



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

FACULTAD DE CIENCIAS

Departamento de Ciencias de la Tierra y Física de la Materia Condensada

TESIS DOCTORAL

**Desarrollo de una metodología para la
caracterización, evaluación y gestión de los
recursos de la geodiversidad**

VIOLA MARIA BRUSCHI

Santander, junio 2007



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

FACULTAD DE CIENCIAS

Departamento de Ciencias de la Tierra y Física de la Materia Condensada

TESIS DOCTORAL

**Desarrollo de una metodología para la
caracterización, evaluación y gestión de los
recursos de la geodiversidad**

VIOLA MARIA BRUSCHI

Santander, junio 2007

Antonio Cendrero Uceda y Alberto González Díez, Profesor Catedrático de Geodinámica Externa y Profesor Titular de Geodinámica Externa, respectivamente,

INFORMAN:

Que el trabajo presentado en esta memoria, titulado “*Desarrollo de una metodología para la caracterización, evaluación y gestión de los recursos de la geodiversidad*”, ha sido realizado bajo su dirección en el Departamento de Ciencias de la Tierra y Física de la Materia Condensada en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Cantabria, y dan su conformidad para que dicha Memoria sea presentada y tenga lugar, posteriormente, su Lectura y Defensa.

Santander, 26 de junio de 2007

Fdo.: Antonio Cendrero Uceda

Fdo.: Alberto González Díez

a mia madre
a mio padre

Agradecimientos

La realización de este trabajo de Tesis Doctoral no ha significado únicamente la culminación de una etapa académico-profesional, sino que también de una etapa de mi vida; este trabajo ha sido el fruto de una elección personal más que profesional. Por esta razón y, debido a que las personas que estimo y a las que agradezco haber llegado hasta aquí son muchas, los agradecimientos seguirán un orden cronológico.

Empezaré para agradecer a mis padres, Mirta y Remigio, a los cuales dedico esta Tesis, a mi hermano Nicola y a Lina. A todo ellos debo mi más sincera gratitud, por haberme apoyado en este largo “viaje”, por haberme aconsejado y reconfortado en los momentos más “oscuros”, por haberme transmitido, en cada momento, la tranquilidad y protección que me han permitido “lanzarme”, más de una vez. A ellos agradezco haber estado a mi lado también en aquellos momentos en los cuales se agotan los recursos personales y se pierde la perspectiva. También, por haberme apoyado en mi primer viaje hacia Santander, la ciudad donde todo empezó, y que años después se transformó en mi segunda casa.

Fue por aquel entonces cuando aparece una persona que me dio la posibilidad de empezar mi aventura y a la que dedico mi mayor reconocimiento. Fue el Prof. Mario Panizza quien con sus palabras me transmitió la curiosidad y las ganas de emprender este viaje. Bajo el amparo del Programa Europeo Erasmus, antes, y el Programa Europeo Leonardo después, llegué al Departamento de Ciencias de la Tierra y Física de la Materia Condensada, en Santander, donde todavía estudio y trabajo. Recuerdo la primera vez que llegué a esta ciudad, a la estación de autobuses, y recuerdo el miedo que tenía, lo muy insegura que estaba, y una sensación mezcla de curiosidad y de timidez. Me estaba enfrentado a lo desconocido. Mis primeros recuerdos de ese día son para la Prof. Victoria Rivas y el Prof. Enrique Francés. Recuerdo dos personas de pie, con un cartel en la mano que ponía mi apellido, las primera palabras un poco en inglés, un poco en italiano y un poco en “itañól”. Me llevaron a tomar café a un sitio precioso, en la playa del Sardinero. No olvidaré nunca la primera vez que vi aquella playa, que parecía la más grande del mundo, y aquel mar, que para ellos era tan normal y que sin embargo para mí era como si viese el mar por primera vez. Recuerdo que en aquél momento el miedo se desvaneció y prevaleció una sensación de felicidad y curiosidad. Entendí lo que había intentado transmitirme el Prof. Mario Panizza con sus palabras, tuve la sensación de que estaba donde tenía que estar.

La Prof. Victoria Rivas se convirtió en una de las personas más importantes, y con ella, su marido, el Prof. Luís Fernández. Estas dos personas, Victorina y Luís son dos muy buenos amigos a las cuales debo y agradezco mucho por estar a mi lado, por ayudarme, apoyarme, por sus consejos, por compartir conmigo unos momentos estupendos, y otros algo menos. Representan una presencia constante en mi vida y por eso, mi más sincera gratitud por su amistad.

