

GEODIVERSIDAD: CONCEPTO, EVALUACIÓN Y APLICACIÓN TERRITORIAL. EL CASO DE TIERMES CARACENA (SORIA)

Serrano Cañadas, E. y Ruiz Flaño, P.

Departamento de Geografía
Universidad de Valladolid

RESUMEN

En este trabajo se realiza una revisión del concepto de geodiversidad y se hace un corto recorrido por los estudios que se han desarrollado en España. Durante los últimos años ha prevalecido una concepción restrictiva que tiende a identificarla con diversidad geológica. Frente a ella, se propone una definición de geodiversidad más integradora, que contempla todos los elementos abióticos (geológicos, geomorfológicos, edáficos e hidrográficos), procesos y relaciones de los sistemas naturales, incluyendo los derivados de los procesos humanos. Además se desarrolla y aplica un sencillo índice para su valoración a escala local. Su ejecución parte de la delimitación de unidades geomorfológicas, que serán clasificadas por el índice en cinco clases de geodiversidad. Esta metodología ha sido aplicada a la comarca de Tiemres-Caracena (Soria) como una valoración de la geodiversidad orientada a la gestión del territorio.

Palabras clave: geodiversidad, geoconservación, diversidad natural, Tiemres.

ABSTRACT

Geodiversity: concept, assessment and territorial application. The case of Tiemres-Caracena (Soria). In this work a review of the geodiversity concept and the studies developed in Spain is made. A restrictive concept of geodiversity have dominated during the last years and the geodiversity have been identified with geological diversity. In this work geodiversity

Fecha de recepción: febrero 2007.

Fecha de aceptación: noviembre 2007.

is considerate like a broader concept than mere geological diversity, and is defined by the constituent elements in the physical environment, which participate in the richness of biotopes, ecosystems or landscapes. A broad definition, including all abiotic elements (geological, relief, soils, hydrographical), processes and relations of the natural system, as well as the human processes, is proposed. A simple index is developed to assess the geodiversity to local scale. From a geomorphological units delimitation the geodiversity is classified in five classes. The work has been applied to the Tiermes-Caracena area, at the Soria Province, a assessment of geodiversity get used to be useful for management at local scale.

Key words: geodiversity, geoconservation, natural diversity, Tiermes.

I. INTRODUCCIÓN

Las primeras experiencias en la protección de espacios naturales tienen algo más de un siglo y derivan de la necesidad de conservar espacios notables y de preservarlos de la intervención humana. Aunque a lo largo de su desarrollo ha variado en las concepciones y planteamientos, la gestión de espacios naturales sigue siendo una actividad cuya vocación es la conservación de paisajes, hábitats, especies y espacios con valores bióticos o abióticos. En este contexto de gestión de espacios naturales comienzan a ser utilizados y difundidos algunos conceptos como Biodiversidad, Geodiversidad o Diversidad Natural, aunque unos han sido mejor comprendidos que otros.

Así, desde principios de la década de los años 90, el término biodiversidad aparece definido de forma inequívoca como «diversidad biológica» o variedad de elementos bióticos sobre la tierra. La Cumbre de Río (1992) marca un hito importante en la difusión y utilización de este término, y constituye el punto de partida para el desarrollo de metodologías para su valoración y cuantificación. Hoy son numerosos los procedimientos que permiten valorar la biodiversidad, muchos de los cuales cuentan con una amplia aceptación y difusión.

No ha sucedido lo mismo con el concepto de geodiversidad, que se enfrenta a problemas tanto de carácter conceptual como metodológico. Nace con fines aplicados, como un concepto necesario en el que integrar todos los elementos del territorio de carácter abiótico, pero pronto se hace patente la necesidad de conceptualizarlo. Desde su aparición, se han realizado definiciones de distinta orientación, que van desde concepciones restrictivas que lo identifican con la diversidad de los elementos geológicos, a otras más integradoras que incluyen todos los elementos del medio físico. Además, los intentos de desarrollar procedimientos metodológicos para su valoración continúan siendo muy escasos hasta el momento.

Este es el contexto en el que se inserta este trabajo. En él se presenta una síntesis de la evolución del término geodiversidad en sus vertientes teórica y aplicada, concluyendo con una nueva definición de carácter integrador. Además se hace una revisión de los estudios sobre geodiversidad que se han realizado en España y se presenta una metodología que permite su evaluación, así como su aplicación a un espacio rural en el marco del análisis territorial.

II. EL CONCEPTO DE GEODIVERSIDAD: TEORÍA Y APLICACIÓN

El concepto actual de geodiversidad nace a finales de la década de los 90 como una herramienta aplicada para la gestión de espacios protegidos y como contraposición al término biodiversidad, cuando se hace patente la necesidad de un término que englobe también los elementos no biológicos del medio natural. Se origina por tanto como contraposición y complemento a la diversidad biológica o biodiversidad, que tanta difusión alcanzó después de la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992.

Anteriormente, el término «Geodiversidades», acuñado en los años 40 del siglo XX por el geógrafo argentino Federico Alberto Daus, fue utilizado para diferenciar áreas de la superficie terrestre, en el marco de la Geografía Cultural. La geodiversidad se consideraba como un mosaico de diversidades paisajísticas y culturales, es decir como «diversidad geográfica», de lugares, comarcas y regiones, con una concreción en los hábitats humanos. Esta corriente geográfica ha tenido su continuidad hasta la actualidad, con unos presupuestos regionales y paisajísticos relacionados sobre todo con la intervención humana (Rojas, 2005). Frente a esta noción cultural, previa al desarrollo del concepto de diversidad biológica, a partir de los años 90 se impone la concepción naturalista, nacida a partir del estudio de la biodiversidad. Este término surge de la «diversidad biológica» (biological diversity), expresión científica utilizada hasta entonces para definir la variabilidad de organismos vivos de la Tierra. Utilizada para el título de unas actas científicas de la Academia Nacional de Ciencias (NSA) de USA (Wilson, 1995), su uso en la gestión de espacios naturales se impone a partir de la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro en 1992.

A grandes rasgos, tanto a escala planetaria como en España, en sus orígenes el conservacionismo se basó en conceptos paisajísticos y monumentales, en los elementos visibles más sobresalientes, ya fueran especies o componentes paisajísticos (geomorfológicos o geológicos). A este periodo se impondría una fase biologicista, durante la cual fue la especie el objeto de protección, pasando los aspectos monumentales y paisajísticos a un plano secundario, para posteriormente incidir en la conservación de especies y ecosistemas. Desde la conferencia de Río, la protección de la naturaleza se orienta hacia la conservación de los ecosistemas y los hábitat, teniendo en cuenta la presencia del hombre en aquellas áreas fuertemente intervenidas por este. De nuevo se regresa a una consideración más global, que incluye el paisaje como elemento visible de las múltiples relaciones entre los seres vivos, incluido el hombre, y el medio abiótico en el que se inserta. Los cambios conceptuales y la incorporación de la biodiversidad y su estudio exhaustivo han mostrado claramente que existe una parte inerte, pero estrechamente relacionada con el ecosistema y las especies, sin la cual no es posible gestionar, proteger ni conservar la naturaleza. Pero además, los espacios protegidos y los lugares de máximo interés (Patrimonio Mundial Natural, Reservas de la Biosfera, Lugares de Interés, etc) lo son por los elementos abióticos. Es en este marco en el que se considera la geodiversidad como asiento de la biodiversidad, de modo que la suma de ambos (biodiversidad y geodiversidad) constituye la «Diversidad Natural».

