medio Ambiente. La ejecución del proyecto es realizada por el Instituto Geográfico Nacional, que como responsable de la dirección nacional del proyecto, está a cargo de las siguientes tareas:

- Gestión del proyecto (control del presupuesto, calendarios de actividades, comunicación con las diferentes organizaciones europeas, etc.).

- Dirección del proyecto en las diferentes Comunidades Autónomas compartida con las autoridades autonómicas.
- Control de calidad y evaluación de las bases de datos.
- Integración de los datos de los diferentes equipos autonómicos.
- Intercambio de datos con la Agencia Europea de Medio Ambiente a través del Punto Focal Nacional.
- Metadatos a nivel nacional.

Los 19 equipos autonómicos a cargo de la cartografía de cambios en ocupación del suelo asumieron como obligaciones:

- Revisión y corrección de la base de datos CLC90.
- Generación de la base de datos CLC2000.
- Generación de la base de datos de cambios CLC.
- Verificación de las bases de datos resultantes.
- Acuerdo con las Comunidades limítrofes para armonizar la base de datos.
- Metadatos a nivel autonómico.

- **Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España (SIOSE)**

SIOSE es el Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España, cuyo objetivo es integrar la información de las Bases de Datos de coberturas y usos del suelo de las Comunidades Autónomas y de la Administración General del Estado. La Dirección General del Instituto Geográfico Nacional (Ministerio de Fomento) como «Centro Nacional de Referencia de Ocupación del Suelo» (CNR-OS) dependiente del «Punto Focal Nacional» (Ministerio de Medio Ambiente) coordina este proyecto, apoyándose en la Red EIONET . El SIOSE se enmarca dentro del Plan Nacional de Observación del Territorio en España (PNOT), que coordina y gestiona el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG).

Los objetivos del SIOSE son:

- Establecer una gran infraestructura de información geográfica multidisciplinar y actualizada periódicamente, que satisfaga las necesidades de la Administración General del Estado y Comunidades Autónomas en materia de ocupación del suelo, para:
- Evitar las duplicidades y reducir costes en la generación de información geográfica periódica relativa a coberturas y usos del suelo.

- Integrar la información procedente de las Comunidades Autónomas a nivel de producción, control y gestión.
- Cumplir con los requerimientos de la Unión Europea en materia de ocupación del suelo.

Además, contempla como hitos importantes:

- Integrar y armonizar bases de datos existentes en el ámbito nacional y en las Comunidades Autónomas.
- Construir las Comunidades de Interés en Datos Geográficos: SDIC en materia de ocupación del suelo en el ámbito nacional e internacional.
- Definir metodologías consensuadas y armonizadas.
- Obtener un modelo de datos normalizado (OGC, ISO) orientado a objetos, en lenguaje UML.
- Repartir costos y favorecer la cooperación en políticas europeas y mundiales.

Los antecedentes del SIOSE pueden resumirse en los siguientes puntos:

- Directrices del Consejo Superior Geográfico y directiva INSPIRE.
- Proyecto Europeo IMAGE & CORINE LAND COVER 1990 (CLC1990) y su actualización referida al año 2000 (CLC2000). Durante la ejecución del IMAGE & CLC2000 se detecta:
 - Fuerte necesidad de información con alto nivel de detalle /mayor escala sobre ocupación del suelo.
 - Algunas instituciones nacionales y de las CCAA mantienen información de mayor nivel de detalle sobre ocupación del suelo que la del CLC2000, tanto geométricamente (mayor escala) como semánticamente

Pero estas bases de datos no están integradas ni normalizadas a escala nacional, al presentar distintas escalas e intervalos de revisión, lo que se traducía en una cobertura no homogénea del territorio, como nomenclaturas incompatibles

- Protocolo firmado entre los Ministerios de Defensa, Fomento y Medio Ambiente para la obtención de coberturas del territorio español con imágenes de satélite de alta y media resolución en octubre de 2005 dentro del marco del Plan Nacional de Teledetección (PNT).

Organización

Desde diciembre de 2004 se han celebrado varias asambleas generales del proyecto, reuniones de coordinadores de los Ministerios implicados así como numerosas reuniones de los grupos de trabajos temáticos. La Dirección Nacional del Proyecto la asumen conjuntamente:

- El Ministerio de Fomento, a través de la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional (Subdirección General de Producción Cartográfica y Centro Nacional de Información Geográfica).
- El Ministerio de Medio Ambiente, a través de la Secretaría General para el Territorio y la Biodiversidad.



Figura 2. Esquema de organización del SIOSE

El proyecto SIOSE servirá como herramienta básica para la planificación y gestión de recursos medioambientales, entre ellos, estudios dinámicos sobre ocupación del suelo, evaluación de impacto ambiental, obtención de indicadores agroambientales, mantenimiento y observación de la estabilidad ecológica, ordenación del territorio, integración en modelos ambientales, nuevas estrategias de gestión de zonas costeras, y fomento del desarrollo sostenible.

Características Técnicas

- Sistema de información geográfica con una única capa de geometría de polígono.
- Escala de Referencia: 1: 25.000.
- Sistema Geodésico de Referencia: ETRS 89.
- Proyección UTM: husos 28, 29, 30 y 31.
- Producción mediante Fotointerpretación asistida de las imágenes de referencia
- Unidad mínima de superficie a representar, dependiendo de las clases:

- Superficies artificiales y láminas de agua: 1 ha.
- Playas, vegetación de ribera, humedales y cultivos forzados (invernaderos y bajo plástico): 0,5 ha.
- Zonas agrícolas, forestales y naturales: 2 ha.
- Perfil de metadatos según el Núcleo Español de Metadatos (NEM), y de modo más amplio siguiendo las recomendaciones y directrices marcadas por el Consejo Superior Geográfico y la Norma Internacional ISO 19115:2003.
- Imágenes de referencia SPOT5 fusión de imágenes pancromática y multiespectral de 2,5 m de resolución espacial del año 2005 conjuntamente con dos coberturas de imágenes Landsat5 TM del año 2005 y ortofotos PNOA de los años 2004 y 2006, como complemento.

18.2. Modelo de datos

18.2.1. Definiciones

Cobertura

La definición de la cobertura del suelo es fundamental, porque en muchas clasificaciones y leyendas existentes se confunde con el uso del suelo:

La cobertura es la cubierta biofísica observada en la superficie de la tierra. Corresponderá por tanto a una región continua sobre terreno con un conjunto de atributos propios y de valores específicos que la caracterizan, derivados de sus propiedades biofísicas.

Al considerar la cobertura en un sentido muy puro y terminante, debe ser confinada a la descripción de la vegetación, superficie artificial, láminas de agua y suelo existentes.

Uso

El Uso se refiere al tipo de actividad socioeconómica y a las particularidades legales en el mismo sentido socioeconómico que se dan en el terreno.

En algunos casos, dichos usos no son directamente deducibles mediante observación, ya que realmente describen aspectos del terreno que corresponden más a acuerdos, convenciones, normativas... que a parámetros puramente físicos. Aún así, es evidente que ciertos Usos están directamente relacionados con la cobertura existente, por ejemplo, Uso Agrícola de un terreno en el que encontramos cobertura de la clase “Cultivos leñosos”.

El concepto Uso permite contemplar diversas facetas de las actividades del territorio. Por ejemplo, podemos encontrarnos con una cobertura de Coníferas que tiene dos usos, uno relativo

a la explotación forestal de dicha cobertura, y otro relativo al aprovechamiento recreativo de la misma.

Los ejemplos siguientes son otra ilustración de las definiciones anteriores:

- Zona verde artificial es un tipo de cobertura, mientras que ‘Cancha de tenis’ o ‘Campo de Golf’ serían dos usos posibles de dicha cobertura.
- "Área Recreativa" es un término de uso del suelo aplicable a diversos tipos de coberturas: por ejemplo superficies arenosas, como una playa; zonas con arbolado forestal; etc.

Clasificación y leyenda

La clasificación es una representación abstracta de la situación en el campo usando criterios de diagnóstico bien definidos.

Una clasificación por tanto describe la realidad de modo sistemático usando los nombres de las clases y de los criterios usados para distinguirlos, y la relación entre dichas clases. La clasificación requiere así la definición de los límites de cada clase, que deben ser claros, exactos, posiblemente cuantitativo, y basados en criterios objetivos.

Una clasificación debe por lo tanto ser:

- independiente de la escala, esto es, las clases deben ser aplicables en cualquier escala o nivel del detalle.
- independiente de la fuente, lo que implica que será independiente de los medios usados para recoger la información, ya sea con imágenes de satélites, fotografías aéreas, trabajo de campo o con una combinación de algunos o todos estos tipos de fuentes.

Leyenda

Leyenda: uso de una clasificación determinada en un área específica usando una escala previamente definida y un conjunto de datos específicos. Por lo tanto una leyenda puede contener solamente una proporción, o subconjunto, de todas las clases posibles de la clasificación.

Por tanto la leyenda es:

- Dependiente de la escala y representación cartográfica (por ejemplo, según la escala cartográfica considerada no se representarán determinadas ocurrencias de una clase – unidad mínima representable)
- Dependiente de la metodología y de los datos empleados

18.2.2. Modelos de datos jerárquicos y no jerárquicos

Los sistemas de clasificación, y por tanto los modelos de datos resultantes de éstos que recogen los distintos inventarios nacionales e internacionales básicamente se dividen en jerárquicos y no jerárquicos.

La mayoría de los sistemas se estructuran de modo jerárquico por su capacidad de acomodar diversos niveles de la información, desde un nivel superior, estructurado, que permite la subdivisión sistemática adicional en subclases más detalladas.

- En cada nivel las clases definidas son mutuamente exclusivas.
- En los niveles más altos del sistema de clasificación se utilizan unos pocos criterios de discriminación entre clases, mientras que en los niveles más bajos el número de criterios aumenta.
- Los criterios usados en un nivel de la clasificación no se deben repetir en otro nivel inferior.

18.2.3. Problemas de los actuales modelos de datos jerárquicos de clasificación de ocupación del suelo

- Límites difusos entre clases:
 - *Ejemplo: "Moland:*
 - 1.1.1.1. *Residential continuous dense urban fabric*
 - 1.1.1.2 *Residential continuous medium dense urban fabric",...*
- Proliferación excesiva de clases mixtas, que aportan poca información cuantitativa al usuario:
 - *Ejemplo: "Complex cultivation patterns",...*
- Contradicción con el principio de exclusión de la clasificación jerárquica → Las clases mixtas a veces contienen clases de su propio nivel jerárquico
 - *Ejemplo: "Mixed forest" contains "broad-leaved forest" + "coniferous forest"*
- Las definiciones complejas para una clase, que unen varias reglas de clasificación aplicados simultáneamente aumentan las incoherencias de la base de datos; algunos polígonos podrían ser asignados a más de una clase, o bien no ser asignados estrictamente a ninguna.
- La información almacenada en la base de datos es mucho menor que la que analiza y recoge el fotointerprete, y se pierden datos muy significativos (% fracción de cabida cubierta, % edificación, etc.):

- *Ejemplo: Cuando en el Corine el fotointerprete evalúa una cobertura arbórea densa con una fracción de cabida cubierta del 85 %, y por tanto la asigna a la clase 3.1.1(“Broad-leaved forest”) el usuario final solo puede saber que dicha fracción es superior al 30 %”*

- El cálculo de indicadores medioambientales es muy difícil por la falta de información con atributos parametrizados cuantitativamente.
- Es muy difícil la comparación entre dos bases de datos jerárquicas con distinta nomenclatura

- *Ejemplo: Tenemos un polígono etiquetado con la clase 3.1.1. “Broad leaved forest” (Bosque Denso) de Corine (con más de un 30 % de fracción de cabida cubierta), pero no es posible saber si dicho polígono deberá etiquetarse como ‘Bosque’ en una base de datos con distinta nomenclatura, en la que Bosque se define cuando el polígono presenta “más de un 50% de fracción de cabida cubierta”.*

18.2.4. Nuevos enfoques: Modelización Conceptual mediante técnicas de orientación a objetos

En los modelos de datos jerárquicos de ocupación del suelo se echa de menos una modernización en el enfoque técnico y conceptual de las propias clasificaciones, considerando:

- Las nuevas tendencias relativas a la producción de sistemas de información
- La necesidad de adaptar las mismas a su difusión por Intranet / Internet a una gran variedad de usuarios, los cuales a menudo necesitan obtener tan solo una parte concreta de la información contenida en la base de datos

Por lo tanto:

- Es necesario buscar lenguajes normalizados para el análisis, diseño, producción, y difusión de esta información (directrices y recomendaciones ISO, OGC, CE-INSPIRE, notación estandarizada en UML).
- Los criterios de clasificación han de abordarse desde una perspectiva multidisciplinar y por tanto, multidominio.

Ejemplo: Modelo de Datos SIOSE

SIOSE utiliza un modelo conceptual de datos normalizado, interoperable y armonizado de la ocupación del suelo, según ISO19101 (Geographic Information- Reference Mode):

- Multi-parámetro: varios atributos para un mismo polígono, entidad principal.
- Multicriterio: asociado al polígono su uso y cobertura.
- Extensible y compatible con otros proyectos nacionales y europeos.

- Asignación de Metadatos según el Núcleo Español de Metadatos(NEM) y la norma ISO19115.
- Orientado a objetos: Utilizando como técnica fundamental el Modelo entidad-relación realizado según notación UML.
- Sus principales características son:
 - La entidad de trabajo es el polígono, que es la unidad espacial del terreno que presenta una ocupación de suelo con cobertura homogénea. El polígono es la única entidad con geometría propia del modelo de datos SIOSE. Se definen por un conjunto de arcos que limitan su extensión superficial, separando dos entornos de coberturas o uso diferente.
 - Asociado al polígono se han definido dos superclases denominadas Uso y Cobertura. La Cobertura está directamente referida al tipo de superficie en el terreno o elementos que aparecen sobre dicha superficie, y por tanto puede ser obtenida por sus propiedades biofísicas, mientras que el Uso es un concepto relativo a las actividades socioeconómicas que se realizan sobre dicho terreno, y por tanto pueden superponerse en superficie.
 - Los cambios en el modelo de datos mantienen la interoperabilidad entre el SIOSE y otras bases de datos europeas, nacionales y autonómicas:
 - Corine Land Cover (90, 2000 y futuro 2006)
 - Mapa de Cultivos y Aprovechamientos
 - Mapa Forestal de España
 - Catastro
 - Base Cartográfica Nacional
 - Bases de datos Autonómicas de Ocupación de Suelo
 -

El modelo de datos SIOSE fue sido revisada por Universidad de Zaragoza para su adecuación a la ISO/TC211 en y a los estándares del Open Geospatial Consortium, y su conversión al modelo y base de datos física con que se realiza la Producción del SIOSE.

18.3. Técnicas de extracción de la información: visuales y semiautomáticas

Para la elaboración de inventarios de ocupación (cobertura y uso) de suelo debemos poder extraer la información significativa de imágenes que se consideran como la referencia para dicho inventario - interpretación y análisis – lo que implica la identificación y/o la medida de varios objetos en una imagen para extraer la información útil sobre ellos. Los objetos en imágenes de satélite o aerotransportadas tienen las características siguientes:

- Pueden ser un punto, una línea, o un área. Esto significa que pueden tener cualquier forma, desde la de un autobús en una porción del estacionamiento, un cauce, un puente o un camino, a una extensión grande del agua o de un campo.
- Deben ser distinguibles; esto es, debe visualizarse en contraste con otros objetos a su alrededor en la imagen.

Mucha interpretación e identificación de objetos en imágenes de satélite o aerotransportadas es realizada manualmente o visualmente, es decir por un intérprete humano. El procesamiento digital se puede utilizar para realzar datos como preludeo a la interpretación visual. El procesamiento y el análisis digital se pueden también realizar para identificar automáticamente objetos en la imagen y para extraer la información totalmente sin la intervención manual por un intérprete humano. Sin embargo, raramente se utilizan por completo en sustitución de la interpretación visual. A menudo, se hace para asistir al analista humano.