Mis primeros pasos en el departamento han estado marcados por el encuentro con el Prof. Antonio Cendrero y el Prof. Alberto González, que se han transformado, años después, en los directores de este trabajo de Tesis. A ellos mi reconocimiento por haberme ayudado y apoyado en estos años y por haberme acogido como uno más del departamento. Nunca me he sentido una extraña y eso se lo debo también a ellos y a todos los miembros del departamento. Un especial agradecimiento a Antonio por el apoyo, los consejos, tanto a nivel profesional como personal, por su disponibilidad en cada momento, por darme las oportunidades de crecer profesionalmente y personalmente, y por haberme guiado en el ámbito académico. También le agradezco el tiempo, los esfuerzos y la dedicación para llevar a cabo este trabajo de Tesis, y la paciencia, que seguro ha tenido que ser mucha. A Alberto le agradezco su amistad, sus consejos

y su apoyo. Desde mi llegada me ayudó y me hizo sentir como si hubiese estado aquí toda mi vida. También le agradezco el tiempo que ha dedicado a esta Tesis, su paciencia y ayuda.

En el departamento he conocido a muchas más personas a las cuales quisiera dedicar un agradecimiento por el cariño, la amistad y la amabilidad que siempre han tenido conmigo. Agradezco a Nieves que siempre ha sido un firme apoyo para los extranjeros, una hermana mayor, ayudándonos en todo momento e intentando resolver los problemas de cada uno de nosotros. Un especial y entrañable recuerdo para los “becarios de arriba”, Noelia y Jorge y los “de abajo”, David, Juerjen, Juergen, Cuba, Nacho, Ferran, Jaime y también José María, Almudena y Rafa, y a los “de fuera”, Oti y Virginia. Con ellos he compartido muchos años de grandes momentos, de interminables “cañas del jueves” en el Soho y en la Floridita, de escapadas de fin de semana, de interminables cotilleos y risas, de días contándonos nuestras vidas y lo duras que eran, a veces. La mayoría de ellos ahora no están aquí, pero siempre están en mis recuerdos. Ellos han transformado estos años en algo verdaderamente especial.

A Juan y Sofía quiero agradecer su amistad e interés. A Juan un gracias especial para la paciencia que ha tenido conmigo, por haberme escuchado y aconsejado más de una vez y por haberme ayudado mucho en mi trabajo.

Gracias al Prof. José Ramón Díaz de Terán y Mira por haberme dado consejos muy útiles en la Tesis, y no sólo; a los profesores José Carlos Gómez Sal, Enrique Francés, Luís Salas, Javier Barba, a Luís Echandía y al resto del departamento que han hecho que este largo viaje haya sido una experiencia que ha merecido la pena vivir. A todas las personas del departamento debo un sincero agradecimiento por haber estado.

Quiero agradecer a Inma, Triki, Rafi, Flori, Javi y Mora que han sido como una segunda familia para mí en estos años, viviendo en otro país. Mi gratitud por su amistad, su apoyo incondicionado por haber compartido conmigo unos momentos magníficos y algunos más duros, por los consejos y por ser una constante en mi vida, siempre disponibles y siempre con los brazos abiertos. A los amigos de Italia, Verónica, Elisabetta y Stefano, que me han apoyado y que han estado a mi lado compartiendo lo bueno y lo malo.

Quiero agradecer a Virginia Sánchez Marcos por los buenos ratos que hemos pasado juntas y por haber participado, junto con Jesús Mojas Mauri, en la confección del Catálogo Fotográfico que se adjunta en esta memoria. A Remigio Bruschi e Nicola Bruschi por la colaboración en las propuestas elaboradas para el “Puente del Diablo” y para “La geodiversidad entra en escena”. A Mirta Incerti Medici para su ayuda en el análisis de la obra Peñas Arriba, de José María de Pereda

Al Prof. César Otero, por ser tan encantador y disponible, y por sus aportaciones al trabajo.

Al Prof. Juan Cuesta por la revisión del tratamiento estadístico, por su dedicación, interés y disponibilidad. Muchas gracias por sus consejos que han mejorado sustancialmente el trabajo. Gracias a José María Sarabia, por empezar conmigo el análisis estadístico.

Este trabajo de Tesis ha sido financiado por proyectos europeos, nacionales, regionales y por la Fundación Marcelino Botín:

Geomorphology and EIA of transportation Systems (GETS), Training and Mobility Researchers (TMR), contract FMRX-CT98-0162.

Assessment of landslides risk and mitigation in mountain areas (ALARM)”. Contract EVG1-CT-2001-00038.

Análisis de la sensibilidad del territorio a la instalación de canteras para la explotación de áridos en la zona de Camargo (Cantabria). Instituto Geológico y Minero de España y Universidad de Cantabria.

Estudio General de los Estuarios Cantábricos. Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente, Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio (INDUROT), Universidad de Oviedo, Universidad de Cantabria.

MOYSES, v.3.0.- MOdelizador Y Simulador para la Evaluación del impacto visual. Proyectos de Investigación Científica y Desarrollo e Innovación Tecnológica, en el Marco del Área de Transportes y Construcción, Plan Nacional de I+D+i. Universidad de Cantabria.