La diversidad natural incluye todos los elementos bióticos y abióticos del sistema natural (Duff, 1994; Johansson *et al.* 1999; Serrano, 2002, Gray, 2004). Pero, frente a la definición clara y precisa de biodiversidad, que incluye una concepción en niveles, la geodiversidad ha mostrado una debilidad conceptual que ha derivado en diversas consideraciones. Las

primeras utilizaciones del término tienen un carácter aplicado y responden a concepciones holísticas de la conservación de la naturaleza. En ellas se otorga mayor peso a los elementos geológicos, pero ya incorporan otros elementos del medio físico y humano (Duff, 1994; Sharples, 1995; Eberhard, 1997), en contraposición a la diversidad biológica.

Estas concepciones iniciales derivarán pronto en la consideración de la geodiversidad como sinónimo de diversidad geológica, cuestión que todavía persiste en muchos autores y de la que derivan no pocos problemas de carácter conceptual. Así, Johansson *et al.* (1999) definen la geodiversidad como «*la variación de fenómenos y procesos geológicos en un área definida*», y Stanley (2001) la considera como la «*variedad de ambientes, fenómenos y procesos geológicos*», es «*la infraestructura para la vida sobre la tierra*». En general se trata de definiciones restrictivas y excluyentes, que limitan la geodiversidad a la geología.

Junto a las consideraciones restrictivas que identifican geodiversidad con diversidad geológica, se ha desarrollado una visión conceptual más amplia e integradora en la que se concibe como la «*variedad de la naturaleza abiótica*» (Gray, 2004). Y en este marco, es en las cuestiones de carácter aplicado donde la geodiversidad muestra su mayor fortaleza. Las aportaciones realizadas desde los países nórdicos, Tasmania y Australia pusieron pronto de relieve que este concepto puede orientarse, por distintos motivos, hacia el planeamiento y la educación ambiental (Fishman y Nusipov, 1999; Erikstad, 2000). La consideración conjunta e inclusión en un solo término de todos los elementos físicos (geología, geomorfología, suelos, hidrología) y de las conexiones entre ellos, facilita, sin duda, los procesos de toma de decisiones y gestión del territorio.

Desde estas consideraciones, la geodiversidad incluye todos los constituyentes del medio físico, no sólo los geológicos (cuadro 1). En este sentido, destacan los trabajos de Alexandrowicz y Kozlowski (1999), Sharples (2002), Gray (2004) y Kozlowski (2004). Alexandrowicz y Kozlowski (1999) consideran que el paisaje es una síntesis de la geodiversidad, en la que incluyen los elementos y procesos geológicos, hidrológicos, geomorfológicos, edáficos y climáticos. Las definiciones posteriores incorporarán nuevos elementos al concepto, ampliándolo y haciéndolo más integrador. Sharples (2002) incluye los entramados de relaciones entre elementos y procesos del medio físico, y Gray (2004) hace lo propio con el factor tiempo al considerar la historia de la Tierra y los fósiles como componentes de la geodiversidad. Kozlowski (2004) añade las aguas superficiales (fuentes, humedales, lagos, ríos) y González-Trueba (2006) considera que debe incorporar mares, océanos y los elementos y procesos físicos que en ellos se dan.

Una de las definiciones más integradoras se debe a Kozlowski (2004), para quien la geodiversidad es la «*variedad natural en la superficie terrestre, referida a los aspectos geológicos, geomorfológicos, suelos, hidrología, así como otros sistemas generados como resultado de procesos naturales (endógenos y exógenos) y la actividad humana*».

Desde esta misma perspectiva integradora, Serrano y Ruiz-Flaño (en prensa) han definido recientemente la geodiversidad como «*la variabilidad de la naturaleza abiótica, incluidos los elementos litológicos, tectónicos, geomorfológicos, edáficos, hidrológicos, topográficos y los procesos físicos sobre la superficie terrestre y los mares y océanos, junto a sistemas generados por procesos naturales, endógenos y exógenos, y antrópicos, que comprende la diversidad de partículas, elementos y lugares*». Por tanto, consideran un tratamiento escalar de la geodiversidad, como corresponde a su componente espacial (cuadro 2).

Cuadro 1

ELEMENTOS QUE COMPONEN LA GEODIVERSIDAD SOBRE LA SUPERFICIE TERRESTRE

Topografía	Energía	
	Rugosidad	
Geología	Materiales	Minerales
		Litología (rocas)
		Depósitos Superficiales
		Fósiles
	Tectónica	
	Estructuras	
Geomorfología	Morfoestructuras	
	Sistemas Morfogenéticos	
	Procesos	
	Formas de erosión	
	Formas de acumulación	
	Microformas	
Hidrología	Estados del agua	Agua líquida
		Nieve
		Hielo
	Elementos Hidrológicos	Océanos
		Mares
		Ríos
		Glaciares
		Fuentes
		Humedales
		Lagos
Suelos	Órdenes	
	Subórdenes	

Cuadro 2
JERARQUÍAS ESCALARES DE LA GEODIVERSIDAD

Escalas	
Geodiversidad de partículas	Elementos individuales y aquellos sin dimensión espacial: minerales, partículas sedimentarias, energía de los procesos.
Geodiversidad de elementos	Cada uno de los elementos abióticos que forman parte del sistema natural: elementos geológicos, formas, hidrográficos y edáficos.
Geodiversidad de lugares	Asociaciones de elementos con alto grado de organización, dimensión espacial y extensión moderada: geotopos, Lugares de interés geomorfológico y geológico, unidades.
Geodiversidad de paisajes	Este nivel podría situarse por encima de la diversidad natural, pues intervienen los componentes naturales (biodiversidad y geodiversidad) y humanos, de forma que se relacionaría con el principio de «Geodiversidades» de Daus, o «Diversidad Geográfica».

La geodiversidad es, por tanto, un concepto útil para la gestión y conservación del patrimonio abiótico, cuya incorporación es necesaria en políticas locales de desarrollo sostenible y de valoración de recursos naturales. También se ha considerado como idóneo para una gestión y aproximación geoecológica de los espacios naturales (Gordon *et al.*, 2002), óptima en nuestra opinión como interconexión de la biodiversidad y la geodiversidad. Por ello, la geodiversidad hoy se vincula a conceptos como Geoconservación, Patrimonio Natural, Patrimonio Geológico y a figuras legales como Geoparques, Paisajes Protegidos, Monumentos Naturales o Lugares de Interés Geomorfológico. Tal como dice Gray (2004), «*el principio básico para la geoconservación mediante protección de lugares es el de Geodiversidad*». En esta misma dirección, el «Manifiesto Europeo para el Patrimonio Terrestre y la Geodiversidad» (2004), firmado por la Unión Geográfica Internacional (IGU), la European Geoparks Network (EGN), la European Society for Soil Conservation (ESSC) y la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS), aboga por la utilización del término en el ámbito de la protección, máxime si se considera que el valor de muchos espacios protegidos radica en sus componentes abióticos.