Técnicas de extracción	
Visual	Semiautomática
Costes lineales	Costes se reducen con la superficie
Restitución compleja	Corrección geométrica sencilla y rápida
Buena precisión en clases heterogéneas	Baja precisión en clases heterogéneas
Inventario no inmediato	Inventario inmediato
No precisa alta especialización, aunque sí formación y conocimiento del territorio.	Precisa alta especialización

Tabla 1. Técnicas de extracción visuales y semiautomáticas: Ventajas e inconvenientes

En cualquier caso, en todo proceso de generación de un inventario de ocupación de suelo, las fases generales serán:

- Elección del modelo de datos de ocupación del suelo → determinación de la nomenclatura de clases y leyenda del trabajo.
- Análisis de la respuesta espectral:
 - Literatura científica.
 - Radiometría de laboratorio:
 - Hojas / dosel.
 - Sustrato.
 - Influencias atmosféricas.
 - Modelos de simulación.
 - Trabajo de campo: ciclo fenológico.
- Elegir sensor más conveniente, según los siguientes aspectos:
 - Resolución espacial, espectral, temporal, marco de cobertura.

- Coste.
- Número y período de imágenes necesarios para la elaboración del inventario.
- Soporte de las imágenes.
- Metodología de extracción de la información:
 - Equipamiento necesario.
 - Tipo de tratamiento (visual / semiautomático / automático)
- Metodología de control de calidad
- Metodología de verificación o validación estadística

Bibliografía

- [1] Pinilla, C. Elementos de teledetección. Editorial RA-MA. 1995. Pag. 85 - 96
- [2] Chuvieco, E. Teledetección Ambiental: La observación de la Tierra desde el Espacio. Ariel Ciencia, 2002. Pag. 155 - 197
- [3] Sanderson E. W., Jaiteh, M., Levy, M. A., Redford, K. H., Wannebo, A. V. and Woolmer, G.. The human footprint and the last of the wild. Bioscience. 2002, 52(10):891-904.
- [4] Murray I. Blázquez, M. y Rullan, O. Los cambios en la cobertura de la Tierra. Una revisión bibliográfica desde la geografía. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, Vol. X, nº 571, 2005. [<http://www.ub.es/geocrit/b3w-571.htm>].
- [5] Di Gregório A., Jansen, L.J.M. *Land Cover Classification System. Classification concepts and user manual, Software version (2). Revised by Antonio Di Gregorio. Based on the original software version 1. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2005*
- [6] Anderson, R., Hardy, E., Roach, J. T. y Witmer, R. E. *A Land Use And Land Cover Classification System For Use With Remote Sensor Data. Geological Survey Professional Paper 964. A revision of the land use classification system as presented in U.S. Geological Survey Circular 671*
- [7] *Land-Based Classification Standards. Online, <http://www.planning.org/LBCS>. American Planning Association: Chicago, Illinois.*
- [8] *CORINE Land Cover update. I&CLC2000 project -Technical Guidelines. Final version, EEA 2002.*
- [9] • *INFORME TÉCNICO I&CLC2000. Área de Teledetección. Subdirección Gral. de Geomática y Teledetección, Instituto Geográfico Nacional, 2002.*
- [10] *Manual de Fotointerpretación (Sistema de Información de Ocupación del Suelo de España) Versión 0.2. Equipo Técnico Nacional Proyecto SIOSE. S.G. de Producción Cartográfica, Instituto Geográfico Nacional, 2007.*
- [11] *Modelo de datos SIOSE versión 1.12 – Estructura básica (diagrama UML). Equipo Técnico Nacional Proyecto SIOSE. S.G. de Producción Cartográfica, Instituto Geográfico Nacional, 2007.*
- [12] *Modelo de datos SIOSE versión 1.12 – Coberturas simples (diagrama UML) . Equipo Técnico Nacional Proyecto SIOSE. S.G. de Producción Cartográfica, Instituto Geográfico Nacional, 2007.*
- [13] *Modelo de datos SIOSE versión 1.12 – Coberturas Compuestas (diagrama UML) Equipo Técnico Nacional Proyecto SIOSE. S.G. de Producción Cartográfica, Instituto Geográfico Nacional, 2007.*

- [14] Doc. Técnico Descripción del Modelo de Datos SIOSE versión 1.12 Equipo Técnico Nacional *Proyecto SIOSE. S.G. de Producción Cartográfica, Instituto Geográfico Nacional, 2007.*
- [15] Manual de la Base de datos SIOSE versión 1.12. Equipo Técnico Nacional *Proyecto SIOSE. S.G. de Producción Cartográfica, Instituto Geográfico Nacional, 2007.*

Tema 19. Aplicaciones ambientales de la Teledetección. Aplicaciones a la agricultura, aplicaciones forestales. Incendios. Desertificación. Indicadores agroambientales de distintos organismos. Aplicaciones meteorológicas y oceanográficas de la Teledetección. Plataformas y sensores empleados. Variables medidas. Aplicaciones.

19.1. Aplicaciones ambientales de la Teledetección

Los datos ambientales poseen unas *características particulares*:

- Afectan a territorios extensos (visión global), cubriendo todo el territorio.
- Se produce a distintas escalas espaciales (datos escalables).
- Implican aspectos muy variados (clima, suelos, vegetación, aspectos socioeconómicos...)
- Son muy dinámicos (factor temporal).
- Responden a gradaciones territoriales.

Poseen además una serie de *limitaciones*:

- Solo se pueden detectar variables “espectrales” o relacionadas con estas.
- Tenemos limitaciones en frecuencia, tamaño de píxel y bandas espectrales.
- La información que obtenemos es solo superficial.
- La atmósfera afecta a los datos captados: absorción atmosférica, nubes, etc. (el radar puede solucionar estos problemas por su fuente de iluminación propia y su capacidad de penetración a través de nubes, humo, niebla,...)

19.2. Aplicaciones a la agricultura

La agricultura y la ganadería juegan un papel muy importante en las economías de los países desarrollados y más aún en los países en desarrollo. La producción de comida es de importancia vital para la humanidad, y el objetivo tanto de los agricultores como de las autoridades agrícolas es hacerlo de la forma más eficiente posible. La Teledetección ayuda a mantener a los agricultores, ganaderos, autoridades del gobierno y otros agentes informados sobre:

- La salud de la cosechas
- Extensión de las plagas

- Daños por estrés hídrico
- Condición de los suelos
- Rendimiento previsto para control de precios

La respuesta espectral óptica de una parcela varía de acuerdo con la fenología (crecimiento de las plantas) y la salud de la cosecha.

- La reflectancia en el VIR (Visible e infrarrojo) proporciona información sobre el contenido de clorofila de las plantas.
- La respuesta en el infrarrojo térmico proporciona información sobre el estrés hídrico de las plantas (su temperatura aumenta cuando lo sufren).
- El radar es sensible a la estructura, alineamiento y contenido de humedad de los cultivos y por tanto proporciona información complementaria a los datos ópticos

Toda esta la información obtenida mediante Teledetección se debe introducir en un SIG y combinarla con datos auxiliares para obtener:

- Mapas de cultivos: los realizan los organismos competentes para tener un inventario de lo que se cultiva y dónde. Los métodos tradicionales para obtener esta información eran los censos y el trabajo de campo. La Teledetección proporciona métodos más estandarizados, regulares, fiables, económicos y precisos, además de datos sobre la salud y vigor de las plantas, que no se pueden obtener a simple vista.

Se requieren imágenes multitemporales, para recoger los cambios en la reflectancia de las plantas, debidos al crecimiento y su estado.

- Control de ayudas y políticas medioambientales: Los países de la Unión Europea usan la Teledetección para controlar el cumplimiento de los mandatos de la PAC: midiendo la extensión y situación de los cultivos importantes para la UE, informando sobre su rendimiento y comprobando las subvenciones otorgadas. El proyecto MARS (Monitoring Agriculture by Remote Sensing) define procedimientos estandarizados para obtener esta información por Teledetección.
- Seguimiento de cosechas: La evaluación de la salud de un cultivo, así como la detección precoz de plagas son críticos para asegurar la productividad agrícola. El estrés asociado con deficiencias de humedad, plagas (insectos, hongos,...) y malas hierbas, se debe detectar con suficiente prontitud para que el tratamiento pueda ser aplicado a tiempo.

Se requieren imágenes con frecuencia alta (semanal) y un intervalo corto entre la toma de la imagen y la entrega de la información (unos 2 días).

- Previsión de cosechas: Los mercados de productos agrícolas tienen necesidad de un conocimiento anticipado de las producciones (cantidad y calidad) para que funcionen adecuadamente los mecanismos de “formación de precios”, y el juego de la oferta y la demanda.
- Evaluación de daños para indemnizaciones y ayudas: Las aseguradoras agrarias (organismos estatales y empresas de seguros privadas) tienen necesidad de una evaluación de daños (sequías, heladas, granizo, plagas,...) rápida, precisa y económica. El trabajo de campo es muy fiable, pero lento y caro. La Teledetección permite hacer una evaluación global de la situación de una zona, que pueda ser complementada con vistas de campo muy concretas y localizadas.
- Agricultura de precisión (“Precision Farming”): Las diferencias de estado entre distintas zonas de una parcela pueden ser debidas a deficiencias de nutrientes u otras formas de estrés: la Teledetección ayuda al agricultor a aplicar el tipo y cantidad más adecuada de fertilizante ó fitosanitarios (pesticidas ó herbicidas) → lo que mejora la producción y minimización de los efectos medioambientales. Un agricultor dotado de un sistema de recepción por Internet de las imágenes de sus campos, así como de un GPS, puede tomar las decisiones y aplicar los tratamientos óptimos en las zonas que lo requieren.

La vegetación sana contiene gran cantidad de clorofila (> color verde):

- Baja reflectancia en el azul y el rojo (la clorofila absorbe estas longitudes de onda).
- Alta reflectancia en el verde y el IR próximo (NIR).
-

Las plantas estresadas ó con daños experimentan:

- Disminución del contenido de clorofila, con lo que la reflectancia V disminuye.
- Cambios en la estructura interna de la hoja. La reflectancia NIR disminuye

El ratio de reflectividad del IR al R es una excelente medida de la salud de la vegetación: índices de vegetación, etc. (ej. NDVI). También sirve para diferenciar entre seco y regadío.

19.3. Aplicaciones forestales

Los bosques son un recurso muy valioso, en particular, los bosques tropicales albergan una inmensa diversidad de especies, y por tanto son más capaces de adaptarse a los cambios en las condiciones medioambientales que los bosques de “monocultivo” (boreales). Esta diversidad también proporciona hábitat a numerosas especies animales y es una fuente importante de ingredientes medicinales. Los bosques juegan también un papel muy importante en el equilibrio y el intercambio de CO₂, actuando como un enlace clave entre la atmósfera, la geosfera y la hidrosfera. La deforestación produce cambios en el balance de gases de efecto invernadero, reduce de la pluviosidad, contribuye al aumento de la temperatura, incrementa las tasas de erosión, aumenta riesgo de inundaciones.

La extracción de madera es una práctica muy extendida a nivel global históricamente las explotaciones forestales son una importante industria en todo el mundo. Los bosques se “cosechan” y se vuelven a plantar, buscando una fuente constante de madera. Sin embargo, la sobreexplotación de recursos forestales tiene efectos a largo plazo sobre el clima, la conservación de suelos, la biodiversidad y los regímenes hidrológicos. La solución pasa por la *Explotación Sostenible*. Esta asegura que hay una regeneración saludable de árboles, y por ello de lo los suministros adecuados de madera para atender las demandas de una población creciente.

En los trópicos, los bosques cubren la tierra arable, por lo que se queman o se talan para facilitar el acceso a y el uso de las tierras. Estas prácticas se producen cuando la necesidad percibida de sostenibilidad a largo plazo es sobrepasada por las necesidades de supervivencia a corto plazo. Afectan a las especies y la sociedad de forma negativa y por lo que cada vez se hacen mayores esfuerzos para controlar y forzar las regulaciones y planes de protección de estas áreas.

Ante estas problemáticas la Teledetección se presenta como una herramienta poderosa de captura de datos:

- Mapas forestales: los organismos forestales y medioambientales necesitan tener información actualizada sobre los tipos de bosque para el control de la deforestación/reforestación y los parámetros biofísicos. La caracterización del tipo de cobertura boscosa y la identificación de especies son aspectos críticos, tanto para la conservación como para la explotación de los bosques. La tipología de la cobertura suele consistir en la *cartografía de una zona extensa* (Ej. Mapa Forestal de España). El *inventario de especies* suele consistir en mediciones muy detalladas de las características de cada

árbol (tipo, altura, densidad, estado de salud, diámetro del tronco,...) Ej: Inventario forestal Nacional. La primera de estas dos tareas puede realizarse mediante Teledetección.

La cartografía forestal se realiza mediante imágenes de satélite multiespectrales ó radar, así como fotografías aéreas (de escala 1:25.000 aprox.), con resoluciones entre 5 y 30 m, apoyadas en trabajo de campo.

- La visión estereoscópica resulta de mucha ayuda en la fotointerpretación.
 - Las imágenes radar pueden ser interesantes cuando la cobertura nubosa es casi permanente (ej: bosques tropicales húmedos).
 - En muchos casos se pueden usar imágenes de alta resolución (Ej: ortofotos) para el primer levantamiento de la Base de Datos, mientras que las actualizaciones constantes se pueden realizar con imágenes de baja resolución, menos costosas y difíciles de obtener (Ej: Landsat).
 - Las imágenes hiperespectrales aerotransportadas pueden proporcionar gran resolución radiométrica y espectral para detección de plagas, etc.
-
- Gestión forestal: las autoridades con competencias forestales elaboran planes de gestión en los que se detallan aspectos tales como: repoblaciones, usos, control de la deforestación, control de plagas, etc.

 - Control de talas y deforestación: por Teledetección se obtienen el grado y extensión de la deforestación, así como la evolución de la regeneración. Los datos multitemporales proporcionan análisis de la evolución de la situación y de la regeneración. En los países donde las talas están controladas y reguladas, la Teledetección se usa para el control del cumplimiento de las directrices y especificaciones de las talas. La Teledetección es en muchas ocasiones la única forma de obtener información de talas ilegales ó daños (que pueden suceder durante largos períodos de tiempo) en áreas remotas ó inaccesibles, sobre las cuales, incluso las coberturas aéreas resultan demasiado caras ó imposibles.

Para estas actividades son necesarios datos con la adecuada continuidad. Satélites que tengan asegurado el lanzamiento y operatividad de las sucesivas generaciones. Para la detección de talas, hace falta menos resolución que para la delineación de las mismas. En los países en los que hay suficientes períodos libres de nubosidad se prefieren los sensores ópticos con respecto al radar, ya que se discriminan muy bien las talas. En imágenes radar las talas producen un backscatter (retorno de señal) menor que la cubierta forestal, y los

bordes de los bosques quedan realzados en forma de brillos. La mezcla de datos ópticos y radar se puede usar para el control de las talas

Los procesos utilizados para estos fines son:

- Fotointerpretación.
- Ajuste multitemporal de imágenes.
- Técnicas continuas: Comparación entre índices de vegetación, transformación a componentes principales, ALME...
- Imágenes clasificadas.

19.4. Incendios

El fuego es parte del ciclo reproductivo de muchos bosques, revitalizando el crecimiento de los mismos mediante la apertura de semillas y liberando nutrientes del suelo. Sin embargo, se pueden extender rápidamente y amenazar a la fauna, afectando a la producción maderera y a zonas protegidas. En los países mediterráneos, los incendios demasiado frecuentes provocan la erosión de la capa de suelo y la extensión de la desertificación.

Se necesita información como ayuda a las tareas de extinción y para evaluar el avance de proceso de recuperación de las zonas quemadas.

- Mapas de riesgo de incendios: Mediante Teledetección se pueden realizar mapas bastante precisos del riesgo de incendio teniendo en cuenta: biomasa, material combustible, índices de vegetación, humedad del bosque, meteorología...
- Detección de incendios: puede ser una herramienta de información sobre la aparición y evolución (ritmo y dirección de avance) de incendios de zonas remotas e inaccesibles. Los datos térmicos de NOAA-AVHRR y los meteorológicos de GOES /Meteosat se pueden usar para delimitar los fuegos activos y los focos calientes que permanecen después, mientras que los sensores ópticos se pueden ver estorbados por el humo, la niebla o la oscuridad (en la oscuridad no se ve el humo, y el humo puede tapar el fuego).
- Evaluación de los incendios: Después de la extinción de cada incendio hay que proceder, lo antes posible a evaluar: la superficie afectada, y su composición, el grado de severidad en cada zona, las acciones a realizar para que la regeneración se produzca lo antes posible, así como una cartografía exacta para medidas legales (prohibición de recalificar, etc...).