Beca de postgrado de la Fundación Marcelino Botín para la realización de la Tesis Doctoral (años 2002-2003; 2003-2004; 2004-2005; 2005-2006).

Presentación

La memoria que aquí se presenta consta de 6 capítulos, además de las referencias bibliográficas y los anexos.

El capítulo primero tiene como objeto presentar una panorámica de la evolución de los conceptos y del desarrollo de las actividades sobre el patrimonio geológico y la geodiversidad. Se hace una revisión de la conservación de la naturaleza en general y de la normativa de protección, intentando cubrir tanto aspectos nacionales como internacionales. De la misma forma, se elabora una revisión histórica de las metodologías para la identificación y valoración de los elementos del patrimonio geológico considerando las iniciativas en diferentes países, internacionales y españolas. Se aborda el concepto de puesta en valor del patrimonio geológico y se presentan ejemplos de actuaciones desarrolladas sobre todo en España e Italia. También se analizan los valores intangibles del patrimonio geológico incluyendo los visuales, y se presenta una revisión de cómo han sido tratados.

Como consecuencia de la revisión citada, se han identificado ciertos temas no satisfactoriamente resueltos hasta ahora, que han servido para marcar las líneas de trabajo y los objetivos que se plasman en el capítulo 2.

El capítulo 3 aborda uno de los problemas identificados, relativo al diseño y aplicación de mejores procedimientos para la evaluación de los elementos del patrimonio geológico. En este capítulo se presentan y comparan diferentes métodos de evaluación y se aplican procedimientos estadísticos encaminados a optimizar los métodos y criterios de evaluación, determinar su validez y hacer propuestas sobre los que resultan más recomendables.

El capítulo 4 tiene por finalidad desarrollar propuestas que permitan la incorporación de los análisis y evaluaciones de los valores intangibles de la geodiversidad en los procedimientos de evaluación ambiental. Se ha procurado que dichas propuestas incluyan el desarrollo de herramientas metodológicas e instrumentales de base cuantitativa.

El capítulo 5 se dedica a la presentación de un abanico de propuestas encaminadas a la puesta en valor de los elementos de la geodiversidad. El objetivo de este capítulo es proponer algunos modelos concretos para facilitar el uso sostenible de los recursos de la geodiversidad, como base que ayude, entre otras cosas, a la potenciación de actividades productivas.

Finalmente, como es habitual, el capítulo 6 recoge las principales conclusiones obtenidas por medio del trabajo e incluye algunas propuestas y reflexiones para una mejor protección y aprovechamiento de la geodiversidad.

Resumen

El presente trabajo trata sobre la identificación, catalogación, evaluación, protección y utilización de los recursos de la geodiversidad. Con ese fin, se ha elaborado una revisión bibliográfica sobre las iniciativas en materia de conservación e inventario del patrimonio natural en general y del patrimonio geológico en particular.

A partir de dicha revisión, se ha constatado que los aspectos geológicos fueron los valores sobre los cuales se crearon las primeras figuras de protección de la naturaleza, como los Parques Nacionales. Sin embargo, las acciones proteccionistas sucesivas tuvieron como base la conservación de la biodiversidad y fue así para casi todo el siglo XX. Hace sólo unas pocas décadas se ha empezado de nuevo a dedicar atención a la protección de los elementos de la geodiversidad. Debido al incremento del interés en la conservación del patrimonio geológico, en los últimos años han surgido acciones encaminadas hacia la protección de los elementos de interés geológico tanto a nivel nacional como internacional. En las últimas décadas se han ido proponiendo y desarrollando procedimientos para el inventario, la evaluación y la protección de los elementos geológicos.

Uno de los principales problemas que afecta al tratamiento conjunto del patrimonio geológico es la complejidad de su evaluación. La calidad o importancia de un elemento geológico está estrechamente ligada a su carácter intangible, por lo tanto en los procedimientos de valoración subyace un alto grado de subjetividad.

En el presente trabajo se incluye un primer inventario de LIG para la región Cantabria. Éste ha sido confeccionado a partir de la recopilación de la información existente y de nuevos datos, incluyendo la elaboración de encuestas a un grupo de expertos, que han permitido identificar fundamentalmente lugares de interés geomorfológico. Una parte de este inventario se ha utilizado para el desarrollo de las fases sucesivas de evaluación, protección y puesta en valor de los LIG.

Utilizando los lugares de interés geológico de la franja costera de Cantabria, se han desarrollado procedimientos de evaluación de su calidad. Concretamente, se ha llevado a cabo la evaluación de la calidad de los LIG a través de procedimientos directos (basados en el juicio de expertos) e indirectos (paramétricos) sobre la base de la identificación de criterios de evaluación, de parámetros medibles y de la definición de unos “modelos de calidad”.