III. LOS ESTUDIOS SOBRE GEODIVERSIDAD EN ESPAÑA

En España, los términos patrimonio geológico, geoconservación y geodiversidad han sido prácticamente inseparables. Según señalan Durán *et al* (1998), su creciente utilización deriva de una mayor preocupación de la Geología por los problemas ambientales (Geología Ambiental y Geología Ecológica), adoptando posturas más comprometidas y activas frente a los mismos. Sin embargo, la utilización de estos términos no se produce de forma simul-

tánea. Así, los estudios sobre patrimonio geológico cuentan en España con una tradición de casi 30 años, siguiendo el camino iniciado por el IGME en 1978 con el Inventario Nacional de los Puntos de Interés Geológico, aunque su difusión y aplicaciones han estado bastante limitadas hasta fechas relativamente recientes. Uno de los momentos más importantes de esta trayectoria tiene lugar con la Declaración de Girona, nacida de la III Reunión de la Comisión de Patrimonio Geológico, donde, en forma de decálogo, se reconoce al patrimonio geológico como bien natural, cultural y social y se insiste en la necesidad de conservarlo y protegerlo (Geoconservación).

La utilización del término geodiversidad es muy posterior. Las más tempranas referencias en España aparecen vinculadas a publicaciones que abordan la identificación de los recursos geológicos regionales (Palacio *et al.*, 1998) o a reuniones científicas dedicadas a la conservación del patrimonio geológico (Durán *et al.*, 1998), lo que ha conducido a confusiones terminológicas entre ambos conceptos.

Ya en las primeras referencias (Arribas y Durán, 1998), se reconoce el innegable valor del término geodiversidad, al que se considera al mismo nivel de la biodiversidad, aunque se identifica de forma inequívoca con variedad o diversidad geológica. Esta identificación será una constante en la bibliografía española. Para Durán *et al.* (1998), el mantenimiento de la geodiversidad y de los elementos singulares que la representan (el patrimonio geológico) es la finalidad de la geoconservación, pero no ofrecen ninguna definición de la misma.

En esta línea de identificación entre geodiversidad y diversidad geológica se alude a este término en algunas obras centradas en el análisis del patrimonio geológico a escala regional (Comunidades Autónomas). Se trata de referencias breves (Palacio *et al.*, 1998; Palacio, 1999 y 2002; Muñoz y Martínez, 2005) que aluden superficialmente a la geodiversidad como un hecho similar a la biodiversidad, aunque no la diferencian del patrimonio geológico, al que reconocen como elemento central de los paisajes. Nieto (2001) propone una definición de geodiversidad que pretende ser integradora, basada en el «*número y variedad de estructuras (sedimentarias, tectónicas, geomorfológicas, hidrogeológicas y petrológicas) y de materiales geológicos (minerales, rocas, fósiles y suelos), que constituyen el sustrato físico natural de una región, sobre las que se asienta la actividad orgánica, incluyendo la antrópica*». No obstante, diferencia claramente entre patrimonio geológico (apoyado en la existencia de los Puntos de Interés Geológico) y geodiversidad; la segunda contiene al primero, aunque su conocimiento está condicionado por el inventario de los mismos.

En Andalucía, Durán Valseiro (1999) también identifica geodiversidad con diversidad geológica, aunque reconoce explícitamente que todavía no existe acuerdo sobre la definición del concepto y especialmente sobre la forma de medirlo. A pesar de ello, el autor concluye definiendo a Andalucía como un mosaico de geodiversidad por su riqueza y variedad litológica, cronoestratigráfica, mineralógica y minera, paleobiológica y geomorfológica. Moreira y Rodríguez (2001) afirman la potencialidad de la geodiversidad como un recurso cultural y ecológico, identificándola en este sentido con elementos, lugares o espacios de elevado valor científico o didáctico (Lugares o Áreas de Interés Geológico o Ambiental). De este modo, la geodiversidad ha sido incorporada en Andalucía a los planes de gestión como la riqueza y variedad geológica regional.

IV. LA EVALUACIÓN DE LA GEODIVERSIDAD

A pesar de la amplia utilización y aplicaciones del término geodiversidad, son todavía muy escasos los esfuerzos realizados en el desarrollo de metodologías para su evaluación y valoración, y las existentes hasta el momento presentan carácter cualitativo. Algunas de estas referencias las encontramos en Durán *et al* (1998) y Gray (2004), quienes señalan la necesidad de establecer procedimientos basados en la utilización de indicadores de carácter objetivo. La primera propuesta concreta para evaluar la geodiversidad se debe a Kozłowski (2004), quien aplica una escala cualitativa de cinco valores en Polonia, extrapolable a otros territorios.

Algunas de las propuestas de valoración se han realizado desde España. Así sucede en Nieto (2001), quien sustenta la evaluación de la geodiversidad en el número y la variabilidad de elementos geológicos, considerando la superficie del área de estudio. Más recientemente, Nieto (2006) ha propuesto alternativas muy concretas basadas en la utilización de modelos de riqueza y densidad, índices de diversidad (como el de Shannon), y modelos de distribución.

En esta misma dirección, Serrano *et al* (en prensa) han desarrollado un índice de geodiversidad, utilizando para su validación un pequeño sector de la provincia de Soria, y más concretamente el área de Tíermes-Caracena. El objetivo es cuantificar la geodiversidad de diferentes unidades que permitan tanto la comparación entre unidades de la zona estudiada como entre ámbitos geográficos diferentes.

El procedimiento utilizado para establecer la geodiversidad se apoya básicamente en la delimitación de unidades geomorfológicas y en el inventario de los elementos físicos existentes en las mismas, mediante los siguientes pasos:

- a) Análisis de los elementos abióticos: Estudio de los diferentes elementos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos y edáficos de la zona, con elaboración de un mapa geomorfológico.
- b) Establecimiento de unidades: Se han elegido unidades geomorfológicas como marco de referencia para la asignación de los valores de geodiversidad por su carácter integrador de las estructuras geológicas, la litología, el clima, los suelos o la vegetación. Las unidades geomorfológicas se han delimitado a partir del mapa geomorfológico, la fotografía aérea y del trabajo de campo, realizándose el inventario de los principales rasgos físicos de las unidades. Este inventario queda recogido en fichas.
- c) Valoración de las unidades: Para la valoración de la geodiversidad se ha establecido un índice que relaciona la variedad de elementos físicos con la rugosidad y la superficie de la unidad. Partimos de la consideración de que a un mayor número de elementos corresponde una mayor geodiversidad y de que la rugosidad del terreno implica un aumento de la complejidad micro y topoclimática, incidiendo en el incremento de la geodiversidad. De acuerdo con estas premisas, se aplica la siguiente fórmula:

$$Gd = Eg R / \ln S$$

Gd = Índice de Geodiversidad; Eg = Número de elementos físicos (geomorfológicos, hidrológicos, suelos) diferentes existentes en la unidad; R = Coeficiente de rugosidad de la unidad; S = Superficie de la unidad (km²).