- Seguimiento de la regeneración después de los incendios: también se puede usar para el control de la regeneración posterior a un incendio.

En cuanto a los requerimientos de las imágenes:

- Los datos térmicos son mejores para detectar y delimitar los fuegos activos. Los datos VIS y NIR son más útiles para observar los estados de crecimiento y fenología de las zonas quemadas.
- Para detección y control se precisa: cobertura espacial muy amplia, resolución espacial moderada, muy alta frecuencia y tiempo de respuesta muy rápido.
- Para cartografía de zonas quemadas: cobertura espacial pequeña, resolución espacial de alta a media y frecuencia temporal baja.

19.5. Desertificación

España es el único país de Europa con riesgo de desertificación alto, en ella, la erosión ocupa el primer lugar. Los factores que influyen son varios: cambio climático, sobre-pastoreo, roturación de espacios marginales, riego excesivo, etc.

La Teledetección se puede usar para describir la litología por y por tanto los estados erosivos del terreno. Da una visión de conjunto, multispectralidad e información de textura. Podemos señalar áreas afectadas por el proceso, seguir variaciones en láminas de arena, analizar la dinámica de la cobertura en relación con mecanismos de degradación y la estructura parcelaria.

Técnicas empleadas

- Ajuste radiométrico y geométrico para el análisis multitemporal (Ej: Imágenes Landsat TM o ETM+).
- Variación de índices de vegetación.
- Componentes principales.
- ALME.
- Clasificación multitemporal.
- Estructura del parcelario.
- Técnicas radar: El contenido de humedad se refiere al agua contenida en los 1 ó 2 metros superiores, que es susceptible de evaporarse y su medida es importante para detectar estados erosivos. El radar es útil para medir la humedad del suelo ya que el “backscatter” resulta afectado por la “constante dieléctrica”, que depende de la humedad (además de otros factores: topografía, rugosidad, cantidad y tipo de

vegetación). La constante dieléctrica (CD) del suelo seco es de 3 a 8 y la del suelo húmedo puede llegar a 80. Cuanto más seco, menor CD, menos backscatter e imagen más oscura.

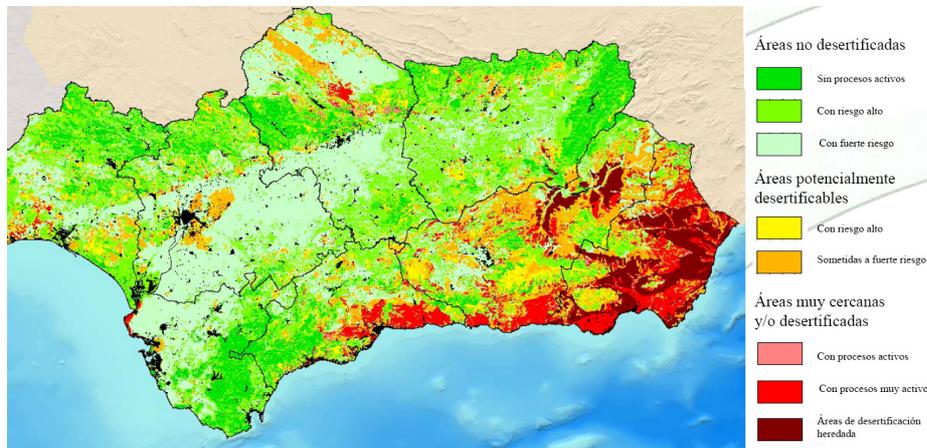


Figura 1. Riesgo de desertificación en Andalucía. Fuente Junta de Andalucía.

19.6. Indicadores agroambientales de diferentes organismos

La Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) considera que un indicador es un “valor observado representativo de un fenómeno determinado. En general, los indicadores cuantifican la información mediante la agregación de múltiples y diferentes datos. La información resultante se encuentra pues sintetizada. En resumen, los indicadores simplifican una información que puede ayudar a revelar fenómenos complejos”.

El Ministerio de Medio Ambiente define indicador como “una variable que ha sido socialmente dotada de un significado añadido al derivado de su propia configuración científica, con el fin de reflejar de forma sintética una preocupación social con respecto al medio ambiente e insertarla coherentemente en el proceso de toma de decisiones”.

Objetivo y utilización de los indicadores:

Seguimiento y Control de los Objetivos marcados en Agendas de Planificación Ambiental, cuantificando el grado de consecución de los mismos y por lo tanto la eficacia de las Líneas Estratégicas, Programas y Proyectos adoptados para alcanzar la Meta de un Desarrollo Sostenible.

Marco Causal:

El medio sufre variaciones en su estado como consecuencia de la actividad humana y la sociedad responde a través del desarrollo de políticas. La AEMA propone el marco denominado DPSIR.

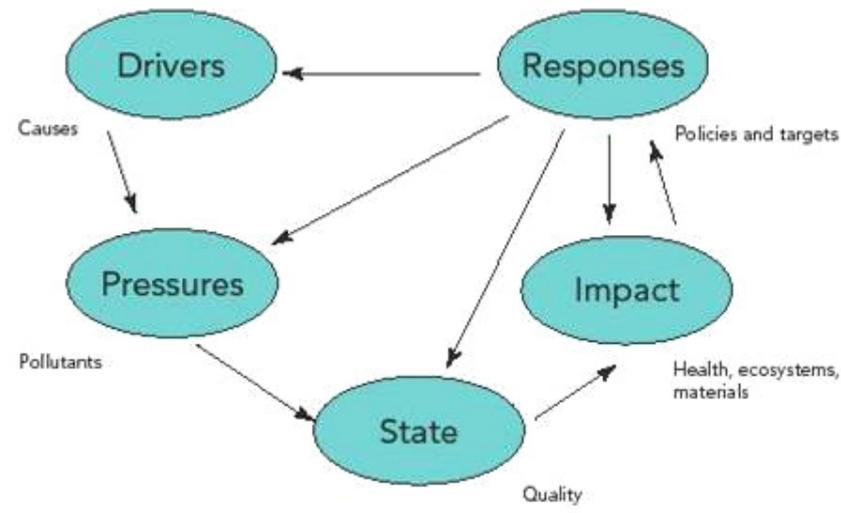


Figura 2.

Acrónimos: P: presión E: estado R: respuesta
F: fuerza conductora I: Impacto

- *Fuerzas Conductoras*, tales como industria y transporte, producen...
- *Presiones* sobre el medio ambiente, tales como emisiones contaminantes, las cuales entonces degradan el Estado del medio ambiente, ocasionando...
- *Impactos* en la salud humana y los ecosistemas, haciendo que la sociedad de una
- *Respuesta* con varias medidas políticas, tales como regulaciones, información e impuestos que pueden ser dirigidos a cualquier otra parte del sistema...

Algunos ejemplos para los tipos de indicadores más usados:

- *Indicadores de Presión* (Ej.: Superficie incendiada, Costa desnaturalizada, contaminantes desde las cuencas al mar...).

- *Indicadores de Estado:* (Ej.: Suelos afectados por erosión, Número de emplazamientos contaminados, Superficie afectada por riesgo de Desertificación, Indicador de Estado de Superficie Forestal...)
- *Indicadores de respuesta:* (Ej.: Cauces deslindados, Superficie de suelo protegido por acuerdos de conservación, Indicador de Respuesta de Repoblación Forestal...)

Principales organismos que proponen indicadores agroambientales:

- Naciones Unidas:
 - ❖ Indicadores Ambientales para el Desarrollo Sostenible
 - ❖ Plan Azul para el Mediterráneo
- Unión Europea:
 - ❖ Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA)
 - ❖ Seguimiento global del Medio Ambiente y seguridad (GMES)
- España:
 - ❖ Ministerio de Medio Ambiente (MMA)
 - ❖ Ministerio de Fomento
 - ❖ Ministerio de Agricultura (MAPYA)
 - ❖ Ministerio de Vivienda
 - ❖ Observatorio de Sostenibilidad en España (OSE)

Principales Indicadores Agroambientales en los que pueden usarse técnicas de teledetección:

Agricultura:

- Evolución de la superficie dedicada a invernadero (TCI, “Tronco Común de Indicadores”, España)
- Superficie de cultivos anuales y permanentes (ONU)
- Superficie de regadío (TCI)
- Tasa de suelo agrícola de regadío (Ind. para el Mediterráneo)
- Porcentaje de riego en cultivos (ONU)

Biodiversidad y naturaleza:

- Defoliación de las masas forestales (MMA)
- Daños en los bosques (TCI)
- Número y superficie de humedales (TCI)
- Repoblación forestal (TCI)
- Superficie forestal incendiada (TCI)
- Superficie forestal por tipo de especie (TCI)

- Satellite derived vegetation index (ONU)
- Sup. quemada por año (Ind. para el Mediterráneo)
- Superficie forestal (Indicadores para el Mediterráneo)
- Cambio en la sup. Forestal (ONU)

Suelo:

- Superficie de asentamientos urbanos oficiales y no oficiales (ONU)
- Sup. urbanizada (OSE, “Observatorio de la Sostenibilidad en España”)
- Superficie urbanizada en el litoral (OSE)
- Cambio en los usos del suelo (TCI) y (ONU)
- Sup. afectada por desertificación (ONU)
- Sup. forestal como porcentaje de sup. total (ONU)
- Cambio en los usos del suelo
- Costa desnaturalizada (TCI)

Agua:

- Concentración de algas en aguas costeras (ONU)
- Disponibilidad de los recursos hídricos regulados: reservas (TCI)
- Agua embalsada eutrofizada (TCI)

19.7. Aplicaciones meteorológicas y oceanográficas de la Teledetección

19.7.1. Aplicaciones meteorológicas

Los servicios meteorológicos a partir de satélite consisten en la medida de las variaciones a corto plazo de las condiciones del tiempo en las capas bajas de la atmósfera (troposfera y superficie de la Tierra). Hoy en día podemos predecir el tiempo con 3 a 5 días con un 80 % de precisión. Tal vez en unos años, con nuevas misiones de satélites y otros avances en modelos matemáticos y en capacidad de cálculo seamos capaces de llegar a las 2 ó 3 semanas de predicción.

La información meteorológica la proveen dos tipos de satélites: GEO (geoestacionarios) y LEO (Low earth Orbit –órbita polar-). Los parámetros que se miden con estos satélites, y que sirven de “input” para los modelos matemáticos meteorológicos que corren en grandes ordenadores son entre otros:

- Cobertura nubosa (diurna y nocturna).
- Temperatura atmosférica y del mar.

- Vientos.
- Humedad de la atmósfera.
- Humedad del suelo.
- Perfilado de humedad multinivel a través de la atmósfera.
- Distribución de ozono.

19.7.2. Aplicaciones oceanográficas

Los océanos proporcionan alimento, recursos biofísicos, afectan al clima, etc. Las costas son ecosistemas sensibles, muy afectados por la acción humana (cambios en la Ocupación del Suelo). El 60 % de la población de la Tierra vive cerca de las costas, por lo que es necesario controlar: la erosión costera, pérdida de hábitat, urbanización en el litoral, vertidos al mar desde tierra y desde barcos... Muchos de estos datos se pueden obtener por Teledetección (Sin embargo, la información que proporciona la Teledetección se refiere solamente a la capa superficial, falta información sobre el resto de la columna de agua):

- Podemos determinar diversas variables oceánicas: corrientes, batimetría de aguas someras.
- Predecir temporales.
- Evaluar stocks de pesca: con el control de la temperatura del agua, su calidad, fitoplancton, etc.
- Seguimiento de vertidos de hidrocarburos.
- Ayuda a la navegación: trazado de rutas.

Los *instrumentos empleados* por los satélites son:

- *Escaterómetros* (ó “dispersómetros”): proporcionan información sobre la velocidad y dirección del viento.
- *Altimetros*: permiten medir la altura de las olas.
- *Radiómetros*: miden la temperatura de la superficie del agua.
- *SAR (radar de apertura sintética)*: detecta las variaciones en la rugosidad de la superficie (siempre que el viento supere los 2 ó 3 m/s). La alta frecuencia de datos es necesaria, así como el tratamiento y envío de los datos en tiempo real.

Color Oceánico (“Ocean Color”)

El análisis de color oceánico se refiere a un método de indicar la “salud” del océano, midiendo la actividad biológica en el mismo por medios ópticos (relacionada con la cantidad de fitoplancton). El fitoplancton es un factor fundamental en la cadena alimentaria mundial, crece mediante la luz solar y la clorofila. La clorofila, que absorbe la luz roja (y causa así el color azul-verdoso del mar) se considera un buen indicador de la salud y productividad del océano. En general, la productividad oceánica es mayor en las zonas costeras, debido a la acumulación de nutrientes (sedimentos).

- Los datos ópticos pueden detectar: sedimentos en suspensión, materia orgánica disuelta, floraciones de algas, vertidos de petróleo.
- Los datos SAR pueden proporcionar información adicional (corrientes, etc.) que sirven para predecir las tendencias cuando los datos ópticos no están disponibles.
- Se requieren mediciones diarias para pesca y acuicultura; mensuales y estacionales para modelización de procesos.

Detección de vertidos de hidrocarburos

Los mayores vertidos proceden de naufragios de petroleros (Ej: Prestige), pero la mayor parte de los vertidos proceden de barcos que vacían sus tanques antes de entrar en puerto. La vigilancia rutinaria de las rutas de navegación y áreas costeras es necesaria para forzar el cumplimiento de las normas sobre polución marítima e identificar a los infractores. También se producen vertidos por roturas en oleoductos. La Teledetección permite observar en zonas inaccesibles, detectando y controlando los vertidos

Se necesita determinar: la situación del vertido, su tamaño y extensión, la dirección y magnitud del movimiento, viento, corrientes y olas para predecir el movimiento futuro. La detección depende fuertemente de la velocidad del viento: si es mayor de 10 m/s, se romperá y dispersará, haciéndolo difícil de detectar.

Requerimientos de las imágenes: Corto período de entrega de los datos y de revisita. Para detección gran área de cobertura y para seguimiento: alta resolución

Los *dispositivos que se utilizan* son:

- Fotografía y vídeo infrarrojos desde plataformas aéreas.
- Imágenes del infrarrojo térmico.

- Airborne laser fluorosensors.
- Sensores ópticos aéreos y de satélite.
- SAR aéreo y desde satélite. Permite detectar vertidos a través de la supresión localizada de ondas de Bragg (se ven como elementos circulares o curvilíneos, de color más oscuro que el entorno). El hidrocarburo, que flota en la superficie, crea una zona más lisa, que refleja especularmente las ondas radar.

Icebergs

Afectan a la navegación y son síntoma del cambio climático global. El hielo polar cubre cada año una superficie similar a la de Norteamérica (25 MKm²). En las regiones Septentrionales, se realizan boletines diarios.

Algunos parámetros que se pueden obtener son: la concentración y tipo de hielo, rugosidad, salinidad, espesor, edad del hielo, movimiento, etc.

19.8. Plataformas y sensores empleados. Variables medidas. Aplicaciones

Los principales satélites de observación ambiental los podemos agrupar en:

- Escala global (>107 km²), poseen gran cobertura y muy alta repetitividad:
 - GOES, Meteosat, MSG, GMS, Insat.
 - NOAA-AVHRR; SPOT-Vegetation; SeaWifs, DMSPOLS, ERS-ATSR, MOS-VTIR, Terra-Aqua MODIS.
- Escala nacional (□ 105 km²), cobertura extensa:
 - IRS-Wifs AWIFS.
 - Landsat-MSS.
 - SAC-C
- Escala regional (□104 km²), coberturas de detalle:
 - Landsat-TM/ETM+; SPOT-HRV; IRS-Liss; Aster,
 - DMC, EO1-Hyperion, ALI.
 - Misiones radar: ERS, Radarsat, Almaz, Envisat.
- Escala local (<102 km²):
 - Proyectos de alta resolución: SPOT-5, Ikonos, Orbview, Quickbird, EROS, Komsat, Cartosat.
 - Radar de alta resolución: Pleyades.
 - Lidar.

A veces se requiere más de un sensor para atender los requerimientos de una determinada aplicación. El uso combinado de varios sensores se llama “Integración de sensores” o “fusión de datos”

Los sensores que se utilizan para oceanografía suelen ser específicos para estas aplicaciones:

- Modular Opto-electronic Sensor (MOS) lanzado en 1996.
- Ocean Colour Thermal Sensor (OCTS).
- SeaWiFs, lanzado en 1997 (NASA).
- MERIS (ENVISAT, ESA, 2001).
- MODIS (TERRA, NASA, 2000).
- GLI (Japan 1999).
- OCI (Taiwan 1998).