Con el fin de identificar la fiabilidad de cada uno de los procedimientos de evaluación, se han comparado los resultados obtenidos; además, en el caso de los métodos paramétricos, se han analizado los criterios de evaluación para identificar los más importantes y las redundancias. Por medio de la aplicación de análisis factorial, se ha identificado un conjunto reducido de criterios que permite reproducir en un 83% los resultados obtenidos utilizando todos los criterios.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que existe una buena coincidencia entre las clasificaciones de LIG obtenidas con los dos procedimientos de evaluación. Las coincidencias son realmente buenas cuando se comparan las clasificaciones elaboradas por parte de un grupo reducido de expertos, y cuando los criterios y parámetros de evaluación son definidos por los mismos. Para medir el grado de coincidencia se ha utilizado el Coeficiente de Spearman que en este caso resulta muy

alto. También son muy buenas las coincidencias entre las clasificaciones obtenidas a través de la aplicación de la valoración directa y la valoración indirecta, y utilizando un número reducido de criterios, identificados a partir de el análisis factorial aplicado a los mismos.

Las conclusiones que se derivan de esta parte del trabajo son: para la evaluación de la calidad de LIG, los procedimientos paramétricos resultan los más aconsejables debido a que son transparentes, claros, objetivos y reproducibles; es aconsejable utilizar el conjunto reducido de criterios, con los cuales se agiliza el método; por último, es mejor evaluar los LIG según grupos homogéneos en cuanto a su tipología (acantilados, estuarios, etc.).

Los resultados obtenidos en la fase anterior ponen de manifiesto que los procedimientos de evaluación así utilizados, constituyen unas muy buenas bases para la incorporación de los elementos de la geodiversidad a las evaluaciones de impacto ambiental. Con este fin, se presentan unos métodos que permiten determinar cuantitativamente los impactos sobre los LIG, por medio de índices numéricos, y su traducción a términos socialmente significativos (términos monetarios).

De la misma manera, se presenta un procedimiento para la evaluación de otro elemento intangible de la geodiversidad correspondiente al paisaje visual. Se ha desarrollado y aplicado un método para expresar de forma cuantitativa los efectos visuales de acciones antrópicas sobre el paisaje. Dichos efectos se determinan sobre la base de índices numéricos que incluyen tanto la calidad visual como la magnitud de los efectos visuales. Como en el caso de la EIA para los LIG, también en este caso se pueden traducir los impactos a términos socialmente significativos (monetarios).

Estos procedimientos y métodos han sido aplicados para la evaluación de impactos sobre los LIG y el paisaje visual, derivados de la construcción de una autopista y de la implantación de canteras para la producción de áridos. Además, dentro de este marco general, se proponen actuaciones encaminadas a la mitigación de los impactos y se analiza la eficacia de las mismas en cuanto a reducción de los impactos, comparando las mejores opciones en función de la relación eficacia/coste.

Los métodos propuestos para la evaluación de los impactos sobre el paisaje visual han puesto las bases para el diseño de una herramienta informática que permite realizar todo el proceso de forma automática.

Finalmente, los datos y resultados obtenidos constituyen los fundamentos sobre los cuales se han elaborado algunos ejemplos de acciones encaminadas a la protección, gestión y puesta en valor de los elementos de la geodiversidad de Cantabria. Dichas propuestas incluyen el diseño de medidas y actuaciones para la protección física de los LIG, para la elaboración de rutas de la geodiversidad y rutas geológico-literarias (en las cuales se ligan los LIG a valores culturales de otro tipo), para la creación de un geoparque, y para el uso de la geodiversidad como foco de atracción turística asociado a un cierto desarrollo socioeconómico de una región.

Por último, el trabajo que se presenta concluye con una breve reflexión final sobre la necesidad de elaborar una “estrategia integrada para el uso sostenible de la geodiversidad”. Dicha estrategia engloba tanto los recursos consumibles (rocas y minerales) como los no consumibles (LIG y paisaje visual), considerando la posibilidad de utilizar los primeros para financiar la protección y uso sostenible de los segundos.

Summary

The present work addresses issues related to the identification, cataloguing evaluation, protection and utilisation of geodiversity's resources. To that end a review of initiatives related to nature conservation in general and geological heritage inventoring, evaluation and protection in particular has been carried out.

It is pointed out that although back in the nineteenth and early twentieth centuries geologic heritage values were at the basis of the creation of quite a number of national Parks in different countries, the consideration of geodiversity was much less prominent in later periods. However, in the last couple of decades a number of national and international initiatives have been launched, to create inventories of sites of geologic interest, improve classification and evaluation methods or provide a regulatory framework for the protection of geologic heritage.

One of the main difficulties to carry out such tasks lies in the complexity of the evaluation of sites of geological interest. This is due to a great extent to the fact that the "importance" or "quality" of such sites is based on intangible values, the evaluation of which is essentially subjective.