El parámetro Eg se obtiene del recuento de los elementos físicos, considerando como tales litología, estructuras geológicas, morfoestructuras, formas de erosión y acumulación, sistemas morfogénicos, procesos de erosión y presencia de microformas de interés. Estos datos se obtienen de las fichas geomorfológicas. Sólo se contabilizan los elementos diferentes, sin tener en cuenta las reiteraciones que pudieran existir. De la misma manera, con el fin de no sobrevalorar determinados procesos, sólo se consideran aquéllos que no se manifiestan a través de ninguna forma. Finalmente, también se incluyen los elementos hidrológicos y edáficos (ver cuadro 1).

La topografía y las variaciones microclimáticas y topoclimáticas están representadas a través del coeficiente de rugosidad. Su inclusión se justifica por el papel de estos en la organización de los flujos de energía (insolación, humedad) y materiales (agua, sedimentos) en las laderas y, en consecuencia, en la diversidad y distribución de formas y procesos. Se trata de introducir un parámetro integrador que permita tener en cuenta variaciones menores y relaciones complejas entre los elementos del sistema natural abiótico. Su valor se establece a partir de la pendiente dominante en la unidad. Para ello se realiza un mapa de pendientes de la zona de estudio, utilizando cinco intervalos (inferiores a 5°; de 6° a 15°; de 16 a 25°; de 26° a 50° y superiores a 50°). El coeficiente de rugosidad de cada unidad es el correspondiente al intervalo dominante en ella (cuadro 3). En el caso de que, en una unidad, existan dos intervalos de pendientes codominantes, se asigna una rugosidad proporcional a la superficie ocupada por cada intervalo.

Cuadro 3
ESCALA DE VALORES DE RUGOSIDAD DE LAS UNIDADES

Valores de pendiente (°)	0-5	6-15	16-25	26-50	>50
Valores de rugosidad	1	2	3	4	5

Una vez aplicado el algoritmo, se obtiene la geodiversidad de la unidad, para cuya clasificación se han establecido los umbrales que aparecen en la cuadro 4.

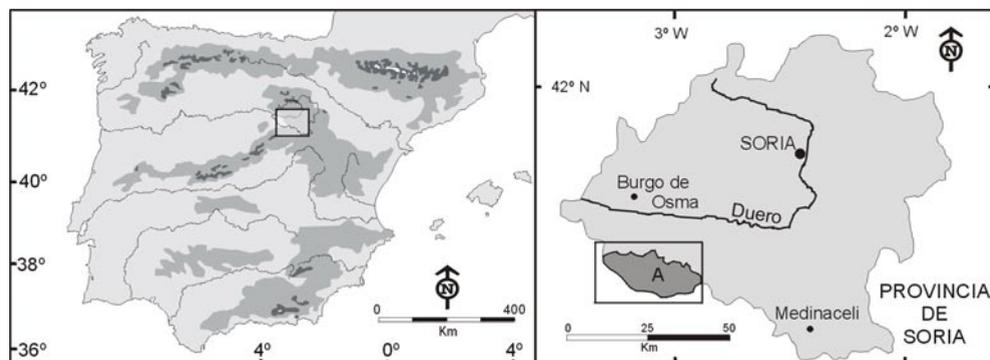
Cuadro 4
ESCALA DE VALORES DE GEODIVERSIDAD

Valor de geodiversidad	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Índice	<15	15-25	25-35	35-45	>45

V. APLICACIÓN METODOLÓGICA: LA GEODIVERSIDAD EN EL ÁREA DE TIERRAS-CARACENA

El procedimiento metodológico expuesto en el apartado anterior se ha aplicado a un ámbito rural (área de Tierras-Caracena) con el fin de estimar de manera lo más objetiva posible la geodiversidad, haciendo de ella una herramienta útil en la toma de decisiones terri-

Figura 1
 MAPA DE SITUACIÓN. A, ZONA DE ESTUDIO



toriales y ambientales. El área de Tiemres-Caracena se sitúa al sur de la provincia de Soria, en el límite con las de Guadalajara al sur y Segovia al oeste. Tiene una superficie de 381 km² (figura 1) y su relieve se caracteriza por la alternancia de amplios valles y altas parameras atravesadas por gargantas fluviales. La despoblación es muy fuerte: sus 24 pueblos suman 757 habitantes y la densidad media es de 2 habitantes por km². Constituye un ámbito rural con fuertes tasas de abandono de la actividad agraria, sin sustitución funcional por otros usos (turismo, comunicaciones, etc), y una población envejecida, dedicada prioritariamente a la agricultura de secano y la ganadería de ovino. En la zona se concentran altos valores culturales (ciudad romana de Tiemres, pueblos y castillos medievales, iglesias románicas, restos árabes), en estrecha relación con los valores naturales.

1. El contexto abiótico

La zona de estudio se sitúa en el piedemonte septentrional del Sistema Central, en la Cuenca del Duero. Esta drenada por pequeños ríos que se dirigen desde la Sierra de Pela (Sistema Central) hacia el centro de la depresión, formando siete subcuencas menores del Duero, con direcciones dominantes N-S, excepto el río Retortillo que, adaptado a la estructura, tiene dirección SW-NE. El relieve carece de fuertes contrastes. En él alternan extensas parameras, situadas a 1200-1300 metros de altitud, con amplios valles cuyas cotas más bajas se sitúan a 900 m.s.n.m y hoces encajadas. La cotas más elevadas se localizan en la Sierra de Pela, con su culminación a 1474 m. Toda la zona posee una fuerte naturalización derivada del abandono de usos en los espacios marginales, con recuperación paulatina de montes —encinares, quejigares y sabinares—, y ocupación por matorrales de las laderas por abandono del pastoreo.

En la zona de estudio afloran materiales del Triásico, Jurásico y Cretácico, y en el centro lutitas, areniscas y brechas del Pérmico. La litología define tres ámbitos plenamente diferenciados: por un lado, la cobertera del Triásico, con las dolomías y margas de facies Muschelkalk, las arcillas rojas con areniscas y yesos del Keuper, y los conglomerados y areniscas del

Cuadro 5
DIVERSIDAD GEOLÓGICA EN LA ZONA DE TIERNES CARACENA

1. Tectónica y Estructura				
Tectónica	Orogenia hercínica		Estructuras antiguas	
	Orogenia alpina		Estructuras de la cobertera	
	Neotectónica		Estructuras recientes	
Estructuras	Fallas paleozoicas			
	Fallas alpinas y cabalgamientos		Fallas y cabalgamiento de la Sierra de Pela. Direcciones N-S, NW-SE y E-W.	
	Anticlinales	Cobertera jurásico-cretácica		
		Cobertera triásica		
	Sinclinales	Cobertera jurásicocretácica		
Aclinales	Cobertera miopliocena			
2. Elementos litoestratigráficos				
CRONOLOGÍA Y FACIES			LITOLOGÍA	
Paleozoico	Silúrico		Pizarras y areniscas	
	Pérmico		Lutitas, areniscas y conglomerados	
Mesozoico	Triásico	Facies Buntsandstein	Areniscas, conglomerados y arcillas	
		Facies Muschelkalk	Dolomías, arcillas y margas	
		Facies Keuper	Arcillas rojas, yesos y areniscas	
		Triásico superior (Rethiense)	Dolomías	
	Jurásico	Lías		Carniolas Calizas y dolomías tableadas
		Cretácico	Cenomaniense. Facies Utrillas	Arenas
	Turonense		Calizas nodulosas, areniscas y margas	
	Coniaciense		Calizas Dolomías y calizas	
	Cenozoico	Mioceno	Mioceno-Plioceno	Conglomerados, lutitas y areniscas
	Cuaternario	Pleistoceno		Derrubios ordenados
Aluviones				
Coluviones				
Holoceno		Aluviones		
		Tobas		

Basado en: Birot y Solé (1954), IGME (1978), Adell *et al.* (1982), Ledínz y Muñoz (1991), SIEMCALSA (1997) y Nozal y Herrero (2005).