Variables en agencias distribuidoras de datos de satélite:

a.- SPOT VEGETATION.

- NPP(Productividad Neta Primaria)
- NEP(Productividad Neta de los Ecosistemas)
- DMP(Productividad de Materia Seca)
- Clasificación de Biomas.- Superficies recientemente incendiadas.
- Porcentaje de cubierta vegetal verde aparente.
- Puntos calientes, sequía, incendios, inundaciones, cambio de ocupación.
- Puntos de agua en zonas áridas.

b.- NOAA AVHRR.

- NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada).
- Land Cover (Global y Continental).

c.- TERRA MODIS.

- Reflectividad en la superficie.
- Temperatura y emisividad.
- Land Cover y Cambio de Land Cover
- Índices de Vegetación
- Anomalías Térmicas/incendios
- LAI --- FPAR
- NPP, PSN (Fotosíntesis)
- BDRF-albedo

d.- TERRA ASTER.

- Temperatura en el sensor (de brillo). 90m.
 - Emisividad de la superficie 90m.
 - Reflectividad VNIR en superficie 15m.
 - Reflectividad SWIR en superficie 30m.
 - Temperatura en la superficie 15m.
 - Radiancia VNIR en superficie 15m.
 - Radiancia SWIR en superficie 30m.
 - Radiancia TIR en superficie 90m.
 - Clasificación de nubes 30m.
 - Modelo Digital de Elevaciones 30m.
- e.- ENVISAT MERIS.
- Índice de pigmentos --- fitoplancton (océano).
 - Materia en suspensión (océano).
 - Sustancia amarilla (océano).
 - PAR (océano).
 - Espesor Óptico de Aerosoles (océano).
 - Reflectividad (tierra).
 - Espesor Óptico
 - GVI - Global Vegetation Index (tierra).
 - Espesor Óptico (nubes).
 - Albedo (nubes).
 - Presión en la parte superior (nubes).
 - Tipo de nubes.
 - Reflectividad (nubes).

*Para las variables medidas y aplicaciones ver también los apartados específicos anteriores.

Bibliografía

- [1] BARRET, E. C. y L. F. Curtis (1999): Introduction to Environmental Remote Sensing, Cheltenham, Stanley Thornes Publishers Ltd.
- [2] CHUVIECO, E. (2002): Teledetección Ambiental, Barcelona, Ariel.
- [3] CHUVIECO, E., MARTÍN M. P., VENTURA G.. “Evaluación de Imágenes NOAA-AVHRR y TERRA-MODIS Para Cartografía Regional de Áreas Quemadas”, enero 2001. Ed. Incendios Forestales España. Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá. Madrid, España.
- [4] GIBSON, P. y C. H. Power (2000a): Introductory Remote Sensing: Principles and Concepts, London, Routledge.
- [5] JENSEN, J. R. (2000): Remote Sensing of the Environment. An Earth Resource Perspective, Upper Saddle River N.J., Prentice-Hall
- [6] Sistema para el Seguimiento y Análisis de Tierras mediante Teledetección .01/11/1999. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Chile.
- [7] <http://themes.eea.eu.int/IMS/CSI>
- [8] http://www.mma.es/portal/secciones/calidad_contaminacion/indicadores_ambientales/banco_publico_ia/index.htm

Tema 20. Historia de la cartografía. Cartografía histórica. Portulanos. Evolución de la representación cartográfica de España.

20.1. La representación del territorio español

Cuando se compara un mapa de España con las imágenes obtenidas por satélites de observación de la Tierra, adecuadamente corregidas, se puede comprobar la coincidencia del trazado del mapa y la imagen espacial. El mapa es una representación reducida, generalizada y matemáticamente precisa sobre un plano y es lógico que la coincidencia indicada se produzca. No obstante, conseguir una imagen correcta de España ha sido el resultado de más de veinte siglos de esfuerzos, a través de los cuales se fue configurando la representación cartográfica del territorio.

La imagen de España se estabilizó en el siglo XVI, si bien con grandes errores en el trazado, variando según los autores y la información de que éstos disponían. A partir de 1788 los levantamientos hidrográficos de Vicente Tofiño permitieron una buena representación de las costas españolas. Pero la forma precisa no se consiguió hasta 1958, una vez finalizado el trabajo de campo del Mapa Topográfico Nacional 1:50.000. El primer mapa de España formado a partir del anterior es el Mapa de la Península Ibérica, Baleares y Canarias, a escala 1:1.000.000, cuya primera edición data de 1959. Este mapa proporcionó la primera imagen verdadera del territorio español.

20.1.1. Los primeros pasos

Los geógrafos griegos

Aunque no se conservan documentos gráficos, la forma de España empieza a intuirse a través de los periplos, relatos literarios de viajes que se conocen desde el siglo V a.C. En los periplos, dirigidos a los navegantes, se describen las costas, consignando en ellos no sólo lo observado por el autor sino la información obtenida de otras fuentes.

Piteas, navegante y astrónomo que vivió en la colonia de Massalia (Marsella) en el siglo IV a.C., navegó y recorrió las costas de la península Ibérica. Posiblemente tuvo noticia de periplos anteriores y ello le alentó a realizar el recorrido por sí mismo para comprobar la realidad. En su viaje descubrió el ángulo noroeste de la Península y contribuyó de forma notable al conocimiento del litoral peninsular, merced a los fragmentos que se conservan de su periplo en las obras de Estrabón y Plinio.

Gracias a Piteas, tres siglos después Eratóstenes (276-194 a.C.) pudo recoger una valiosa información que figura en su *Geografía*. Filósofo y matemático, fundador de la cartografía científica, Eratóstenes midió con gran exactitud la circunferencia de la Tierra. En su *Geografía* recoge datos de España que están muy de acuerdo con la realidad; calcula una distancia entre los Pirineos y el estrecho de Gibraltar de seis mil estadios. Si se consideran los estadios griegos, la distancia dada es sólo cincuenta kilómetros superior a la real. Como director de la biblioteca de Alejandría, Eratóstenes dispuso de la fuente de información más importante de la época y su labor fue exclusivamente de gabinete, dependiendo sus conocimientos del análisis de los datos obtenidos a través de obras literarias y de relatos de viajes donde aparecían informaciones topográficas, distancias y orientaciones. Todo ello se plasmó en su mapamundi, en proyección ortogonal, donde el geógrafo pudo fijar las posiciones de puntos importantes conocidos, definidos por paralelos o meridianos que sirvieron de referencia y formaron la base para determinar otras posiciones de interés.

Su casi contemporáneo el historiador griego Polibio (205-125 a.C.) recorrió la Galia, España y Libia. Dio un fuerte impulso al conocimiento de la Península pero, aunque estudió los trabajos de Piteas, cometió grandes errores, ya que consideró que los Pirineos se extendían de norte a sur y que el río Tajo recorría los montes pirenaicos.

El legado romano

Los romanos tuvieron una visión práctica de la cartografía y no se interesaron en el estudio de la Tierra desde un punto de vista científico. Roma dio a Iberia la unidad legislativa, explotó sistemáticamente sus recursos, la dotó de una extensa red de vías militares y de servicios, y dispuso de una información importante sobre los hechos geográficos del territorio; sin embargo, sus geógrafos no aportaron gran cosa al conocimiento de la forma de la Península, cuya imagen sufrió una considerable deformación en la época.

Entre los geógrafos romanos destaca de forma brillante la figura de Estrabón (63 a.C.-23 d.C.). Nació en Grecia, pero por su formación e integración cultural se le considera romano, lo que no le impidió poseer una gran sensibilidad científica, que se evidencia en todas sus obras. Realizó numerosos viajes por diversos países y, como resultado de los mismos, escribió una *Geografía* en diecisiete libros, de los que el tercero está dedicado a Iberia. Parte de la información referente a la Península está basada en otros geógrafos que le precedieron, entre los que cabe destacar a Posidoneo, quien posiblemente inspiró a Estrabón la idea de que la forma de España era similar a la de una piel de toro extendida.

La *Historia Natural* de Plinio (23-79), nacido en Como (Italia), es una de las mejores obras de la Antigüedad; los libros tercero al sexto están dedicados a la geografía. Por Plinio se conoce

algo de la *Geografía de España* de Varrón, quien siempre consideró que el contorno de la Península era de forma triangular. Plinio cometió muchos errores de medida, ya que trató de compaginar informaciones procedentes de autores muy diversos y se basó también en los «Itinerarios», cuyo desarrollo no se conocía bien debido a que no existían en su época las calzadas jalonadas con piedras miliarias.

En el siglo I de la era cristiana destaca el geógrafo Mela, nacido en España. En sus descripciones, la Península aumenta en el sentido de las latitudes y las costas están presentadas con gran detalle, recobrando la forma cuadrada de España. En resumen, puede decirse que con los romanos el conocimiento geográfico de la Península sufrió un grave retroceso.

La obra de Tolomeo

A mediados del siglo II surge una forma de España bastante aproximada a la realidad, gracias a la *Geografía (Geographiké Uphegénésis)* del célebre astrónomo griego Claudio Tolomeo de Alejandría, considerada como la obra geográfica más importante de la Antigüedad y, durante trece siglos, pieza clave del conocimiento geográfico occidental. Para redactar su *Geografía*, el autor se inspiró en Eratóstenes e Hiparco y reconoció su deuda con Estrabón.

Tolomeo (87-165) incluyó en su obra una tabla de coordenadas geográficas (longitud y latitud) de ocho mil lugares importantes. Como sólo disponía de observaciones astronómicas sobre algunos puntos muy destacados, obtuvo la posición del resto estudiando itinerarios, descripciones topográficas y rutas de navegación. Dado que no se dispone de ningún manuscrito de la *Geografía* anterior al siglo XII, no se sabe si Tolomeo dibujó mapas sobre las proyecciones cartográficas que desarrolló, ya que los más antiguos que se conocen datan del siglo XIII. Pero es posible que hiciera algunos mapas con el fin de obtener las coordenadas geográficas de aquellos puntos no determinados por observaciones astronómicas. Con respecto a la Península, el sabio griego midió bastante bien el perímetro y descubrió el ángulo sudeste. A pesar de que la representación orográfica es muy defectuosa, las distintas ediciones de la *Geografía* realizadas a partir del siglo XV contienen mapas de la Península que proporcionan una imagen muy parecida a la real, la cual fue corregida posteriormente muchas veces, a partir de la forma muy precisa que daban las cartas portulanas del siglo XIV y siguientes.

El geógrafo de Alejandría es el padre de la cartografía moderna ya que desarrolló varios sistemas de proyección y el Libro I de su *Geografía* es un verdadero tratado de representación cartográfica. La técnica propuesta no se aparta de lo que se hace en la actualidad: dibujo de una proyección (red de paralelos y meridianos) y situación de puntos por sus coordenadas geográficas. En muchos aspectos, Tolomeo siguió a otro gran cartógrafo y matemático, Marino de Tiro, que vivió en el siglo II y fue el primero en introducir las proyecciones para la

formación de mapas. Lo mismo que Marino, Tolomeo utilizó como primer meridiano el de las islas Afortunadas.

Después de Tolomeo sobrevino una paralización en los estudios geográficos y cartográficos. A través de las escuelas de Rodas y de Alejandría, los romanos heredaron el conocimiento cartográfico griego, utilizándolo para trazar planos catastrales e itinerarios. Estos últimos, de los que es prueba la *Tabla Peutingeriana*, eran decisivos a la hora de facilitar las comunicaciones entre el Imperio y las expediciones militares. Se produjo, por lo tanto, una pérdida del conocimiento geográfico que tan laboriosamente habían conseguido los astrónomos y geógrafos griegos. Más tarde, las invasiones bárbaras y el interés de los geógrafos de la Edad Media en trazar imágenes del mundo atractivas desde el punto de vista teológico, fueron las causas principales de que la obra de Tolomeo no tuviese continuación. Hay que salvar un puente de casi trece siglos, hasta el Renacimiento, para asistir a la difusión de la *Geografía* de Tolomeo, que provocó importantes cambios en el hacer cartográfico europeo.



Figura 1. Tolomeo es el máximo exponente de los conocimientos geográficos del mundo griego. En su obra principal, la *Geografía*, sienta los principios de la cartografía científica, las proyecciones y los métodos de observación astronómica. Incluyó en ella un mapamundi del mundo conocido (sobre estas líneas), en proyección cónica, que abarca 180 grados de longitud, desde las islas Afortunadas al oeste hasta China al este, señalando también los trópicos y el ecuador. A pesar de sus deficiencias, este mapamundi no sería mejorado en más de un milenio.

20.1.2. Forma de la Península en la cartografía patristica

Entre los siglos IV y VII la cultura geográfica se concentra en la Península y su máximo exponente lo constituyen los Padres de la Iglesia, Pablo Orosio (383-417) y san Isidoro de Sevilla (560-636), cuyas obras se traducen y difunden por toda Europa.

A Orosio se le considera como el primer geógrafo español de la Edad Media, ya que con él se inicia la cartografía patristica. Escribió, en el 416, la obra considerada como la fuente más importante de mapamundis de ese período, *Historia Adversum Paganos*. Tres siglos más tarde se dibujó un mapa interpretando la descripción de Orosio, que se conserva en la biblioteca de Albi (Francia). En él, el mundo está representado como un arco apoyado en dos columnas; la clave está orientada al este y en la parte inferior izquierda figura España con una forma ovalada, separada de la Galia por una línea continua; el Mediterráneo se encuentra entre las columnas y el arco. Este mapa supone una representación del ecúmene más detallada que la de mapas posteriores. Hay que destacar que la influencia de Orosio se detecta en distintos mapas creados en Europa entre los siglos VIII y XIII. Su obra fue traducida al árabe en Córdoba en el siglo X. San Isidoro reunió todo el saber de su época en *Etymologiarum sive origenum libri XX* y en *De natura rerum*, donde incluye sencillos mapas, que no pasan de ser diagramas del tipo <T en O> (*Orbis Terrarum*). Estos diagramas dentro de dos círculos concéntricos, donde está el océano que rodea la Tierra, incluyen los tres continentes, África, Asia y Europa, los ríos Don y Nilo y el Mediterráneo. Debido a sus conocimientos geográficos y cosmográficos, san Isidoro influyó poderosamente en los autores cristianos del siglo VII y posteriores. El esquema del mapa <T en O> de san Isidoro y sus derivaciones, más o menos deliberadas, se encuentran en centenares de ejemplos.

Como puede verse, tanto Pablo Orosio como san Isidoro no aportaron nada para mejorar la concepción tolemaica de la Península. Sus mapas, como los de otros autores cristianos de la época, sólo intentaban de forma muy simple ilustrar libros sagrados y no son más que la expresión gráfica de un pensamiento enmarcado en el cuadro de las Escrituras.

Entre los años 730 y 798 vivió un monje benedictino, conocido como Beato de Liébana, que alcanzó notoriedad como comentarista del Apocalipsis de san Juan. Su obra *Commentaria in Apocalypsis*, del año 776, contiene un mapa del mundo como ilustración. Aunque los originales no han sobrevivido, numerosos códices se diseminaron por toda Europa incorporando varios tipos de mapas del siglo X al XIII. El limitado saber geográfico del Beato de Liébana se manifiesta en su versión bíblica del mundo, ya que contempla a Jerusalén como el centro del acontecer cristiano. La representación del mundo conocido es más detallada que en san Isidoro y la península Ibérica suele figurar con un trazado de forma triangular. En estos modelos de cartografía no se reconocía la esfericidad de la Tierra ni la existencia de las antípodas, considerada como herética.

20.1.3. España en la cartografía musulmana

No existió cartografía musulmana hasta que el califa Abbasí al-Mamun (786-833) mandó traducir en Bagdad una serie de manuscritos griegos, entre los que posiblemente estaba la *Geografía* de Tolomeo. Dado el espíritu pragmático de los árabes, hasta entonces sólo se habían trazado itinerarios y mapas de comunicaciones para las campañas militares y misiones diplomáticas.