The work presented here includes an initial inventory of sites of geological interest in the region of Cantabria. Then, a group of sites of geomorphologic interest has been selected to make comparisons between different evaluation methods, determine the degree of coincidence between the ranks of classifications obtained and make recommendations on the most advisable procedures. In particular, comparisons have been made between direct evaluation methods, based on expert judgements, and indirect methods, based on the identification of a series of parameters that can be measured or, at least, objectively determined. On the basis of those parameters, integration procedures that imply the formulation of "quality models" are proposed to express geosite value by means of numerical indices.

The results obtained show that, generally speaking, a reasonable degree of coincidence is obtained when a group of sites is evaluated and ranked using the different methods tested. The best results (highest degree of coincidence) are obtained using a relatively reduced number of experts (who, of course, must have a good knowledge of the study area) who define criteria and parameters to be used in the indirect procedure (without knowing which sites are going to be evaluated) and also establish a rank using the direct evaluation method. The results are particularly good when a reduced number of variables (selected as indicated below) are used for the parametric methods.

Statistical tests (Spearman coefficient, factor analysis) have been carried out to determine the coherence and validity of results and identify the most significant parameters for geosite evaluation. It is concluded that the most advisable evaluation methods are the indirect, parametric ones. These methods make it possible to apply transparent, clearly defined criteria which can provide replicable results if applied by different operators and can therefore be subject to external test and scrutiny. The above methods can provide good results using only six parameters that express three significant qualities of sites: scientific interest or intrinsic quality; potential for use; threats for conservation.

The type of evaluation methods described has been applied to design a method for the incorporation of geosites into the EIA process. The method presented makes it possible to express impacts on geosites by means of numerical indices (that can be replicated by external operators) and translate this into socially significant terms (monetary value).

A similar effort is presented for the evaluation of another intangible geodiversity value, visual landscape. A procedure has been developed and applied for expressing in quantitative terms the visual effects of human actions on landscape. Visual landscape modifications are evaluated using numerical indices that include both landscape quality and magnitude of visual effects. The method is applied for the incorporation of visual landscape into EIA procedures. As in the case of geologic heritage, the method makes it possible to express visual impacts by means of numerical indices and translate it into significant terms.

The use of the concepts procedure thus developed have also been applied to the evaluation, at the planning stage, of different alternatives for quarries in one study area. It is shown that the method can be used to both “a priori” determine the visual impact of mining exploitations, and simulate different mitigation methods in order to choose the most efficient one.

The concept and methods developed for visual landscape assessment and visual impact evaluation have been the basis for the development of technological tools that can be used to improve existing practices.

In order to contribute to the valorisation of geodiversity’s values, a series of specific proposals are presented for the protection and use of sites of geologic interest in Cantabria. These proposals include the design of physical protection measures, the formulation of traditional geo-itineraries, the creation of a geopark, the development of links between traditional cultural values and geologic heritage, and the use of geosites as a basis for fostering the tourism and recreation sector and contributing to economic activity.

Finally, a proposal is formulated concerning the need to develop “an integrated strategy for sustainable use of geodiversity’s resources”. This strategy should encompass both consumable (rocks, minerals) and non consumable (geosites, landscape, intangible values) resources and use the former as a means to finance the protection and sustainable use of the latter, through a variety of compensation actions.

Riassunto

La memoria che si presenta a continuazione, verte sulla identificazione, catalogazione, valutazione, protezione ed utilizzazione dei beni propri della geodiversità. Per approfondire questo tema, si presenta una revisione della bibliografia relativa alla conservazione e agli inventari del patrimonio naturale in generale, e del patrimonio geologico in particolare.

Da tale revisione si evidenzia che le prime categorie legali per la protezione della natura, come per esempio i Parchi Nazionali, furono istituite in base agli aspetti geologici caratteristici della zona e che, nonostante ciò, successivamente e per quasi tutto il ventesimo secolo, la tutela ebbe come unico oggetto la biodiversità. Solamente nelle ultime decadi è risorto un interesse e la necessità di proteggere il patrimonio geologico, per cui, sia dal punto di vista nazionale come internazionale, in questo periodo si assiste al sorgere di nuove proposte per la protezione dei beni geologici e di nuovi metodi e procedimenti, per l'elaborazione d'inventari, per la valutazione della qualità dei beni e per la loro protezione.

Uno dei principali problemi associati alla valutazione della qualità dei beni geologici scaturisce dall'aspetto intangibile dei beni stessi, per cui, i metodi per la valutazione di detta qualità risultano oltremodo soggettivi.

In questa memoria si presenta un inventario dei beni geologici della regione Cantabria, che è stato elaborato utilizzando come base i dati esistenti e, successivamente, proponendo a un gruppo d'esperti un sondaggio con il quale si sono potuti identificare ulteriori beni geomorfologici.

Una parte di questo inventario, corrispondente ai beni geomorfologici della costa, è stata usata nelle fasi successive di valutazione, protezione e valorizzazione.