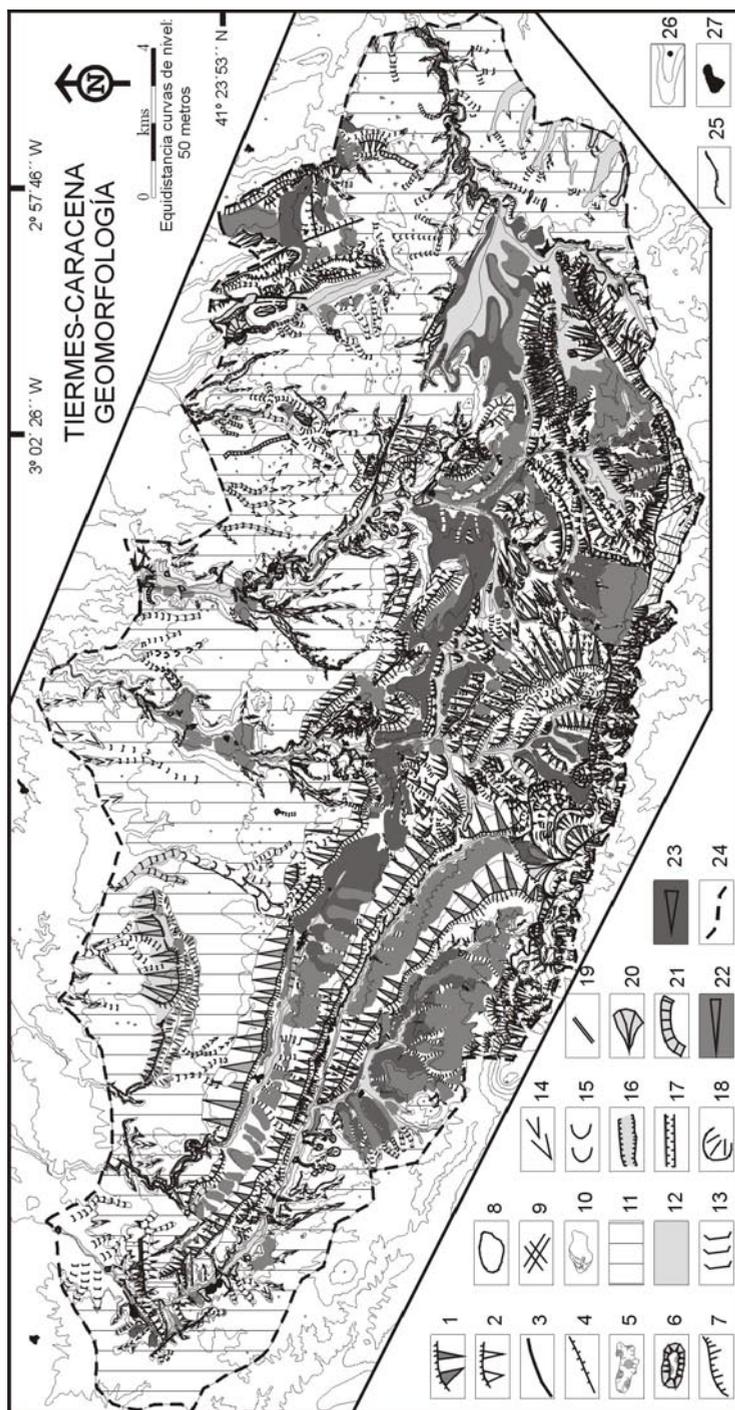


Figura 2

ESQUEMA GEOMORFOLÓGICO. 1, Crestas y dorsos. 2, Estratos horizontales. 3, Lineamientos tectónicos. 4, Crestas. 5, depresiones ortoclinales. 6, Combes. 7, Escarpes estructurales. 8, Depresión kárstica. 9, Lapiaz. 10, Toba. 11, Superficie de erosión. 12, Terrazas fluviales. 13, Valle de fondo plano. 14, Valle en V. 15, Valle en cuna. 16, Valles fluviales encajados (hoces). 17, Incisión fluvial. 18, Cabeceras torrenciales. 19, Valle colgado. 20, Cono de deyección. 21, Paleocauce. 22, Glacis, nivel I. 23, Glacis, nivel II. 24, Límite del área de estudio. 25, población. 26, Ríos. 27, Curvas de nivel.

Cuadro 6
EVOLUCIÓN Y DIVERSIDAD DE LAS FORMAS DE RELIEVE EN LA ZONA DE TIERNES-CARACENA

EDAD		FORMAS		CARACTERES
Oligoceno sup/Mioceno inf.		Erosivas	Superficies de erosión (Sierra de la Pela)	Nivel presente en la culminación de la Sierra
Mioceno	Intramiocena	Erosivas	Superficie de erosión I	Dominante en la zona de estudio
	Finimiocena	Estructurales	Dorsos inclinados	Flancos externos de las combes, organizan las grandes líneas del relieve en la porción central
			Estratos horizontales	Definen la culminación de la Sierra de Pela, en litología Miocena.
			Crestas verticalizadas	
Mioceno-Plioceno		Estructurales	Depresiones ortoclinales	Elaboradas en los materiales blandos al pie de las crestas.
			Combes	De grandes dimensiones, definen la porción central
			Escarpes estructurales	
			Superficie de erosión II	Muy poco representado.
		Kársticas, Funcionales	Depresiones	Dolinas de pequeñas dimensiones sobre la superficie de erosión.
		Lapiaces		
	Fluviales	Paleocauces	Restos de una antigua red en la superficie de erosión.	
Plioceno- Pleistoceno		Fluviales	Hoces	Encajadas en la superficie de erosión.
			Incisiones	Incisiones menores en las formas estructurales y S.E.
			Valle colgado	Valles amplios de fondo plano
		Laderas	Glacis I	Modelan los fondos de Combes y depresiones.
Pleistoceno	Pleistoceno Inferior-Medio	Fluvial	Terrazas altas	Terrazas dispersas en los valles más amplios.
		Fluvial	Valles de fondo plano	Ocupan los fondos de los valles más amplios, y las laderas.
			Valles en V.	Muy poco representados
			Valles en cuna	
	Laderas	Glacis II	Retocan los fondos de valles	
	Pleistoceno superior Holoceno	Fluvial	Terrazas bajas	Son las terrazas principales
		Laderas	Conos aluviales	Dimensiones reducidas, ocupan los fondos de los valles
			Laderas regularizadas	En escarpes y laderas de Hoces y combes
			Taludes y conos de derrubios	Dispersos por hoces y depresiones
Holoceno		Kárstico	Tobas	Edificio tobáceo de San Pedro.
Holoceno reciente		Fluvial	Cabeceras torrenciales	
		Laderas	Cárcavas generalizadas	En materiales favorables, activas
			Cárcavas puntuales	En materiales favorables, activas
			Laderas de deslizamiento	En materiales favorables, activas
			Desprendimientos por caída	En escarpes, activos.