Al-Mamun, deseoso de conocer el mundo del Islam de forma real, encargó un libro descriptivo de la Tierra al geógrafo al-Juwarizmí, donde debía recoger toda la información de que se disponía en Bagdad. El científico asumió el reto y, entre los años 817-826, redactó el texto explicativo de un mapa, basando su trabajo en la *Geografía* de Tolomeo. De esta forma, al-Juwarizmí puso a disposición de los geógrafos árabes la traducción de la obra tolemaica, que influyó notablemente en la cartografía musulmana de los siglos X al XII.

Entre los años 947 y 951, el geógrafo Ibn Hawgal visitó España y dibujó un mapa cuya geometría recuerda la forma de sus costas. No obstante, el trazado más generalizado que se daba a la Península era el triangular, tal como Orosio y otros geógrafos cristianos la imaginaban; esta forma fue aceptada por el geógrafo al-Razí, autor de la primera obra musulmana conocida que contiene un estudio geográfico de España.

El más destacado de los cartógrafos musulmanes al-Idrisí, nació en Ceuta en el año 1100. Trabajó para el príncipe normando Roger II de Sicilia, iniciando un retorno a la cartografía científica. Su labor como cartógrafo aporta la novedad de la observación directa del terreno y la toma de datos de campo para llevar a cabo una buena representación cartográfica. Al-Idrisí fue el Tolomeo de la Edad Media y su producción cartográfica es muy superior a los mapas monásticos medievales que no tuvieron influencia tolemaica. El trabajo más importante de Al-Idrisí es el *Libro de Roger*, al que acompañaba un mapa denominado *Tabula Rogeriana*, finalizado en 1154. El autor recoge una información muy detallada de los países que describe, obtenida normalmente por los agentes que acompañaban a los dibujantes en el campo. Inicia la descripción de España, tierra de al-Andalus, diciendo que su forma es la de un triángulo y continúa dando los límites y sus dimensiones a lo largo y ancho. A pesar de los métodos científicos utilizados para la formación de sus mapas, al-Idrisí no logró mejorar la imagen de España acercándola a la real, aunque le dio la forma peninsular. Sitúa el estrecho de Gibraltar a 35 grados de latitud, o sea un grado más de error, pero el límite superior a 44 grados es exacto. El mapa de España de al-Idrisí, por su contenido, representa un avance sobre todo lo realizado hasta entonces.



Figura 2. El mapamundi denominado *Tabulo Rogeriana* de al-Idrisi, que iba acompañado por más de setenta mapas de detalle, es uno de los máximos exponentes de la cartografía árabe. Muestra el mundo conocido de la época, desde la península Ibérica hasta China y desde Escandinavia hasta el Sahara, y sitúa el norte en la parte inferior, al igual que muchos mapas chinos. Siguiendo la tradición tolemaica, ignorada en el occidente cristiano, representa una red de meridianos y paralelos.

20.1.4. Las cartas de navegación mejoran la forma de la Península

Durante la Edad Media, los navegantes utilizaban guías escritas para la navegación costera que, en el Mediterráneo, se conocían con el nombre de portulanos y equivalían a los periplos de la Antigüedad y a los actuales derroteros. A los mapas que se hacían para completar los portulanos se los denominó cartas portulanas.

El trazado de estas cartas medievales es casi perfecto y llaman la atención por su parecido con los mapas actuales; incluso el error tolemaico de la longitud del Mediterráneo, al que daba 62 grados, aparece corregido en la primera carta de que se tiene noticia, la *Carta Pisana*, datada en 1280.

La utilización de la brújula como instrumento de navegación se relaciona directamente con la aparición de las cartas náuticas, que seguramente se trazaban a partir de la información que figuraba en los portulanos, siguiendo el sistema de rumbos y distancias navegadas, para fijar los puntos de la costa, o por intersección de rumbos a partir de puntos fijos. La proyección resultante es conforme, lo que es posible debido a la regla admitida para la construcción de la carta, ya que las anomalías magnéticas son débiles en el Mediterráneo y las líneas de fuerza del campo magnético terrestre se aproximan a arcos de círculo máximo que convergen en el polo magnético, diferente del polo geográfico. Por su construcción, las cartas portulanas tienen un error sistemático ya que su norte, que es el magnético, formaba un ángulo entre cuatro y nueve grados este con el norte geográfico, resultando de ello un giro de esa magnitud para el eje del Mediterráneo en sentido inverso al de las agujas del reloj.

Las cartas se dibujaban sobre pergamino y el tamaño de la piel de cordero determinaba sus dimensiones. La semejanza que guardan entre sí estas cartas dio lugar a que algunos autores

considerasen que todas eran copias de un original, al que se denominó portulano normal. Sobre la superficie se trazaban redes de vientos o rumbos que arrancan de puntos denominados nudos, situados sobre un círculo o corona de vientos. De cada nudo salen de 18 a 32 vientos prolongados, que se entrecruzan en todas direcciones, formando una red con aspecto de araña. En estas cartas también figuran escalas gráficas, a las que se denomina tronco de leguas o pitipiés. En el trazado de la costa se utilizaban dos estilos: el moderno, de línea sinuosa similar al trazado real, o el gótico, que asimila las inflexiones naturales a figuras geométricas convencionales, lo que supone a veces una gran generalización.

La primera descripción de las cartas náuticas se debe a Ramón Llull (1233-1316), escritor, filósofo, místico y misionero, hombre de saber enciclopédico y autor de más de quinientas obras, entre las que figura *Ars Magna Generalis et Ultima*. Llull, que en su *Fénix de las Maravillas* escribió sobre el arte de navegar y las cartas de navegación, posiblemente influyó de forma importante en la creación de la escuela cartográfica mallorquina.

Esta escuela tuvo un espléndido y rápido desarrollo debido a la cantidad y calidad de cartas náuticas producidas durante el siglo XIV, de las que se conservan muy pocos ejemplares; según el inventario que realizaron Rey Pastor y García Camarero, hay veinte cartas perfectamente estudiadas y catalogadas, y quince figuran como perdidas. Si bien la producción de la escuela fue mucho mayor, hay que tener en cuenta que las cartas se utilizaron para navegar, por lo que muchas se destruyeron con el uso o desaparecieron en el mar. Los cartógrafos de Mallorca contaron con el apoyo de la Corona de Aragón, que les hizo frecuentes encargos y ordenó que las naves aragonesas debían llevar dos cartas portulanas cuando se hacían a la mar, por orden real de 1359 dada por Pedro IV de Aragón. Esta orden supuso un aumento notable en la producción de cartas náuticas y dio un nuevo impulso al trabajo de los cartógrafos mallorquines. En todas las cartas producidas durante el siglo XIV en Mallorca la imagen de la Península es casi perfecta, debido a la técnica del trazado de las costas explicada anteriormente.

20.1.5. España en el Atlas Catalán

La carta más antigua fechada en Mallorca, de la que se tiene noticia, es la de Dulcert de 1339. Cresques Abraham y Jafuda Cresques son autores del *Atlas Catalán*, finalizado en 1375, que se conserva en la Biblioteca Nacional de París. Este Atlas fue un regalo del hijo de Pedro IV de Aragón, el príncipe Juan, a Carlos IV de Francia. Es una de las obras cartográficas más bellas de finales de la Edad Media, que se inscribe como prototipo dentro de la cartografía mallorquina náutico-geográfica. También puede decirse que es un alarde del buen hacer de sus autores y la expresión más significativa de la escuela mallorquina.

La forma de la península Ibérica en las cartas portulanas es el resultado de levantamientos realizados con gran esmero y por ello está muy cerca de la realidad. En la hoja tercera del *Atlas Catalán* se representa la Península con información costera abundante y detalles del interior. La forma tardará mucho tiempo en ser superada.

Todos los autores que han estudiado el citado Atlas coinciden en señalar que los cartógrafos que participaron en la compilación, formación y dibujo del mismo rompieron con las líneas tradicionales de la cartografía medieval y abrieron de esta forma el camino de la cartografía del Renacimiento.

Otro destacado cartógrafo mallorquín del siglo XIV es Guillermo Soler, autor de las cartas de 1380 y 1385, conservadas en la Biblioteca Nacional de París y en el Archivo del Estado de Florencia.

20.1.6. Cartografía mallorquina de los siglos XV y XVI

Los cartógrafos de Mallorca recogieron el bagaje científico de siglos precedentes, aportado por musulmanes y judíos de la Península y del norte de África, y formaron una comunidad que durante casi tres siglos iluminó el hacer cartográfico de Occidente.

Durante los siglos XV y XVI la cartografía mallorquina consiguió un elevado nivel de belleza y precisión, siguiendo fielmente las normas establecidas a lo largo del siglo XIV y tratando de unificar estilo e información geográfica. En el siglo XV destacan Maciá y Juan de Viladestes; Gabriel de Vallseca, autor de la famosa carta de 1439 que perteneció a Américo Vespucio y se conserva en el Museo Marítimo de Barcelona; Pere Rossell, maestro de cartógrafos y el más innovador de su época. También cabe citar a Jacobo y Juan Bertrand, Berenguer Ripoll y Arnaldo Domenech. En el siglo XVI, al faltar el apoyo de los reyes de Aragón y al desplazarse la actividad cartográfica a Sevilla, algunos cartógrafos mallorquines emigraron a otros puertos mediterráneos pertenecientes a la Corona de España, e incluso a otros países donde encontraron magnífica acogida. A este siglo pertenece la familia Prunes, cuyo miembro más conocido es el geógrafo Mateo Prunes (1533-1594), de quien se conserva una carta en la Biblioteca del Congreso de Washington, fechada en 1559. Otra ilustre familia es la de los Olives, quienes se establecieron en Mesina, Nápoles y Livorno.



Figura 3. También los mapas de Gabriel de Vallseca alcanzaron gran renombre debido a la veracidad y esmerado detalle de su realización. Obra suya es el portulano del Mediterráneo de 1439 (arriba), que perteneció a Américo Vespucio.

Joan Martines (1556-1591), autor del famoso *Atlas*, también es considerado miembro de la escuela mallorquina, a pesar de que toda su obra la llevó a cabo fuera de España, principalmente en Mesina. Su mapamundi se considera bastante perfeccionado en relación con la época en que fue hecho. El valor y la importancia de la escuela mallorquina, cuya actuación se extiende a través de tres siglos, se ponen de manifiesto en el hecho de que las cartas portulanas que difundió mostraban una imagen de la Península cercana a la real obtenida por métodos científicos. A pesar de estar trazadas a escalas muy reducidas, las cartas fueron utilizadas como modelo por cartógrafos flamencos, franceses e italianos, los únicos interesados en formar y publicar mapas de la Península a partir del siglo XVI, ya que los cartógrafos españoles se dedicaron de lleno a los nuevos descubrimientos, soslayando la cartografía peninsular.

20.1.7. El Renacimiento y la imagen de España

El Renacimiento supuso un extraordinario y pujante desarrollo de la vida intelectual, al impulsar el estudio de la civilización grecorromana, hecho al que no fue ajeno la proximidad de Italia con el imperio Bizantino, que había conservado mucho del saber de la Antigüedad.

En el año 1400, el florentino Palla Strozzi adquirió en Constantinopla una copia de la *Geografía* de Tolomeo, que posteriormente tradujeron a latín el famoso Emanuel Chrysolorus y su

discípulo Giacomo d'Angelo; la primera copia de la *Geografía* en latín está datada en 1406. La difusión de la obra de Tolomeo trajo consigo insospechados y radicales cambios en el hacer cartográfico europeo y ya a mediados del siglo XV circulaba por Europa un número considerable de manuscritos.

Los manuscritos de Pedro Massaio, fechados a partir de 1458, contienen 27 mapas, entre los que figura el de España, de trazado primitivo, que en el mundo cartográfico se conoce como antiguo, y cuyo origen hay que buscarlo en los que dibujó, para su uso en el siglo XII, el monje bizantino Máximo Planudes (1260-1310), a partir de los datos contenidos en la *Geografía*. Esta imagen de la Península supone un retroceso y no está de acuerdo con el trazado de las costas españolas representadas en las cartas náuticas desde principios del siglo XIV.

En el códice miniado de Pedro Massaio, fechado en 1472, figura un mapa moderno de España, de formato 480 por 670 milímetros, que presenta un trazado de la costa procedente de las cartas náuticas, el cual sirve de base para encuadrar toda la información interior. Los mapas de Francia y España que figuran en este manuscrito tienen gran interés, ya que son los primeros mapas modernos que se conocen de esta región. Se denomina modernos a los mapas que acompañan al texto de la *Geografía* y que han sido formados a partir de nuevos datos y no sólo con las informaciones tomadas de la obra de Tolomeo.

La primera impresión de la *Geografía* se realizó en Bolonia en 1477. Su autor, Giacomo d'Angelo la tituló *Cosmografía* e incluyó 26 mapas grabados en cobre. El mapa de la Península presenta la singularidad de ser el primer mapa impreso del territorio español. En 1482 se publicó en Florencia la edición versificada de Francesco Berlinghieri; en ella figura el primer mapa moderno, impreso, de España. El trazado de las costas, en estilo gótico, es muy aceptable y propio de las cartas náuticas en las que, posiblemente, se inspiró el autor. La toponimia del interior es abundante y se representa en ríos y cadenas de montañas; estas últimas se limitan con líneas dobles de configuración sombreadas y punteadas en su interior. Hasta 1730 se hicieron más de cincuenta ediciones de la *Geografía*, que se conocen por el lugar de edición y la fecha. Tolomeo fue aceptado con entusiasmo por los cartógrafos europeos del siglo XV, tanto por el reencuentro como por la posibilidad de iniciar una cartografía científica basada en un soporte matemático, que se apartase de los moldes medievales. Esta recuperación aportó también algunos errores importantes, como considerar la longitud del Mediterráneo en 62 grados en lugar de 42 o aumentar el continente euroasiático en 50 grados de longitud. La longitud aceptada para el Mediterráneo supuso un retroceso respecto de la cartografía náutica nacida en el siglo XIII.

La imagen de España difundida por los tolomeos fue muy variada, dependiendo del cartógrafo responsable de la edición y de sus fuentes. Así puede verse que figuras tan destacadas como Mercator en su edición de la *Geografía*, hecha en Colonia en 1581, reproduce el mapa antiguo

de la Península; por su parte, Girolamo Russcalli publicó en su edición, hecha en Venecia en 1561, el mapa antiguo y el moderno. La obra de Tolomeo tuvo una gran importancia hasta 1570, fecha en que se vio superada definitivamente por la aparición de los grandes atlas flamencos.

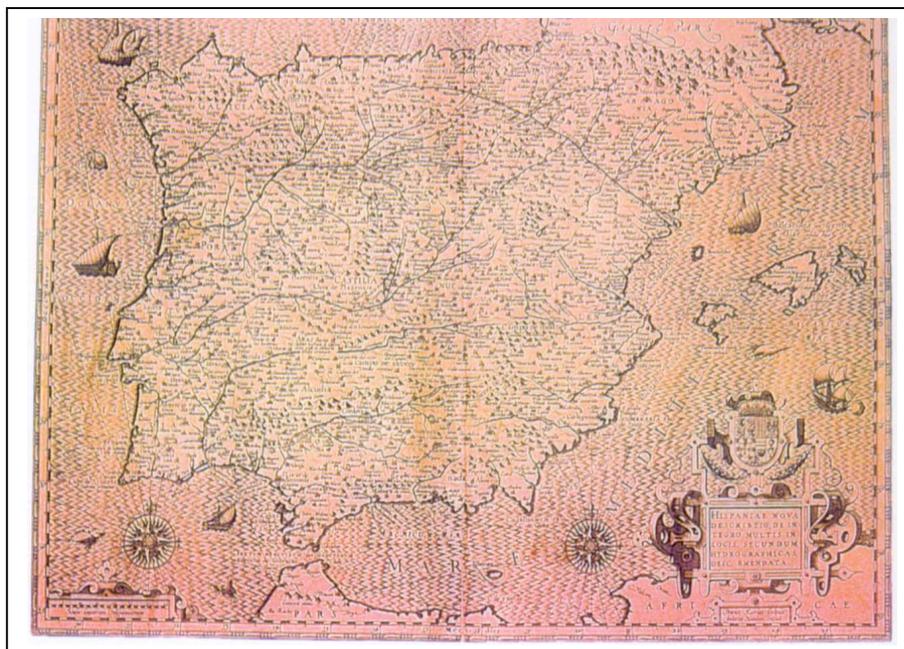


Figura 4. En el siglo XVI, el cartógrafo flamenco Gerhardus Mercator desarrolló una proyección en la que meridianos y paralelos se cortan en ángulo recto, aumentando la separación entre paralelos a medida que se incrementa la latitud. Esta proyección, al representar los rumbos constantes, en forma de línea recta, es especialmente apta para la navegación marítima, hasta el extremo de que hoy en día continúa siendo la más utilizada. Arriba, el mapa de España perteneciente a su atlas *Hispaniae Nova Descriptio*, de 1616.