Per quanto riguarda la valutazione della qualità dei beni geologici, si propongono due tipologie di procedimento basate, una sulla valutazione diretta dei beni e un'altra, sulla identificazione di criteri e parametri numerici e sulla applicazione di un "modello di qualità" (metodo parametrico o indiretto).

Con la finalità di evidenziare la qualità dei due tipi di procedimento, sono stati comparati i risultati ottenuti applicando tanto il metodo diretto come quello indiretto. Inoltre, nel caso del metodo parametrico (indiretto), sono stati analizzati i criteri per la valutazione per verificare quali siano i più importanti e quali siano le possibili ripetizioni. Attraverso l'analisi fattoriale si è potuto identificare un insieme composto da solo sei criteri che permette di riprodurre (per una percentuale uguale a 83%) gli stessi risultati ottenuti utilizzando un maggior numero di variabili.

Dalla comparazione suddetta, si può riassumere che, nel caso in cui la valutazione dei beni viene fatta da un gruppo ridotto di esperti, le classificazioni dei beni geologici ottenute con i due metodi coincidono molto bene, soprattutto quando i criteri ed i parametri per la valutazione vengono scelti e definiti dagli stessi esperti che valutano i beni. Per definire con esattezza il livello di coincidenza è stato utilizzato il coefficiente di Spearman che, nel caso precedente, risulta appunto molto alto.

Anche la coincidenza fra le classificazioni ottenute dall'applicazione dei due procedimenti, utilizzando un maggior numero di esperti e un minor numero di criteri, risulta buona (un alto coefficiente di Spearman).

Dalle conclusioni relative a questa parte dell'analisi si possono trarre le seguenti riflessioni: per la valutazione della qualità dei beni geologici, è consigliabile utilizzare dei procedimenti di tipo parametrico (indiretti) perchè permettono un'analisi chiara, riproducibile e oggettiva; è consigliabile l'uso di un numero ridotto di criteri dato che si ottengono comunque buoni risultati ed il procedimento è molto più veloce e, per ultimo, il procedimento di valutazione risulta più affidabile se si analizzano i beni della stessa tipologia (spiagge, falesie, lagune, etc.)

I risultati ottenuti dalla precedente analisi evidenziano che i procedimenti di valutazione applicati sono molto efficaci per considerare l'analisi dei beni geologici nelle valutazioni di impatto ambientale (VIA).

Con questa finalità, attraverso l'uso di indicatori numerici, si propongono metodi per determinare quantitativamente gli impatti sui beni geologici e la loro traduzione in termini socialmente significativi (termini monetari).

Ugualmente, si propone un procedimento che permetta la valutazione di un altro aspetto intangibile della geodiversità, come è il paesaggio visuale. È stato sviluppato e applicato un procedimento con il quale si possono calcolare quantitativamente la qualità visuale del paesaggio e la magnitudine degli effetti visuali prodotti da una infrastruttura. Come nel precedente caso, anche per l'impatto sul paesaggio visuale, è possibile ottenere una traduzione in termini socialmente significativi.

I procedimenti elaborati per la valutazione d'impatto ambientale sono stati applicati al caso della costruzione di una nuova autostrada e alla installazione di cave per l'estrazione di inerti. Inoltre, per il caso delle cave, è stata analizzata l'efficienza delle misure di mitigazione utilizzando due tipi di barriere visuali.

I procedimenti proposti per la valutazione degli impatti ambientali sul paesaggio visuale sono serviti alla creazione di uno strumento informatico che permette elaborare tutto il procedimento descritto in modo automatico.

In ultimo, l'insieme dei dati, procedimenti e metodi che sono stati sviluppati e che qui si presentano, costituiscono le basi per l'elaborazione di azioni mirate alla protezione, gestione e valorizzazione dei beni, propri della geodiversità, della Cantabria.

Gli esempi che si presentano in questa memoria si riferiscono a misure per la protezione fisica dei beni geologici, a proposte per l'elaborazione di itinerari della geodiversità ed itinerari geo-letterari (collegamenti fra i valori geologici e gli aspetti culturali), alla proposta di un geoparco e all'uso delle geodiversità come centro d'attrazione turistica e conseguente sviluppo economico e sociale.

Questa memoria si conclude con una breve riflessione sulla necessità di elaborare una "strategia integrale per l'uso sostenibile della geodiversità", nella quale si considerano le risorse sfruttabili in senso stretto (inerti, minerali) e non sfruttabili (beni geologici e paesaggio) e si propone la possibilità di utilizzare le risorse del primo tipo per finanziare la protezione e uso sostenibile delle risorse del secondo.