Basado en: Birot y Solé Sabaris (1954), Tejero de la Cuesta (1988), Sanz (1990), García de la Vega, A. (2001). Rodríguez y Pérez (2005), Serrano *et al.* (2006).

Buntsandstein ocupan la porción meridional al norte de la Sierra de Pela. Un segundo ámbito es la Sierra de Pela, al sur, constituida por calizas, margas y carniolas del Cretácico superior, y en las cumbres los conglomerados y areniscas miocenos. Finalmente, al norte, la cobertera cretácica forma una vasta extensión en la que dominan las calizas, dolomías y margas del Jurásico, y las calizas, margas, dolomías y arenitas del Cretácico superior (IGME, 1978, Siemcalsa, 1998). La cobertera está fuertemente plegada, con pliegues de direcciones NE-SW al este, que pasan a una dirección NW-SE en la porción occidental. El Paleozoico también presenta pliegues de direcciones NE-SW. Todo ello está compartimentado por fracturas de direcciones NW-SE, primordialmente, N-S, y al este, NE-SW, destacando el cabalgamiento de la Sierra de Pela sobre los materiales triásicos. De este modo, la zona estudiada se divide en dos ámbitos litológicos de gran importancia morfológica y paisajística, la cobertera calcárea en una amplia extensión al norte y en un estrecho cejo al sur, y la porción central, constituida por materiales siliciclásticos y evaporíticos del Triásico. Todo ello aporta una amplia diversidad geológica que define la zona en su conjunto (cuadro 5).

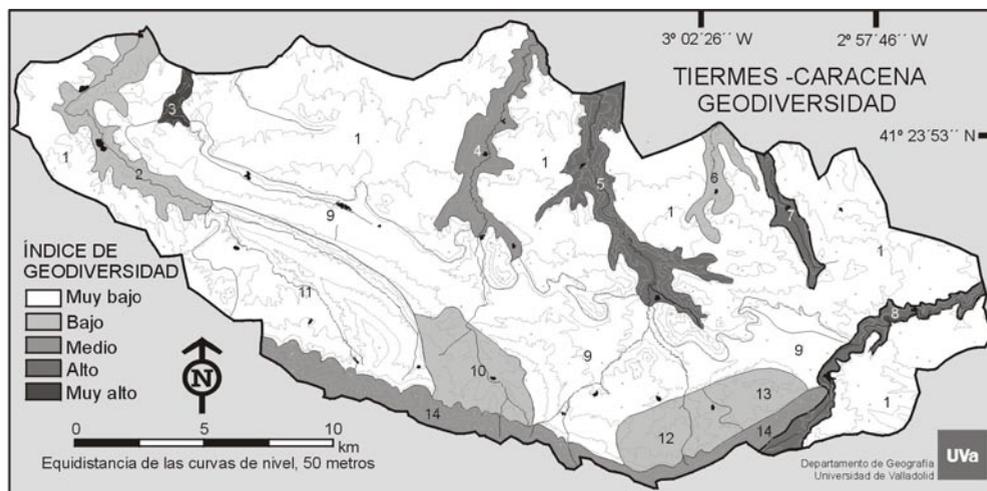
La estructura geológica, los amplios procesos erosivos y la disección fluvial determinan el relieve resultante (Solé y Birot, 1954; García de la Vega, 2001; Rodríguez y Pérez, 2005, Serrano *et al.*, 2006). La organización estructural ha configurado un relieve plegado, caracterizado al sur por el alineamiento de combes que limitan con la Sierra de Pela, y alternancia de surcos ortoclinales y crestas monoclinales. Al norte, una amplia superficie de erosión genera las extensas parameras, en las que se inscriben paleovalles fluviales y modelado kárstico. Las parameras están compartimentadas por gargantas fluviales, encajadas 50-100 metros, que drenan los surcos y combes. En detalle, el relieve es más complejo (cuadro 6), con formas menores derivadas de la erosión y acumulación, tales como glacis, terrazas o tobas, que caracterizan a los fondos de valle y enriquecen su diversidad. Es en los valles más amplios, en rocas blandas, donde se han modelado dos familias de glacis y formas fluviales, con incisiones y niveles de terrazas (figura 2).

En la zona de estudio se han definido 14 unidades geomorfológicas con características propias y una importante incidencia paisajística. Estas unidades han sido las utilizadas para la estimación de la geodiversidad (figura 3). Siete unidades corresponden a valles fluviales, algunos de los cuáles, como el de Caracena o el de Talegonos, presentan un fuerte encajamiento, lo que les hace alcanzar valores de rugosidad iguales o superiores a 3. Las mayores pendientes se alcanzan en la Sierra de Pela, con un 3.3 de coeficiente de rugosidad. Las menores corresponden, lógicamente, a la superficie de erosión y al surco ortoclinial, seguidos

Cuadro 7
DIVERSIDAD DE LOS SUELOS EN LA ZONA DE TIERMES CARACENA

Orden	Suborden
Inceptisol	Ochrept
Entisol	Xerert
Aridisol	Salorthid
Alfisol	Haploxeralf

Figura 3
MAPA DE GEODIVERSIDAD EN TIERMES CARACENA. LA NUMERACIÓN SE CORRESPONDE CON LAS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DEL CUADRO 8



de las depresiones elaboradas a favor del cierre periclinal. En una situación intermedia se encuentran el resto de valles y hoces fluviales. El inventario y evaluación de los lugares de interés geomorfológico (LIG) de la zona de Tiernes Caracena ha permitido establecer nueve lugares de interés geomorfológico (Serrano *et al.*, 2006).

Por lo que respecta a los suelos, en el área de estudio están representados por inceptisoles y entisoles y de forma más concreta por los grupos Xerochrept (suborden Ochrept) y Xerorthent (suborden Xerert), respectivamente. Aparecen asociados espacialmente y tienen como rasgo común su carácter xérico. En el surco ortoclinal estos grupos se asocian a un tercero, los Salorthid, aridisoles con un horizonte de acumulación de sales. En algunos sectores de la superficie de erosión y de los cierres periclinales, aparecen inclusiones de Haploxeralfs (alfisoles), suelos jóvenes con un horizonte enriquecido en arcilla.