20.1.8. Los cartógrafos italianos del siglo XVI

Los mapas de España que se publican desde finales del siglo XV hasta el XVII no proceden de autores españoles. La diáspora de 1492 y la aparición de la escuela de Sevilla, orientada a la cartografía de los descubrimientos, relegó a partir de esa fecha el hacer cartográfico referente a la Península.

Para seguir la evolución de la imagen de España ha de recurrirse entonces a la cartografía realizada en otros países: Italia, los Países Bajos y Francia son los más prolíficos. Sería una ardua empresa, y estaría fuera de lugar, citar todos los mapas de España de los que se tiene noticia, pertenecientes al citado período, por lo que se han elegido los más conocidos o los que tuvieron más acogida en la fecha de su publicación.

En 1544, Giacomo Gastaldi publicó en Venecia un mapa de España titulado *La Spagna*, grabado en cobre en cuatro hojas y formato 680 por 940 milímetros. A pesar del prestigio de

Gastaldi como matemático y cartógrafo, considerado como el más importante cosmógrafo veneciano del siglo XVI, el mapa presenta grandes deficiencias. Para su formación, el autor recibió documentación y datos geográficos de Diego Hurtado de Mendoza, embajador de Carlos V en Venecia. En el mapa figura un gran número de núcleos de población, que el geógrafo trató de situar de la mejor manera posible. El trazado de las costas mejora con respecto a otros mapas, aunque otros accidentes geográficos, como las cadenas de montañas y los ríos, tienen un tratamiento deficiente. A pesar de sus fallos, el mapa de Gastaldi es superior a los publicados anteriormente.

Pocos años después, el mapa de Gastaldi fue superado por el que confeccionó en 1550 fray Vincenzo Palentino, utilizando información obtenida directamente, y que fue titulado *Spagna con la distantie de li loci*. A este mapa le siguió, en 1555, el publicado en Londres por Thomas Geminus, dedicado a Felipe II y María Tudor, y que sirvió sin duda de modelo para otros posteriores, ya que la información que contenía era muy superior a la de sus predecesores. Posiblemente el mapa de Geminus recogía datos del que había confeccionado Alonso de Santa Cruz, del cual sólo se tiene noticia por una carta enviada a Carlos IV, en la que el autor anuncia haber completado un gran mapa. Geminus advierte en su mapa de España que la situación de los pueblos es más precisa que la de otros anteriores y que la toponimia es mejor. Sin embargo, aunque la forma de la Península se considera buena para la época, la representación del relieve es errónea y defectuosa.

El mapa de Geminus fue utilizado por otros cartógrafos para publicar mapas a escalas menores. Entre ellos merecen citarse Pyrro Ligorio, con su *Nova totius Hispaniae Descriptio*, Roma, 1559; Vincenzo Luchini, que formó un mapa bajo el título *Hispaniae Descriptio*, Roma, 1559; Paulo Diforlani Veronese, con su mapa *Spagna*, copiado del de Luchini, y por último Dominicus Zenoi, cuyo *Hispaniae Descriptio*, fechado en Venecia en 1550, copia también a Luchini.

20.1.9. El interés por la realidad geográfica española

A principios del siglo XVI en tierras ibéricas podía constatarse el fenómeno de que había mayor interés por cartografiar los territorios de ultramar que la propia Península. Los cartógrafos disponían de pocos puntos fiables, determinados astronómicamente, y seguían utilizando con demasiada frecuencia la información de la *Geografía* de Tolomeo. Como se ha dicho anteriormente, son cartógrafos italianos, flamencos y, más tarde, franceses quienes se ocupan de publicar mapas, la mayor parte de las veces pocos rigurosos, que copian de otros a los que añaden información escasamente contrastada, o se limitan únicamente a variar de proyección cartográfica.

El primer intento serio de conocer la realidad geográfica española corresponde a Fernando Colón, hijo del Almirante y de Beatriz Enríquez, quien inició una descripción de toda España, recopilando datos topográficos y económicos. Entre 1517 y 1523 se visitaron miles de pueblos, recogiendo información sobre posición relativa, economía y características. A pesar del permiso oficial para llevar a cabo este inmenso trabajo, por Real Orden de 13 de junio de 1523 el Consejo Real anuló la autorización dada a Fernando Colón para llevar a cabo la *Descripción y Cosmografía de España*. Es sorprendente la anulación de este permiso ya que Colón siguió gozando del favor del Emperador y participó en 1524 como miembro de la Comisión Hispano-Portuguesa que trató en Badajoz de la línea de demarcación de las Molucas.

La actuación del Consejo Real, al paralizar el trabajo emprendido por Fernando Colón, destruyó la esperanza de llegar a un conocimiento de la realidad geográfica de la España peninsular. La escasa producción cartográfica sobre estos territorios llegará a partir de mediados del siglo XVI de los centros cartográficos de otros países. Los deseos de lograr en este campo un nivel similar al de otros países europeos no se verán satisfecho hasta bien entrado el siglo XVIII.

20.1.10. Las cartas náuticas y la verdadera imagen de la Península

A partir de mediados del siglo XVI la imagen de la Península se hace familiar en los grandes atlas flamencos, realizados por cartógrafos estrechamente unidos a la Corona de España. Abraham Ortelio (1527-1598), que obtuvo el nombramiento de Cosmógrafo de Rey concedido por Felipe II, en su gran obra, *Theatrum Orbis Terrarum*, edición de 1570, incluyó un mapa de España y Portugal en el que no figura expresamente el autor, aunque en el prólogo del atlas se indica entre las fuentes el *Hispaniae nova descriptio* de Charles de l'Ecluse (Carolus Clusio). Este mapa, en formato 820 por 1020 milímetros, fue editado por Ortelio en 1571 y mereció la aprobación real, comunicada por el cardenal Diego de Espinosa.

Gerhardus Mercator (1512-1594), que fue honrado por Carlos V con el título *Imperatoris Domesticus*, incluyó en su *Atlas* de 1606, publicado después de su muerte acaecida en 1594, algunos mapas de España cuya estética e información geográfica no responden al prestigio de su autor.

Jodocus Hondius, para quien las planchas de Mercator fueron su gran oportunidad y la base de su riqueza, publicó también varios mapas de España pero sin aportar nada nuevo a la forma de la Península; su labor fue proseguida por sus hijos Jodocus y Enricus, el primero como grabador y geógrafo y el segundo como vendedor.

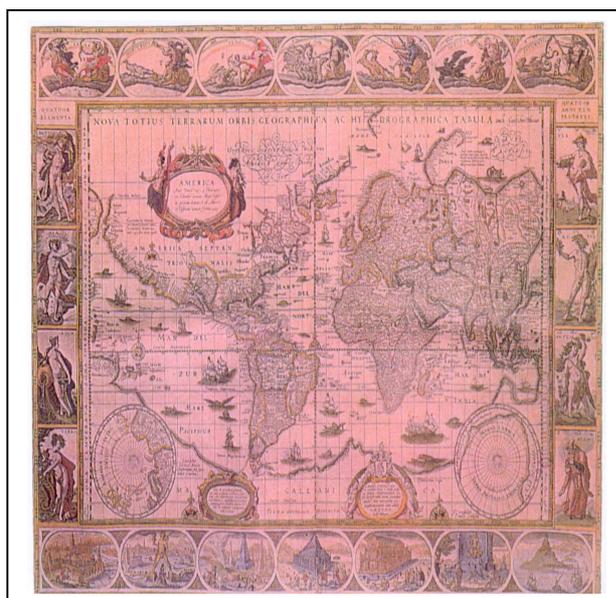


Figura 5. Willem Janszoon Blaeu fue fundador de una empresa familiar que gozó de gran prestigio en el panorama cartográfico holandés del siglo XVII. Sus hijos, Jan y Willem, son los autores del atlas *Theatre du Monde ou Nouvel Atlas*, al que corresponde el mapamundi reproducido sobre estas líneas. Esta obra, en la que destacan más de una docena de mapas dedicados a la península Ibérica, fue publicada en Amsterdam entre 1635 y 1659, y estaba compuesta por seis volúmenes.

Willem Janszoon Blaeu (1571-1638) fundó en 1596, en Amsterdam, una firma familiar para la formación y venta de mapas. Su preparación matemática le permitió llevar a cabo una labor esmerada, científica y sobria, como puede verse en uno de los primeros mapas que publicó, el de España de 1605. Es también autor del atlas marítimo *Het Licht der Zeevaart* (La luz de los navegantes, 1608) y del *Theatrum Orbis Terrarum* (1635) en dos volúmenes, que en sucesivas ediciones aumentó hasta los doce volúmenes de la *Geografía Blaviana*. En el tomo dedicado a España figuran 25 mapas, en los que la forma de la Península es bastante buena y que recogen el trazado de las cartas de los atlas marítimos.

Puede decirse que la ciencia de la cartografía floreció en el mar: el aumento del tráfico marítimo entre el Mediterráneo y el Atlántico, con la posibilidad de alcanzar los puertos del norte de Europa, así como las exigencias de la navegación oceánica, impulsaron el desarrollo de las cartas náuticas durante el siglo XVI. A partir del descubrimiento de América, la cartografía atlántica extrapoló, en parte, las técnicas de los portulanos. No obstante, al tener que representar grandes zonas de la Tierra era necesario recurrir a otro medio diferente al de rumbos y distancias. De ahí surgió el empleo de las coordenadas geográficas (longitud y latitud) y se construyó un tipo de cartas donde paralelos y meridianos son líneas equidistantes que se cortan

perpendicularmente y tienen la misma escala para los grados; este tipo de carta mereció el nombre de carta plana cuadrada.

A muchos portulanos del siglo XVI se les incorporó una escala meridiana de latitudes, ya que los navegantes, al adentrarse en el océano, se veían en la necesidad de utilizar, además de la brújula, el astrolabio y el cuadrante o ballestilla.

Alonso de Santa Cruz intentó corregir el error detectado en el uso de las cartas planas, por lo que en la suya, fechada en 1530, indicó las diferentes zonas del mundo donde la declinación de la brújula había sido observada así como el valor de la misma en cada zona.

La cartografía náutica sufrió una gran transformación cuando Mercator creó la proyección cilíndrica de latitudes crecientes que lleva su nombre. En esta proyección la línea de igual rumbo marcada por la brújula, que responde a una línea espiral en la esfera, se representa por una línea recta en el mapa. La gran obra de Mercator fue la publicación, en 1564, de su carta *Novo Aucta Orbis Terrae Descriptio ad usum Navigantium Emendate Accomodate*.

Posiblemente la más lúcida aportación a la navegación entre Canarias y los países escandinavos fue la publicación en 1584 del primer atlas de cartas *Die Spieghel der Zeevaerdt* (Espejo de navegantes), cuyo autor era el holandés Lucas Janzoon Waghenaer. Estaba formado por una colección de cartas construidas en proyección plana donde aparecen dibujadas con gran detalle las costas y puertos. Levantadas por observación directa, estas cartas contribuyeron a mejorar la forma real de los mapas, aunque su principal objetivo era la navegación.

Al *Spieghel* le siguieron el *Arcano del Mare* (1646), publicado en Florencia por el inglés Robert Dudley, que contiene la primera colección de cartas náuticas en proyección Mercator; el *Atlas Maritimus* (1670) y *The English Pilot* (1671) de John Seller. Años más tarde apareció *Le Neptune Francais* (1693) que volvió a publicarse en 1753 y 1800; esta última edición estaba formada por once volúmenes regionales que cubrían el mundo en su totalidad.

En España, Vicente Tofiño de San Miguel levantó y publicó entre 1783y 1788 el *Atlas Marítimo de España*, que dio el toque definitivo al trazado de las costas peninsulares. Se puede decir que el autor consiguió la verdadera imagen de España, por lo que ya a partir de 1789 todos los mapas de la Península, de cierta entidad, se formaron utilizando las costas de las cartas de Tofiño. Los pequeños errores que pueden detectarse son debidos a la falta de una red geodésica del interior de la Península.

Son por lo tanto las cartas náuticas las que, con los sucesivos perfeccionamientos, apoyo en tierra y determinación precisa de latitud y longitud, delimitaron las líneas de costa que, desde finales del siglo XVIII hasta la actualidad, apenas sufrieron variación y coinciden, casi a la perfección, con las imágenes obtenidas por los satélites de observación de la Tierra.

20.2. Evolución de la Cartografía española

20.2.1. La información geográfica del territorio

La cartografía española tuvo dos épocas de esplendor que se centran en la escuela catalano-mallorquina durante los siglos XIV y XV y en la escuela andaluza en el siglo XVI. La primera surge con el desarrollo de la navegación y las relaciones comerciales entre los puertos mediterráneos, la segunda nace como consecuencia de la creación en Sevilla de la Casa de Contratación por la reina Isabel la Católica, en 1503.

Ninguna de las dos escuelas tuvo como objetivo la representación cartográfica del territorio peninsular. Como ya se ha visto, fue Fernando Colón quien por primera vez se interesó en realizar trabajos de campo, en vistas a formar una *Descripción y Cosmografía de España*, obra que inició en 1517 y tuvo que suspender en 1523.

Felipe II conocía perfectamente el valor de la información geográfica como elemento de poder e instrumento de gobierno, y concibió el proyecto de realizar una descripción geográfica completa de la Península. Esta descripción fue dividida en tres partes: vistas panorámicas de las principales ciudades de España, mapa a gran escala de todo el territorio y relaciones topográficas. El dibujo panorámico de las ciudades fue encargado por Real cédula de 8 de agosto de 1570 al artista holandés Anton van den Wyngaerde; del trabajo realizado, actualmente se conservan sesenta y dos vistas terminadas y varios croquis de otras ciudades. Del mapa se responsabilizó Pedro Esquivel, catedrático de matemáticas en la Universidad de Alcalá de Henares, comenzando los trabajos de campo en 1566. Las *Relaciones Topográficas* fueron iniciadas por Juan Pérez de Castro, quien preparó un cuestionario para enviar a los pueblos, con 58 preguntas sobre temas socioeconómicos, geográficos e históricos. Al morir Pérez en 1570, Felipe II ordenó que toda la información pasase a Ambrosio de Morales, quien prácticamente no hizo nada, por lo que el rey tomó personalmente la dirección del proyecto. Se prepararon otros cuestionarios: en 1574 se confeccionó uno con 28 preguntas; en 1575, otro con 59 y en 1578 se preparó un tercero con 45. Pero el trabajo quedó inconcluso, por lo que se desconoce el resultado de las encuestas ya que sólo quedan actualmente las respuestas, casi completas, correspondientes a Madrid, Toledo, Ciudad Real, Cuenca y Guadalajara.

20.2.2. Pedro Esquivel y el primer mapa oficial de España

Pedro Esquivel fue capellán y cronista del emperador. Desde 1549, como ya se ha dicho, enseñaba matemáticas en la Universidad de Alcalá de Henares y tenía fama por sus conocimientos geodésicos y astronómicos. Gozó de la amistad de Felipe II, gran aficionado a la cartografía y las matemáticas, y posiblemente de sus conversaciones con el rey surgió la idea de levantar el mapa de España, basado en trabajos de campo y de acuerdo con las técnicas de

observación y «triangulación» difundidas en Europa a través de recientes publicaciones. De éstas, Esquivel conocía *Margarita philosophica* (1508) de Gregor Reisch; *De triangulis* de Joham Regiomontano y la *Cosmographia* de Pedro Apiano, cuya edición de 1533 incluía un trabajo de Gemma Frisius, titulado *Libellus de locorum describendorum ratione*, donde describía un método elemental de triangulación, observando puntos desde otros dos y midiendo la longitud de uno de los lados del triángulo para fijar la escala. La obra de Apiano se tradujo al castellano y se publicó en Basilea en 1548.