ÍNDICE

Capítulo 1.- Introducción

1.1.- PREÁMBULO	1
1.2.- CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA Y GEODIVERSIDAD; NORMATIVA Y PROTECCIÓN	2
1.2.1.- Primeros desarrollos y aspectos conceptuales	2
1.2.2.- Normativa y protección	9
1.2.3.- Recapitulación	20
1.3.- INVENTARIOS Y EVALUACIÓN: REVISIÓN HISTÓRICA Y METODOLÓGICA	22
1.3.1.- Algunas iniciativas nacionales	23
1.3.2.- Iniciativas españolas	32
1.3.3.- Iniciativas internacionales	40
1.3.4.- Comentario final	42
1.4.- PUESTA EN VALOR DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO	45
1.4.1.- Ejemplos de acciones de puesta en valor	46
1.4.2.- Comentario final	53
1.5.- GEODIVERSIDAD Y PAISAJE	62
1.5.1.- Comentario final	69

Capítulo 2.- Planteamiento del problema y objetivos del trabajo

2.1.- INTRODUCCIÓN	71
2.2.- OBJETIVOS	71

Capítulo 3.- Selección, evaluación y clasificación de los elementos de la geodiversidad

3.1.- MARCO GENERAL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA GEODIVERSIDAD	77
3.2.- IDENTIFICACIÓN DE LIG	79
3.3.- PROCEDIMIENTOS Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN	80
3.4.- EVALUACIÓN DIRECTA DE LIG POR MEDIO DE JUICIO DE EXPERTOS	83
3.5.- EVALUACIÓN DE LIG POR MEDIO DE PROCEDIMIENTOS PARAMÉTRICOS	89
3.6.- ANÁLISIS FACTORIAL	114
3.7.- COMENTARIO FINAL	129

Capítulo 4.- Integración de los valores intangibles de la geodiversidad en los procesos de evaluación ambiental

4.1.- INTRODUCCIÓN	131
4.2.- INCORPORACIÓN DE LOS LIG Y DEL PAISAJE VISUAL EN LA EIA	131
4.2.1.- Incorporación de los lugares de interés geológico en la EIA	135
4.2.2.- Incorporación del paisaje visual en la EIA	144
4.3.- INCORPORACIÓN DEL PAISAJE VISUAL EN LA PLANIFICACIÓN DE EXPLOTACIONES MINERAS	154
4.4.- COMENTARIO FINAL	186

Capítulo 5.- Puesta en valor	
5.1.- INTRODUCCIÓN	187
5.2.- RUTAS DE LA GEODIVERSIDAD	190
5.2.1.- Propuesta de actuación en la zona del “Puente del Diablo”	190
5.2.1.1.- PROPUESTA DE INTERVENCIÓN FÍSICA PARA LA PROTECCIÓN DEL “PUENTE DEL DIABLO”	191
5.2.1.2.- “LA SENDA DEL DIABLO”; PROPUESTA DE ITINERARIO Y RECUPERACIÓN DEL ENTORNO	194
5.2.2.- “La geología de Peñas Arriba”; propuesta de una ruta geológico-literaria	202
5.3.- GEOPARQUE DE LAS DUNAS DE LIENCRES Y COSTA QUEBRADA	210
5.3.1.- Propuesta del “Geoparque Dunas de Liencres y Costa Quebrada”	216
5.3.2.- Propuesta de ruta del “Geoparque Dunas de Liencres y Costa Quebrada”	221
5.3.3 - Objetivo Geodiversidad	227
5.3.4.- La geodiversidad entra en escena	228
5.4.- COMENTARIO FINAL	234
Capítulo 6.- Conclusiones y reflexiones finales	237
Referencias bibliográficas	243
Referencias de Internet	263
ANEXOS	
Capítulo 1.- Introducción	
1-I Recortes de prensa - “La tartaruga decapitada”	1
1-II Recortes de prensa – “La Horadada”	5
1-III Recortes de prensa – “El Dedo de Dios”	9
1-IV Convención sobre la protección del patrimonio mundial	17
1-V Declaración sobre los derechos de la memoria de la Tierra	27
1-VI Geoparques	29
1-VII El Año Internacional del Planeta Tierra	39
1-VIII “UKRIGS field record and site assessment”	47
1- IX Ficha elaborada por Panizza & Cannillo (1994)	65
1-X Ficha elaborada por Bertacchini et al. (1999)	67
1-XI Ficha elaborada por Bertacchini et al. (2003)	73
1-XII Ficha elaborada por Grandgirard (1996)	75
1-XIII Ficha elaborada por Berger & Grandgirard (1997)	77
1-XIV Ficha elaborada por Haaf (1995)	83
1-XV Ficha elaborada por ICONA (1975)	85
1-XVI Criterios de valoración y ficha PATRIGEO elaborados por IGME	87
1-XVII Ficha elaborada por el IGME (1982)	91
1-XVIII Ficha elaborada por ITGE (1988)	95
1-XIX Ficha elaborada por Tamés et al. (1991)	99
1-XX Ficha elaborada por ITGE (1995)	101
1-XXI Ficha elaborada por Rivas et al. (1995)	105