2. La estimación de la geodiversidad: resultados

En la figura 3 y el cuadro 8 se muestran los resultados obtenidos tras la aplicación del algoritmo. En términos generales, los valores de geodiversidad son bajos, pues el número de elementos diferentes presentes en las distintas unidades apenas presenta variaciones. Los valores mínimos de elementos se localizan en los valles, con cifras que se mueven entre 8 en el Valle de Madruédano y 18 en la Hoz de Talegonos. El resto de unidades presenta valores que oscilan entre 20 y 30, cifra máxima obtenida en la depresión interior Liceras-Retortillo y en la Hoz de Caracena.

La geodiversidad es muy baja en el 75.7% de la superficie (tres unidades), de acuerdo con sus reducidos valores de pendiente y amplias superficies. Cinco unidades (10.4%) poseen valores bajos, coincidiendo con rugosidades intermedias y reducidas superficies.

Cuadro 8
VALORACIÓN DE LA GEODIVERSIDAD EN TIERMES-CARACENA

Unidad		Número de elementos	Superficie (km ²)	Rugosidad	Índice Geodiversidad	Valor Geodiversidad
1	Superficie de erosión	23	184	1	4.4	Muy baja
2	Hoz de Pedro	22	12	2.5	22.1	Baja
3	Hoz de Pozo Moreno	18	1	2.7	48.6	Muy alta
4	Hoz de Tielmes	24	9	2.7	29.5	Media
5	Hoz de Caracena	30	15	3.2	35.4	Alta
6	Valle de Madruédano	8	4	2.6	15	Baja
7	Valle de Modamio	14	3	2.5	31.8	Media
8	Hoz de Talegotes	18	7	3	27.7	Media
9	Surco ortoclinal Liceras-Retortillo	30	73	1.2	8.4	Muy baja
10	Cierre periclinal de Manzanares	24	11	2	20	Baja
11	Depresión Pedro-Noviales	26	32	1.7	12.7	Muy baja
12	Depresión de la Tejera	20	8	1.8	17.3	Baja
13	Depresión de Carramonte	20	5	1.5	18.6	Baja
14	Sierra de Pela	24	18	3.3	27.4	Media

Los valores medios se presentan en cuatro unidades (9.7% de la superficie). Se encuentran asociados, en general, a las elevadas rugosidades de los valles fluviales y de la Sierra de Pela. La única unidad donde la geodiversidad alcanza un valor alto es la Hoz de Caracena, donde la diversidad de elementos geológicos, geomorfológicos y edáficos es mayor, y también es más importante la rugosidad. Sólo en una unidad se alcanzan valores muy altos, lo que se debe más a su escasa superficie (apenas representa el 0.3% del área de estudio) que a la variedad abiótica.

VI. CONCLUSIONES

El término geodiversidad es un concepto joven y mal definido todavía, pero de amplia utilización y difusión. En general ha existido una marcada tendencia a considerarla como sinónimo de «diversidad geológica», acepción que hoy se muestra muy restrictiva. En este trabajo se aporta una definición que incorpora los diferentes elementos del medio abiótico y considera diferentes rangos escalares. Sin ser compleja, esta definición pretende ser integradora.

Junto a la definición, se presenta un procedimiento para calcular la geodiversidad. Este procedimiento combina los elementos físicos (geología, relieve, procesos, sistemas, litología, hidrología, suelos) con la superficie y rugosidad de las unidades y puede aplicarse a unidades geomorfológicas, pero también de paisaje. El resultado es la obtención de una escala que permite establecer cinco clases de geodiversidad (de muy alta a muy baja). Se trata de una aproximación cuantitativa a la valoración de la geodiversidad, que en el futuro podría ser utilizada, junto con las valoraciones culturales, etnográficas, etc., por los planificadores para la mejor gestión de los elementos y valores abióticos del territorio. Es, además, de fácil aplicación y favorece el establecimiento de comparaciones, lo que puede hacerla muy aplicable. El mapa resultante, junto a los parámetros obtenidos, se muestra como una útil herramienta de gestión.

Su aplicación a Tierras Caracena, territorio donde los sistemas fluvial y de vertientes son dominantes y han originado una escasa diversidad de formas, procesos o suelos, pone de manifiesto que más del 75% de la superficie presenta muy baja geodiversidad: las superficies son amplias, y la rugosidad y el número de elementos diferentes son bajos. Los resultados obtenidos en Tierras reflejan su homogeneidad interna y se ajustan bastante bien a la realidad.

El índice es de fácil aplicación, lo que permitirá establecer comparaciones, a la misma escala, entre diferentes territorios. Sin embargo, es importante que sea validado en ámbitos más contrastados que el área de estudio, por lo que hasta entonces deberá ser manejado con precaución. Además en sucesivas aproximaciones deberán incluirse algunas mejoras, entre las que señalamos la necesidad de perfeccionar el procedimiento para determinar la rugosidad de las unidades, de forma que integre conjuntamente superficie y pendiente. Tal como está concebido en la actualidad, el índice no es aplicable a unidades de pequeño tamaño.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto BTE 2003-05113 del Ministerio de Educación y Ciencia con Fondos FEDER, y el proyecto Life 03/ENV/000161 «Tierras-Caracena valley» (Life-Medio Ambiente) de la Unión Europea.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADELL, F., BASCONES, L., MARTÍNEZ, F., TENA-DÁVILA, M., LA MONEDA, E., RODRÍGUEZ, A. y GONZÁLEZ, F. (1982): *Mapa Geológico de España Escala 1:50.000. Hoja 433 de Atienza*. Madrid, Instituto Geológico y Minero de España
- ALEXANDROWICZ, Z. y KOZLOWSKI, K. (1999): «From selected geosites to geodiversity conservation. Polish example of modern framework» en *Towards the balanced management and conservation of the Geological Heritage in the New Milenium* (Barettino, D., Vallejo, M. y Gallego, E., eds.). Madrid, Sociedad Geológica de España, 52-54.
- ARRIBAS, A. y DURÁN, J.J., (1998): «Geodiversidad versus biodiversidad». *Tierra y Tecnología*, 18, 48-49.
- BIROT, P. y SOLÉ SABARIS, LL. (1954): *Investigaciones sobre morfología de la Cordillera Central española*. Madrid, CSIC-Instituto Juan Sebastián Elcano.