Esquivel construyó los instrumentos de observación y preparó el personal auxiliar, iniciando los trabajos de campo en 1566. Se le ordenó que “reconociere y marcase por vista de ojos todos los lugares, ríos, arroyos y montañas por pequeños que fuesen en su actual situación”. El trabajo de reconocimiento fue duro y este esfuerzo ha quedado reseñado principalmente en el *Discurso General de las Antigüedades* de Ambrosio de Morales, cronista de Felipe II.

Con la muerte de Esquivel en 1575, sus trabajos pasan por orden del rey a Diego de Guevara, quien fallece al poco tiempo. El mismo día en que Felipe II se entera de su muerte, escribe al secretario Gonzalo Pérez que le entregue a Juan de Herrera los “instrumentos y otros papeles de Esquivel”, para que se pueda continuar la formación del mapa de España.

No hay más noticias de este mapa ni de los trabajos de campo, que hasta ahora se suponía habían desaparecido en el incendio de El Escorial de 1671. Recientemente se ha descubierto que parte de los trabajos de campo de Esquivel están contenidos en un manuscrito que se conserva en la Biblioteca Real de Estocolmo, donde fueron depositados en 1691 por el erudito sueco Juan Gabriel Sparwenfeldt, que visitó Madrid entre 1689 y 1690 y adquirió el manuscrito en la Biblioteca del marqués del Carpio.

El trabajo de Esquivel posiblemente sirvió de base para la formación del *Atlas de El Escorial*. Éste está compuesto por veinte hojas dobles que contienen un mapa de la Península a escala aproximada de 1:430.000. Se trata, por lo tanto, de la mayor escala utilizada para representar el territorio español. La información cartográfica es aceptable ya que figuran los núcleos de población; los ríos, bastante bien trazados; las costas, con algunos errores, y los puertos de montaña. En el mapa general que acompaña a la obra aparece el relieve sin gran detalle. El *Atlas* está dibujado de forma muy simple y, al observarlo con cuidado, se llega a la conclusión de que se trata de una minuta de trabajo o copia que debía servir de avance para trazar el mapa definitivo. Hay muchas teorías y opiniones sobre la fecha del *Atlas*, pero no es aventurado datarlo en 1690. Puede considerarse como el primer intento serio, a nivel de estado, para llegar a disponer de un mapa oficial de España.

20.2.3. Cartógrafos portugueses en España

A finales del siglo XVI, la falta de matemáticos y navegantes era tan notoria que Felipe II, aconsejado por Juan de Herrera, creó en 1582 una Academia de Matemáticas y nombró como catedrático al portugués Juan Bautista Labaña, quien se dedicó a enseñar matemáticas, cosmografía y topografía. En 1607 los diputados del Reino de Aragón le encargaron a Labaña la formación de un mapa de Aragón, que debía hacerse a partir de trabajos de campo, con el fin de obtener datos exactos.

Labaña, que había estudiado matemáticas en Roma, tenía noticia del mapa topográfico de Baviera que había levantado Felipe Apiano, hijo del famoso astrónomo Pedro Apiano, entre los años 1555 y 1561, siguiendo el método de Gemma Frisius. También dispuso de los trabajos de campo de Esquivel, que utilizó en la parte referida a Aragón para compararlos con sus propias observaciones. En 1611 inició el trabajo de campo y se estacionó en ciento veinte puntos destacados del terreno, donde observó azimutes, calculó distancias e hizo observaciones astronómicas. Durante algún tiempo Labaña tuvo que ausentarse del trabajo y fue sustituido por el jesuita y matemático Pablo Albiñana de Rojas, quien levantó una pequeña zona. En el mapa impreso, fuera de marco y en los dos laterales, figura un texto descriptivo que redactó Lupericio Leonardo de Argensola.

El mapa de Labaña es modelo en su género y durante dos siglos, para los geógrafos europeos, fue la única fuente cartográfica de precisión existente sobre Aragón. Jan Blaeu, hijo del fundador de la dinastía, publicó este mapa en el *Atlas Mayor o geografía blaviana* (1659), con comentarios elogiosos sobre la localización de los sitios y distancias obtenidas por “observaciones geométricas y astronómicas”. El manuscrito del *Itinerario* de Labaña, donde figuran las observaciones, los croquis y la descripción del trabajo de campo, fue publicado en 1895 por la Diputación Provincial de Zaragoza y se conserva actualmente en la Biblioteca de la Universidad de Leiden.

Otro cartógrafo portugués que se estableció en España a finales del siglo XVII fue Pedro de Teixeira Alvemas, muy conocido por su *Mapa de Madrid*, de 1656, a escala 1:1.800, que por su valor estético, ha sido reproducido en muchas ocasiones por el Instituto Geográfico y por el Ayuntamiento de Madrid. Menos conocidos son sus levantamientos topográficos a lo largo de las costas del norte de España. Se sabe cómo y cuándo llevó a cabo el trabajo de campo, ya que en la Biblioteca Nacional se conserva un manuscrito sin mapas de la *Descripción de costas y puertos de España*. Se ha descubierto recientemente que en la Biblioteca de la Universidad de Upsala se conserva un manuscrito de Pedro Teixeira titulado *Compendium Geographique*; al texto le acompañan ocho cartas geográficas ricamente iluminadas. En esta obra se describen las

costas de Guipúzcoa, Vizcaya, Castilla, Asturias y Galicia. Es un ejemplar único y forma parte de los manuscritos que en 1690 Sparwenfeldt adquirió en Madrid.

20.2.4. Los Borbones y el resurgir de la cartografía española

Comenzó el siglo XVIII con una decadencia evidente de la Universidad española, donde apenas tenía cabida la enseñanza de las ciencias experimentales. Esta situación hizo que surgiesen, al margen de la Universidad, otros centros de enseñanza tales como el Real Seminario de Nobles de Madrid y Valencia, creado en 1725, y la Real Academia de Matemáticas de Barcelona, que inició su brillante andadura en 1736. También se crearon otros centros militares cuyo principal objetivo era educar a los futuros oficiales del Ejército y de la Armada. Se puede citar, por el prestigio que alcanzaron a los pocos años de su fundación, la Real Academia de Guardiamarinas de Cádiz (1717), las Academias de Artillería de Ocaña y Segovia y la Real Academia de Matemáticas en el Cuartel de Guardias de Corps. En estos centros se formaron muchos oficiales que, a partir de la segunda mitad del siglo XVIII, serían responsables del espectacular despegue de la ciencia española en los campos de la cosmografía y la geografía.

A pesar del estancamiento del siglo anterior, las grandes reformas, administrativa y económica, iniciadas con la llegada de los Borbones al trono de España, exigieron una cartografía a gran escala del territorio español. En Francia, bajo los auspicios de Luis XIV, se estaba formando un mapa topográfico con la ayuda de la Academia de Ciencias; el Rey Sol sabía que los mapas eran, además de un instrumento militar, un elemento fundamental para fomentar la economía y una buena gestión administrativa. En consonancia con ello, su nieto Felipe V prestó apoyo a la creación de centros de enseñanza y formación del personal técnico necesario para hacer frente a las necesidades cartográficas.

En España, era preciso disponer cuanto antes del mapa del territorio, tarea que ya se había intentado en tiempos de Felipe II. También era necesario dotar a la Armada de las cartas hidrográficas adecuadas para la navegación y defensa de las posesiones españolas en América y en el Pacífico.

Incluso la Iglesia demostraba su interés por la cartografía, tanto en España, donde se levantaron mapas de varias diócesis con fines administrativos, como en América y el Pacífico, donde franciscanos y jesuitas llevaron a cabo una labor cartográfica encomiable, que contribuyó a difundir los conocimientos de aquellas tierras.

Un acontecimiento importante, por lo que supondría para el desarrollo y la producción cartográfica en España, ocurrió en 1710, cuando el flamenco Próspero de Verboom, procedente de la Academia de Bruselas, recibió el encargo de organizar el cuerpo de ingenieros militares. Felipe V aprobó el plan propuesto por Verboom y el 17 de abril de 1711 creó dicho cuerpo. En los cursos de formación se incluían estudios de cosmografía y geografía así como el

levantamiento de planos y cartas geográficas. Los ingenieros militares, indispensables para la organización defensiva del imperio y en los problemas de límites, llevaron a cabo una importante actividad cartográfica durante el siglo XVIII.

En 1717 se creó la Academia de Guardiamarinas de Cádiz, que pronto adquirió un gran prestigio académico y militar. En ella se formó un elenco irreplicable de primeras figuras de la Armada, que impulsaron y dirigieron las expediciones científicas y los levantamientos hidrográficos del siglo XVIII.

20.2.5. La medida del arco de meridiano en Perú

Durante el reinado de Felipe V tuvo lugar una importante colaboración con Francia para el estudio de la figura de la Tierra. Como consecuencia de la impugnación de las teorías de Newton sobre el achatamiento polar hecha por la Academia de Ciencias de París —que defendía la opinión de Cassini sobre el achatamiento del Ecuador—, Francia organizó dos expediciones, a Laponia y a Perú, dirigidas respectivamente por Maupertius y La Condamine. Se trataba de medir, lo más cerca posible del Polo y del ecuador, dos arcos de meridiano de un grado, observando cadenas de triángulos a lo largo de los meridianos, y luego comparar las medidas. El resultado, publicado por la Academia de Ciencias de París en 1738, confirmó la tesis de Newton.

La expedición a Perú obtuvo el beneplácito de Felipe V y en ella participaron los jóvenes oficiales de la Armada española Jorge Juan y Antonio de Ulloa; ambos salieron de Cádiz en mayo de 1735, y se unieron en Cartagena de Indias a los tres científicos franceses Godín, Bourger y La Condamine, continuando el viaje a Quito. El trabajo se inició en 1736 y regresaron a España en 1744. Durante los nueve años que duró la expedición, los marinos españoles tuvieron que participar en los trabajos geodésicos y en otros muchos relacionados con su condición militar. Su brillante actuación fue reconocida en los ambientes científicos de Francia e Inglaterra y la formación adquirida durante su estancia en América les permitió influir, de forma beneficiosa, en los proyectos cartográficos e hidrográficos que se llevarían a cabo en España en la segunda mitad del siglo XVIII.

20.2.6. Jorge Juan y el mapa de España

A su regreso a España, Jorge Juan concibió la idea de realizar la triangulación geodésica del país, igual a la iniciada en Francia en 1733 por Jacques Cassini y su hijo Cesar Francois, como base para el levantamiento del mapa topográfico nacional. Después de un detenido estudio, en 1751 presentó un plan al Secretario de Estado y del Despacho Universal de Marina. El plan corresponde a una red geodésica que debía cubrir la Península, y en él se detallan los

instrumentos, el personal y las técnicas de trabajo a emplear, pero se dice poco de las características del mapa. La escala que propone está “por debajo de la escala de dos pulgadas francesas por legua”, o sea alrededor del 1:100.000, y en la propuesta se indica que el levantamiento debe ser asumido por el estado español.

El marqués de la Ensenada, que en su calidad de Secretario de Estado dejó bien patente en numerosas ocasiones la necesidad de acometer la formación del mapa, se quejaba de la falta de grabadores y cartógrafos, lamentando que los únicos mapas disponibles tenían grandes errores y eran de origen francés, italiano u holandés. Por eso acogió con satisfacción la propuesta que Jorge Juan elevó al rey, y ordenó la construcción de los instrumentos de observación a Londres y París. Como tantas veces ha sucedido a lo largo de la historia, el proyecto del mapa elevado a la Secretaría de Estado se archivó a la caída de Ensenada en 1754.

20.2.7. Los becados españoles en Francia: Tomás López y Juan de la Cruz Cano

Como beneficiarios de la política de becas para formarse en países extranjeros, que estableció el marqués de la Ensenada, figuran los cartógrafos Tomás López (1731-1802) y Juan de la Cruz Cano (1734-1790). Ambos permanecieron en París, desde 1752 hasta 1760, asistiendo a los cursos del colegio Mazarin y al taller de Jean Baptiste Bourguignon d’Anville. Considerado como el mejor cartógrafo de Francia en su época, el mérito de d’Anville residía en una gran capacidad para la evaluación y correlación crítica de diversas fuentes cartográficas, era un cartógrafo de gabinete. Su genio y sus dotes para seleccionar la información válida dieron a los mapas de d’Anville un elevado grado de exactitud, pero si bien los cartógrafos españoles aprovecharon a fondo la enseñanza recibida en el taller francés, esta preparación no fue la adecuada a las necesidades de España.

Al no ponerse en marcha el proyecto de Jorge Juan, en 1760 Tomás López decidió establecerse como cartógrafo siguiendo las líneas de su maestro. Sus mapas llenaron sin duda una laguna, y fueron los únicos que podían consultarse hasta bien entrado el siglo XIX. Tomás López era un cartógrafo pleno de buenas intenciones y un gran trabajador, que humildemente reconoció sus limitaciones, ya que casi toda su obra tiene una escasa precisión. Publicó solo o con ayuda de sus hijos Juan y Tomás Mauricio, más de doscientos mapas, para los que utilizó las mejores fuentes cartográficas de la época. También empleó una gran encuesta de todo el territorio, que realizó enviando cuestionarios a obispos, párrocos, religiosos, administradores y personas destacadas en cada región o localidad. En su famosa encuesta, López solicitaba a cada interlocutor “formar especies de mapas o planos de sus territorios de dos o tres leguas en contorno a su pueblo...”. La mitad de las respuestas no contienen el plano pedido, aunque seguramente López no pudo utilizar toda la información recibida.

La obra más importante de López es el *Atlas Geográfico de España* de 1804, donde sus hijos recogieron los principales mapas publicados en distintas escalas en el siglo anterior. La obra de López destaca por la perfección del grabado y la calidad de la impresión, ya que son mapas claros y de fácil lectura.

Tomás López y Juan de la Cruz Cano habían trabajado juntos durante su estancia en París, llegando a publicar, en 1755, un mapa del golfo de Méjico. En 1765 los dos cartógrafos recibieron el encargo de Grimaldi para formar un *Mapa Geográfico de América Meridional*. López se responsabilizaría de la zona entre los 20 grados y 60 grados de latitud y Cano lo haría a partir de los 60 grados. López por distintas razones no pudo continuar su trabajo; en cambio, Cano realizó la preparación y grabado de todo el mapa, que presentó a Carlos III en 1775. Aunque el mapa era lo mejor que se había hecho de la América Meridional, no tuvo el éxito esperado porque, en las negociaciones sobre los límites de las posesiones portuguesas en América, el trazado del mapa no favorecía a España. Sólo se hizo justicia a esta magnífica obra cartográfica doce años después de la muerte del autor. Cano fue uno de los más brillantes cartógrafos del siglo XVIII y autor de varios mapas de los territorios españoles en América.

20.2.8. Vicente Tofiño y el Atlas Marítimo de España

En 1773, por disposición de Carlos III y según el proyecto de la Secretaría de Estado y del Despacho de la Marina, comenzaron los trabajos hidrográficos para el levantamiento de las cartas que debían constituir el *Atlas Marítimo de España*. Se trataba de levantar cartas de las costas, con fines de navegación, y también de conocer la forma exacta de la Península, que aparecía deformada en todas las publicaciones cartográficas.

Para esta misión fue designado el capitán de navío Vicente Tofiño San Miguel. Los métodos utilizados para el levantamiento de las cartas están descritos en la introducción del *Derrotero de las costas de España en el Mediterráneo y sus correspondientes de África*, publicado en Madrid en 1787. Tofiño estudió los métodos más modernos, puestos en práctica en la época, y en la introducción del citado derrotero se puede leer: “el método mejor para asegurar su éxito era combinar en lo posible las operaciones terrestres con las marítimas y que levantando nuestras orillas con una serie de triángulos continuados, desde el primero, cuya base se midiese con exactitud, la consiguiesen todas ellas, que es el mismo orden que los célebres Picard y La Hiere siguieron en sus cartas de Francia: y además se establecería el Observatorio en todos los puntos principales...”. Se dispuso para esta campaña de extraordinarios medios técnicos, científicos y humanos, estos últimos proporcionados por la Academia de Guardiamarinas de Cádiz. El resultado fue la publicación del *Atlas Marítimo de España*, que constituye el trabajo más

perfecto de la cartografía española del siglo XVIII. Las cartas del *Atlas* son de gran belleza y están primorosamente grabadas.