1-XXII Ficha elaborada por Barba et al. (1997)	107
1-XXIII Criterios propuestos por Cendrero (2000)	111
1-XXIV Ficha propuestas por Corvea Porras et al. (2006)	117
1-XXV Listado del patrimonio mundial natural de UNESCO	121
1-XXVI Ficha para la base de datos IUGS-GEOSITES (2000)	127
1-XXVII Ficha elaborada por Progeo-Italia	135
1-XXVIII Directrices de evaluación para Global Geosites (2006)	147
1-XXIX Global Geoparks Network (2006)	149
1-XXX European Landscape Convention (2000)	159
 Capítulo 3.- Selección, evaluación y clasificación, de los elementos del patrimonio geológico	
3-I Listado de LIG para la región Cantabria	169
3-II Esquemas geológicos de Cantabria y Guipúzcoa	181
3-III Ficha utilizada en la 1ª encuesta	185
3-IV Ficha utilizada en la 2ª encuesta	189
3-V Ficha utilizada en la 3ª encuesta	193
3-VI Listados definitivos de LIG obtenidos a partir de la 1ª encuesta	199
3-VII Valoración de LIG	205
3-VIII Análisis factorial	211
 Capítulo 4.- Integración de los valores intangibles de la geodiversidad en los procesos de evaluación ambiental	
4-I Herramienta informática para el análisis del impacto visual	217
 Capítulo 5.- Puesta en valor	
5-I Planos recuperación puente del Diablo	231
5-II Paneles diseñados para la “Senda del Diablo”	235
5-III Tríptico “Senda del Diablo”	243
5-IV Actividades educativas	247
5-V Catálogo fotográfico: “Objetivo Geodiversidad”	271
5-VI Ruta geológica del Camino de Santiago	341

ANEXOS

Capítulo 1.- Introducción

1-I Recortes de prensa - “La tartaruga decapitata”	1
1-II Recortes de prensa – “La Horadada”	5
1-III Recortes de prensa – “El Dedo de Dios”	9
1-IV Convención sobre la protección del patrimonio mundial	17
1-V Declaración sobre los derechos de la memoria de la Tierra	27
1-VI Geoparques	29
1-VII El Año Internacional del Planeta Tierra	39
1-VIII “UKRIGS field record and site assessment”	47
1- IX Ficha elaborada por Panizza & Cannillo (1994)	65
1-X Ficha elaborada por Bertacchini et al. (1999)	67
1-XI Ficha elaborada por Bertacchini et al. (2003)	73
1-XII Ficha elaborada por Grandgirard (1996)	75
1-XIII Ficha elaborada por Berger & Grandgirard (1997)	77
1-XIV Ficha elaborada por Haaf (1995)	83
1-XV Ficha elaborada por ICONA (1975)	85
1-XVI Criterios de valoración y ficha PATRIGEO elaborados por IGME	87
1-XVII Ficha elaborada por el IGME (1982)	91
1-XVIII Ficha elaborada por ITGE (1988)	95
1-XIX Ficha elaborada por Tamés et al. (1991)	99
1-XX Ficha elaborada por ITGE (1995)	101
1-XXI Ficha elaborada por Rivas et al. (1995)	105
1-XXII Ficha elaborada por Barba et al. (1997)	107
1-XXIII Criterios propuestos por Cendrero (2000)	111
1-XXIV Ficha propuestas por Corvea Porrás et al. (2006)	117
1-XXV Listado del patrimonio mundial natural de UNESCO	121
1-XXVI Ficha para la base de datos IUGS-GEOSITES (2000)	127
1-XXVII Ficha elaborada por Progeo-Italia	135
1-XXVIII Directrices de evaluación para Global Geosites (2006)	147
1-XXIX Global Geoparks Network (2006)	149
1-XXX European Landscape Convention (2000)	159

Capítulo 3.- Selección, evaluación y clasificación, de los elementos del patrimonio geológico

3-I Listado de LIG para la región Cantabria	169
3-II Esquemas geológicos de Cantabria y Guipúzcoa	181
3-III Ficha utilizada en la 1ª encuesta	185
3-IV Ficha utilizada en la 2ª encuesta	189
3-V Ficha utilizada en la 3ª encuesta	193
3-VI Listados definitivos de LIG obtenidos a partir de la 1ª encuesta	199
3-VII Valoración de LIG	205
3-VIII Análisis factorial	211

Capítulo 4.- Integración de los valores intangibles de la geodiversidad en los procesos de evaluación ambiental

4-I Herramienta informática para el análisis del impacto visual	217
---	-----

Capítulo 5.- Puesta en valor

5-I Planos recuperación puente del Diablo	231
5-II Paneles diseñados para la “Senda del Diablo”	235
5-III Tríptico “Senda del Diablo”	243
5-IV Actividades educativas	247
5-V Catálogo fotográfico: “Objetivo Geodiversidad”	271
5-VI Ruta geológica del Camino de Santiago	341