- DUFF, K. (1994): «Natural Areas: an holistic approach to conservation based on geology» en *Geological and Landscape Conservation* (O'Halloran, D. et al., eds.). London, 121-126.
- DURÁN, J.J. (1999): «El patrimonio geológico de Andalucía: un mosaico de geodiversidad» en *Patrimonio Geológico de Andalucía* (Durán, J.J. y Nuche, R., eds.). Madrid, Enresa, 21-25.
- DURÁN, J.J., BRUSI, D., PALLÍ, LL., LÓPEZ, J., PALACIO, J. y VALLEJO, M. (1998): «Geología ecológica, geodiversidad, geoconservación y patrimonio geológico: La Declaración de Girona» en *Comunicaciones de la IV Reunión Nacional de Patrimonio Geológico* (Durán, J.J. y Vallejo, M., eds.). Madrid, Miraflores de la Sierra, 69-72.
- EBERHARD, R. (1997): *Pattern and process: towards a regional approach to national state assessment of geodiversity*. Technical series 2, Australian Heritage Commission & Environment Forest Taskforce, Environment Australia, Canberra.
- ERIKSTAD, L. (2000): «The linchpin safeguarding Norwegian geological interest». *Earth Heritage*, 13, 12.
- FISHMAN, I.L. y NUSIPOV, E.N. (1999): «The geoconservation problems and the geotourism development in Kazakhstan» en *Towards the balanced management and conservation of the Geological Heritage in the New Milenium* (Baretino, D., Vallejo, M. y Gallego, E., eds.). Madrid, Sociedad Geológica de España, 52-54.
- GARCÍA DE LA VEGA, A. (2001): «La evolución morfoestructural de la Combe de Tiermes» en *Espacio natural y dinámicas territoriales*. Valladolid, Sociedad Española de Geomorfología y Departamento de Geografía de la Universidad de Valladolid, 83-94.
- GONZÁLEZ TRUEBA, J.J. (2006): *El macizo central de los Picos de Europa. Geomorfología y sus implicaciones geoecológicas en la alta montaña cantábrica*. Tesis Doctoral, Universidad de Cantabria, Santander, 662 p.
- GORDON, J. E., DVOŘÁK, I.J., JONASSON, C., JOSEFSSON, M., KOCIÁNOVÁ, M. y THOMPSON, D.B.A. (2002): «Geo-ecology and management of sensitive montane landscapes». *Geografiska Annaler*, 84, 193-203.
- JONASSON, C., GORDON, J. E., KOCIÁNOVÁ, M., JOSEFSSON, M., DVOŘÁK, I.J. y THOMPSON, D.B.A. (2005): «Links between geodiversity and biodiversity in European mountains: case studies from Sweden, Scotland and The Czech Republic» en *Mountains of Northern Europe: Conservation, Management, People and Nature* (Thompson, D.B.A., Price, M.F. y Galbraith, C.A., eds.), Edimburgh, TSO Scotland, 57-70.
- GRAY, M. (2004): *Geodiversity. Valuing and conserving abiotic nature*. Chichester, John Wiley & Sons, 434 p.
- IGME (1978): *Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja 433 de Atienza*. Madrid, IGME.
- JOHANSSON, C.E., ANDERSEN, S. y ALAPASSI, M. (1999): «Geodiversity in the Nordic countries». *ProGeo News*, 1, 1-3.
- KOZŁOWSKI, S. (2004): «Geodiversity. The concept and scope of geodiversity». *Przegląd Geologiczny*, 52 (8/2), 833-837.
- LEDÍNDEZ GONZÁLEZ, I. y MUÑOZ DEL REAL, J. L. (1991): *Mapa Geológico de España Escala 1:50.000. Hoja 405 de Berlanga de Duero*. Madrid, Instituto Tecnológico Geominero de España.

- MOREIRA, J.M. y RODRÍGUEZ, M. (2001): «Geodiversidad y geomorfología en Andalucía». *Medioambiente*, 38, 6-15.
- MUÑOZ, P. y MARTÍNEZ, E.(Coords.)(2005): *Patrimonio Geológico de Extremadura: Geodiversidad y Lugares de Interés Geológico*. Mérida, Junta de Extremadura, Col. Medio Ambiente. 478 p.
- NIETO, L.M. (2001): «Geodiversidad: propuesta de una definición integradora». *Boletín Geológico y Minero*, 112 (2), 3-12.
- NIETO, L.M. (2006): *Geodiversidad en el Cuaternario*. PDF document, Universidad de Jaén, Geología web.
- NOZAL, F. y HERRERO, A. (2005): «El mioceno del borde meridional del corredor de Aranda de Duero-Burgo de Osma (SE de la Cuenca del Duero)». *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 18 (1-2), 21-38.
- PALACIO SUÁREZ-VALGRANDE, J., CENDRERO UCEDA, A. y ÁGUEDA VILLAR, J. (1998): «El patrimonio geológico: concepto y significación», en *Patrimonio Geológico de la Comunidad Autónoma de Madrid* (Durán Valseiro, J.J., ed.), Madrid, Sociedad Geológica de España, 49-57.
- PALACIO SUÁREZ-VALGRANDE, J. (1999): «Patrimonio geológico: significado e importancia», en *Patrimonio Geológico de Andalucía* (Durán, J.J. y Nuche, R., eds.), Madrid, Enresa, 17-19.
- PALACIO SUÁREZ-VALGRANDE, J. (2002): «Geodiversidad y riqueza patrimonial de Castilla y León». *Tierra y Tecnología*, 24, 47-55.
- PIACENTE, S. (2005): «Geosites and geodiversity for a cultural approach to geology». *II Cuaternario. Italian Journal Of Quaternary Sciences*, 18 (1), 11-14
- RODRIGUEZ, J. y PÉREZ, A. (2005): Chronological asymmetry of the Tertiary planation surfaces on the Northern and Southern borders of the Almazán basin (Central Northern Spain)» en *Sixth International Conference on Geomorphology, abstract volume*, Zaragoza, IAG, 296.
- ROJAS, J. (2005): «Los desafíos del estudio de la geodiversidad». *Revista Geográfica Venezolana*, 46 (1), 143-152.
- SANZ, E. (1990): «El karst de la altimeseta soriana» en *I Reunión Nacional de Geomorfología*. Teruel, Universidad de Zaragoza-Sociedad Española de Geomorfología, 147-158.
- SERRANO, E. (2002): «Geomorphology, natural heritage and protected areas: lines of research in Spain». In *Proceedings of the Workshop on Geomorphological sites: research, assessment and improvement*, Módena, IAG, 27-33.
- SERRANO, E., RUIZ FLAÑO, P., ARROYO, P. y GONZÁLEZ TRUEBA J.J. (2006): «Lugares de Interés Geomorfológico. Inventario y valoración aplicada al área de Tierras-Caracena (Provincia de Soria)» en *Geomorfología y Territorio* (Pérez Alberti, A. y López Bedoya, J., eds.). Santiago de Compostela, Universidad de Santiago de Compostela, 976-1006.
- SERRANO, E. y RUIZ FLAÑO, P. (en prensa): «Geodiversity. Theoretical and applied concept». *Geographica Helvetica*.
- SERRANO, E., RUIZ-FLAÑO, P. y ARROYO, P. (en prensa): «Geodiversity assessment in a rural landscape: Tierras-Caracena area (Soria, Spain)». *Geografía Física I Cuaternario*.

- SHARPLES, C. (1995): «Geoconservation in forest management: principles and procedures». *Taskforests*, 7, 37-50.
- SHARPLES, C. (2002): *Concepts and principles of geoconservation*. PDF document, Tasmanian Parks and Wildlife Service Web.
- SIEMCALSA (1997): *Mapa Geológico y Minero de Castilla y León Escala 1:400.000*. Valladolid, Junta de Castilla y León, SIEMCALSA.
- STANLEY, M. (2001): «Geodiversity strategy». *Progeo News* 1, 6-9.
- TEJERO DE LA CUESTA, J. M^a. (dir.) (1988): *Análisis del Medio Físico de la Provincia de Soria. Delimitación de unidades y estructura territorial*. Valladolid, Consejería de Fomento de la Junta de Castilla y León.