20.2.9. El mapa de España a finales del siglo XVIII

El proyecto elaborado por Jorge Juan para iniciar el levantamiento de un mapa de España quedó sepultado en el olvido a la caída del marqués de la Ensenada. La meritoria obra de Tomás López no era suficiente para llenar este hueco, ya que se necesitaba un recubrimiento cartográfico a escala uniforme apoyado en una red geodésica. Es curioso observar que fueron precisamente oficiales de la Armada, y no ingenieros militares o civiles, los que propusieron con ahínco a los poderes públicos abordar sin dilación el levantamiento del citado mapa.

En 1792, el oficial Espinosa y Tello, que había participado en la campaña de las costas de España y también en la expedición de Malaspina a los dominios españoles de América y del Pacífico, fue quien presentó un plan al ministro de Marina aconsejando aprovechar la experiencia y los medios que había generado la expedición alrededor del mundo para llevar a cabo el levantamiento topográfico de España. La propuesta de Espinosa no fue tomada en consideración, ya que su autor estaba comisionado en Manila y el país se hallaba en guerra con Francia.

En 1795 Dionisio Alcalá Galiano recibió el encargo de Godoy, con la aprobación de Carlos IV, de presentar un plan definitivo para formar el tan deseado mapa de España. Si bien Juan Vernacci fue enviado a Londres con la misión de adquirir instrumentos, posteriormente el proyecto fue abandonado. En 1800 Espinosa y Tello propuso otro plan, que apenas difería del presentado en 1792 y que tampoco llegó a buen fin. Ya entrado el siglo XIX Felipe Bauzá, entonces Director del Depósito Hidrográfico, insistió en la necesidad de formar el mapa de España.

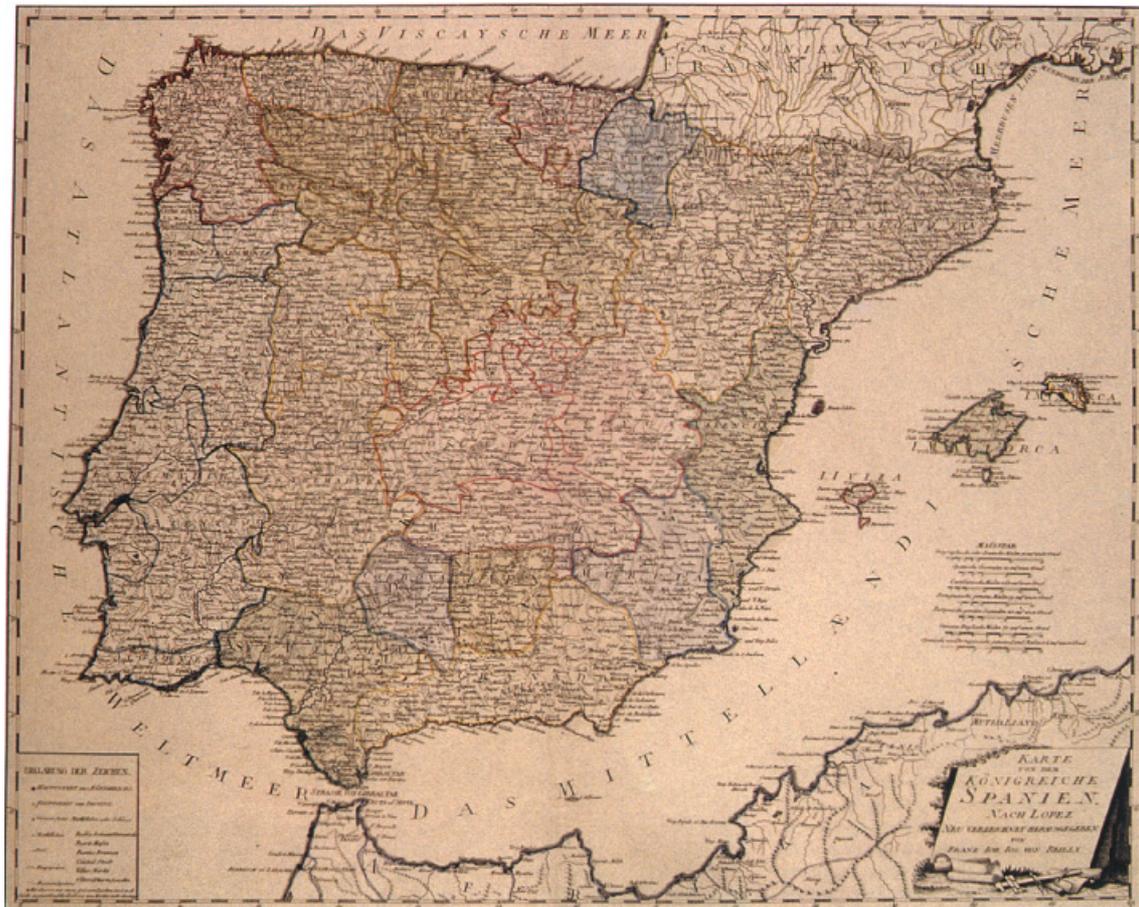


Figura 6. A finales del siglo XVIII todavía no existía un mapa a escala uniforme y basado en una triangulación geodésica de España. Las costas habían sido cartografiadas rigurosamente por Tofiño en 1789, pero para el interior sólo se contaba con la meritoria, pero insuficiente, obra de Tomás López, a quien pertenece el mapa de España reproducido arriba, que fue publicado en Viena en 1795 y en el que están coloreadas las divisiones administrativas.

A finales del siglo XVIII se crearon el Depósito Hidrográfico (1797), el Gabinete Cartográfico de la Secretaría del Estado, a propuesta de Tomás López (1795), y el Cuerpo y la Escuela de Ingenieros Cosmógrafos del Estado (1796), a los que se responsabilizó de la “Formación de la Carta Geométrica del Reyno” (artículo 7 de las Ordenanzas del Cuerpo).

Estas acciones eran la demostración de que tanto Carlos IV como Godoy deseaban disponer cuanto antes de un mapa apto para la defensa y la administración del Reino.

El ilustre marino y científico Felipe Bauzá fue un gran promotor del levantamiento de la carta geométrica de España, que completase las de las costas, que con tanto rigor y éxito había llevado a cabo Vicente Tofiño. En 1801, con motivo de su nombramiento como Académico Supernumerario, presentó a la Real Academia de la Historia un trabajo donde expresaba sus

inquietudes y en el que se ofrecía para realizar el levantamiento del mapa aportando toda la información que había reunido hasta la fecha.

20.2.10. Actividad cartográfica española a partir de 1808

Los hijos de Tomás López, Juan y Tomás Mauricio, continuaron la obra de su padre, fallecido en 1802, y en 1810 publicaron el *Atlas Geográfico de España*, en el que recogieron los mapas más importantes. En 1830 hicieron una segunda edición del *Atlas* y en 1844 una tercera edición. Los mapas de López, aunque poco precisos, se utilizaron de forma general durante la primera mitad del siglo XIX.

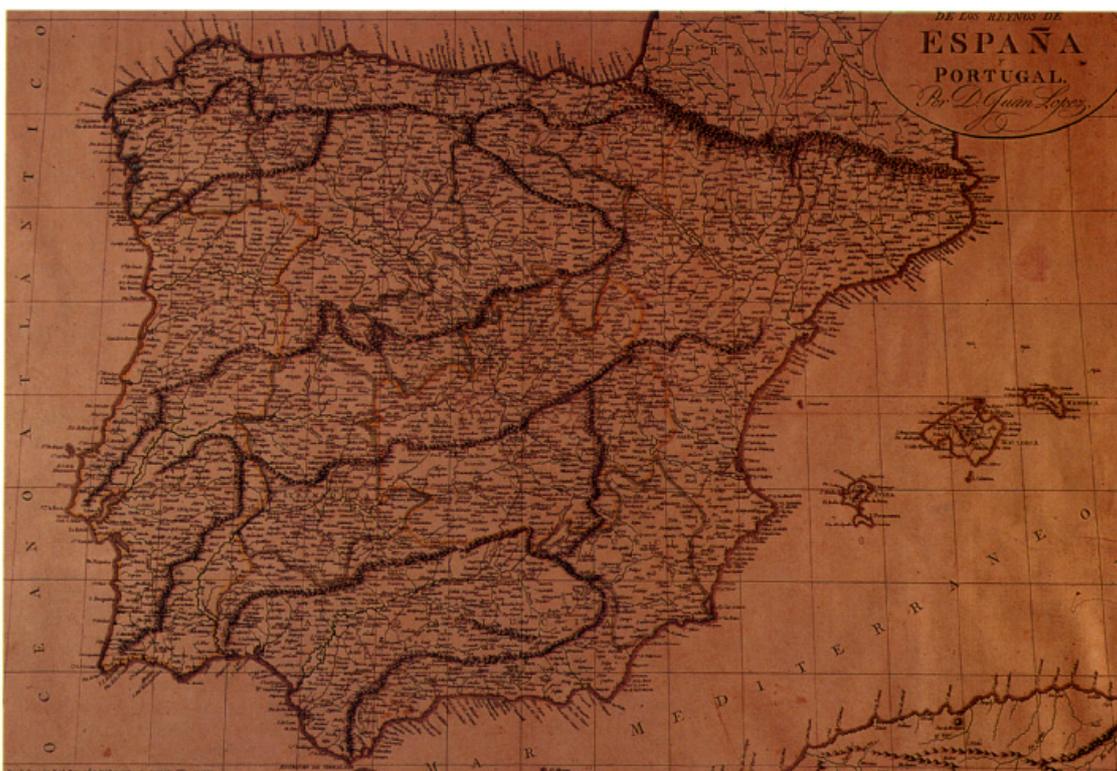


Figura 7. Juan López, uno de los hijos del cartógrafo madrileño Tomás López, que fuera la figura más destacada de la cartografía española durante la segunda mitad del siglo XVIII, publicó en 1820 este mapa de España y Portugal, para cuya realización se apoyó en documentos anteriores. El mapa es de fácil lectura, está bien impreso y representa de forma correcta las costas, pero en conjunto resulta excesivamente impreciso.

En 1810 se creó el Depósito de la Guerra como anejo a la Dirección General del Cuerpo de Estado Mayor. Este organismo adquirió personalidad propia con la aprobación, en 1847, de su reglamento de organización, en el que se indicaban sus misiones: rectificación de las antiguas

cartas de España; formación de un nuevo mapa; levantamiento de planos de zonas de interés militar, fronteras e itinerarios y conservación de documentos geográficos, topográficos e históricos.

El Depósito de la Guerra inició su labor con el levantamiento de itinerarios de las principales vías de comunicación a escala 1:100.000, donde el relieve, por primera vez en la cartografía española, se representaba por curvas de nivel. El primer *Manual Itinerario Militar*, correspondiente a Burgos, se publicó en 1863 y comprendía un total de 14 itinerarios. En 1852 se levantó la zona fronteriza portuguesa y tres años después la francesa.

La gran obra del Depósito de la Guerra en el siglo XIX fue la publicación del *Mapa Militar Itinerario* a escala 1:500.000. Se empezó en 1863, utilizándose para su levantamiento doscientos vértices de la entonces incipiente red geodésica de España, así como las coordenadas geográficas de numerosas ciudades y poblaciones, obtenidas astronómicamente. El relleno del mapa se hizo a partir de itinerarios levantados desde 1847, formándose en proyección Bonne, en veinte hojas de 600 por 400 milímetros. La publicación, hecha en 1865, se llevó a cabo en tres colores, rojo, azul y negro, y tuvo una acogida muy buena ya que era el mapa oficial a mayor escala de todo el territorio nacional.

Tras el éxito del *Mapa Militar Itinerario* a escala 1:500.000, el Depósito de la Guerra inició el *Mapa Militar Itinerario* a escala 1:200.000, también en proyección Bonne, con representación planimétrica y hojas de 630 por 460 milímetros. Tras diferentes vicisitudes, éste fue terminado en 1921. Aunque se trataba de un mapa militar, al no existir otra cartografía de la mayor parte de la Península, tuvo un gran éxito en numerosos sectores de la vida nacional.

La Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y el mapa topográfico

En el año 1852, la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales elevó un informe al Gobierno en el que se decía que “no se debe pasar más tiempo sin que la energía de una voluntad decidida, y con el noble empeño de vencer toda clase de obstáculos, por grandes que sean los sacrificios que éste lleve consigo, se emprenda obra tan necesaria como la de nuestro mapa topográfico”.

Es probable que esta actitud de la Real Academia haya hecho tomar conciencia del problema al Gobierno, por lo que en 1853 se estableció la Junta Directiva de la Carta Geográfica de España, que en principio pasó a depender del Ministerio de Fomento y poco tiempo después, del Departamento de la Guerra. En 1935 salieron al campo los primeros grupos de trabajo. El comandante de ingenieros Carlos Ibáñez y el capitán de artillería Frutos Saavedra se trasladaron

a París, en marzo de 1854, con el propósito de encargar la regla de medir bases que ellos habían proyectado, y que construyó y mejoró Brunner.

En 1856, la Comisión del Mapa se integró en la Comisión General de Estadística del Reino, a la que prestó una notable contribución el ingeniero militar Francisco Coello de Portugal y Quesada, quien entre 1841 y 1875 tuvo una destacada participación en casi todas las actividades cartográficas.

Ley de Medición del Territorio

Como resultado de la actuación de Coello, las Cortes aprueban por aclamación la denominada Ley de Medición del Territorio. La ley, sancionada por Isabel II y firmada por O'Donnell en Aranjuez el 5 de junio de 1859, supuso una ordenación de los trabajos geográficos. De forma clara y concisa, indica que los levantamientos y estudios que ejecutan los distintos ministerios pasen a depender de la Presidencia del Consejo y la Junta General de Estadística. En 1861, se reorganiza la Junta en dos Secciones, una Geográfica y otra Estadística, y a su vez la Sección Geográfica en tres Direcciones. Por su parte, Francisco Coello ocupa el cargo de director de Operaciones Topográfico-Catastrales. En 1875 se nombra director general de Operaciones Geográficas a Francisco Coello y en el mismo año se aprueba el Reglamento General de Operaciones Topográfico-Catastrales. Esto significa un nuevo impulso a la unidad que se logró imprimir a las operaciones geodésicas, topográficas y catastrales de España, ya que en la exposición de motivos se alaba esta idea de unidad, original de España, y se la compara con lo que se considera desacertado en otras naciones, donde lo geodésico y topográfico está a cargo de los ministerios de la Guerra y lo catastral lo ejecutan los ministerios de Hacienda. La Junta Superior de Estadística, en una sesión celebrada en abril de 1866, adoptó la escala 1:100.000 para el Mapa General de España. Por desavenencias con Narváez, Coello dimitió en ese mismo año. Como consecuencia de la dimisión, los trabajos geodésicos pasaron otra vez al Ministerio de la Guerra.

El Instituto Geográfico

En septiembre de 1870, siendo ministro de Fomento José Echegaray, se dio el paso definitivo para hacer realidad el mapa de España, al crearse el Instituto Geográfico como una subdirección de la Dirección General de Estadística. Tres años más tarde, se suprimió la Dirección General de Estadística y se creó la Dirección General del Instituto Geográfico y Estadístico, nombrándose Director General del mismo al coronel de ingenieros Carlos Ibáñez, quien había participado en todos los trabajos relacionados con el mapa desde su incorporación a la Comisión

de la Carta geográfica de España en 1853. Ibáñez perteneció al frente del Instituto Geográfico hasta 1890.

A pesar de tener como otros países de Europa un centro cartográfico militar —el Depósito de la Guerra— se creó otro civil al que se asignaron como misiones los trabajos relativos a la determinación de la forma y dimensiones de la Tierra, triangulaciones geodésicas de diversos órdenes, nivelaciones de precisión, triangulación topográfica, topografía del mapa y de catastro y pesas y medidas. De todas las misiones, las más perentorias eran la construcción, observación y cálculo de la Red Geodésica y el levantamiento del *Mapa Topográfico Nacional* a escala 1:50.000.

El Instituto Geográfico recibió diversas denominaciones a lo largo de su historia: Instituto Geográfico y Estadístico, Instituto Geográfico Catastral y de Estadística, Instituto Geográfico Catastral y, a partir de 1977, Instituto Geográfico Nacional.

Bibliografía

- [1] Núñez de las Cuevas, Rodolfo. 1995. "La representación cartográfica". En Geografía de España. Vol. I: España en el mundo. Carreras Verdaguer, C. y A. García Ballesteros (dirs.) Océano-Instituto Gallach. Barcelona.