



TESIS DOCTORAL

**TRANSVERSALIDAD EDUCATIVA DEL CORREDOR VÍA
DE LA PLATA EN EXTREMADURA: ENSEÑANZA Y
APRENDIZAJE DE LAS GEOCIENCIAS A TRAVÉS DE
LOS RECURSOS PATRIMONIALES NATURALES,
HISTÓRICO-ARTÍSTICOS E INDUSTRIALES.**

Eduardo Rebollada Casado

PROGRAMA DE DOCTORADO

**Investigación en la Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias
Experimentales, Sociales, Matemáticas y la Actividad Física y
Deportiva**

2021

Conformidad del Director:

José María Corrales Vázquez

**La conformidad del director de la tesis consta en el original en
papel de esta Tesis Doctoral**

DEDICATORIA

A mi esposa e hijos.

A mis padres y hermanos.

A todos los docentes de las Geociencias.

AGRADECIMIENTOS

Al llegar al final de esta investigación doctoral quiero expresar mi agradecimiento a:

José María “Chema” de Pedro Corrales Vázquez, director de esta tesis doctoral, profesor titular de la Facultad de Formación del Profesorado de la Universidad de Extremadura, por su confianza, experiencia, tiempo y atención, como buen amigo que es.

Los docentes colaboradores de esta investigación, todos ellos profesionales de enseñanza pública en Extremadura, por su apoyo y el de sus departamentos y centros educativos. Asimismo, estoy muy agradecido a todos sus alumnos de 3º y 4º de Enseñanza Secundaria Obligatoria del curso 2016/17.

Juan Gil Montes y Diego Miguel Muñoz Hidalgo, ambos pertenecientes al Grupo de Defensa de la Vía de la Plata en Extremadura.

Ester Nieto Vidal, maestra del Colegio Público “Nuestra Señora de la Antigua”, de Mérida, por su amabilidad a la hora de enseñarme una de las experiencias educativas más fascinantes llevada a cabo en Extremadura.

Mis compañeros de la Junta de Extremadura, de la Universidad de Extremadura, de la Asociación Geológica de Extremadura, del Comité Educativo y Científico del Geoparque Villuercas Ibores Jara, de la Sociedad Geológica de España, de la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero, de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra y del Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de España. Entre todos ellos quiero destacar a los profesores eméritos Alfonso Mora Peña, Remedios Corral Rodríguez, José Manuel Rivero Martín, Santos Martín Sánchez, Juan Carlos Arrechea Miguel y Juan Gil Montes, así como a mis colegas y amigos Pedro Muñoz Barco, María Teresa de Tena Rey, Juan José Tejado Ramos, Francisco Fernández de la Llave, Alfonso de las Llanderas López, Luis Francisco Martínez Corrales, Francisco Javier Fernández Amo y Ester Boixereu Vila.

Mª Montaña Cardenal Domínguez, Enrique Rus Arias, Antonio Grajera y Sara Espina Hidalgo, a todos por su gran apoyo humano y técnico.

Y a todos aquellos que me han ayudado en mi labor investigadora.

RESUMEN

La investigación para la obtención del grado de Doctor, titulada “**Transversalidad educativa del corredor Vía de la Plata en Extremadura: enseñanza y aprendizaje de las geociencias a través de los recursos patrimoniales naturales, histórico-artísticos e industriales**”, se inició en el curso académico 2016-17 en varios centros educativos públicos de Educación Secundaria localizados en términos municipales sobre los que discurre la Vía de la Plata en Extremadura.

La investigación se encuadra dentro del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas en la Facultad de Formación del Profesorado de la Universidad de Extremadura, en concreto en el marco del Programa de Doctorado R017 (Investigación en la Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias Experimentales, Sociales, Matemáticas y la Actividad Física y Deportiva).

La salida de campo con los alumnos es un procedimiento educativo clave en la enseñanza de las Geociencias y parte integral de su *currículum*, convirtiéndose, junto con las actividades de laboratorio, en el contrapunto a la docencia teórica.

La investigación explora la utilidad de entornos urbanos y periurbanos con elementos patrimoniales, tanto naturales como no naturales, exteriores al aula en cualquier caso, para el mejor aprendizaje de las Geociencias (Ciencias de la Tierra / Geología) en 3º y 4º de Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO) en centros educativos públicos. Se han diseñado diversas intervenciones educativas consistentes en la preparación y realización de salidas fuera del aula, evaluándose la adquisición de conocimientos mediante el uso de cuestionarios.

La investigación demuestra que es posible lograr una mejora en la adquisición de conocimientos geocientíficos mediante las salidas *ex aula* por un entorno urbano o periurbano, siempre y cuando estén convenientemente diseñadas y planificadas por los departamentos docentes.

Palabras-clave: Ciencias de la Tierra [2.35], Enseñanza de la Geología [9783], Enseñanza de las Ciencias [63], Educación para el Desarrollo Sostenible [7775], Enseñanza al Aire Libre [9888], Recursos Naturales [2.65], Paisaje Cultural [7070], Aprendizaje Activo [1304], Material Didáctico [99].

ABSTRACT

The investigation to obtain the degree of Doctor, titled “**Transversalidad educativa del corredor Vía de la Plata en Extremadura: enseñanza y aprendizaje de las geociencias a través de los recursos patrimoniales naturales, histórico-artísticos e industriales**”, began in the 2016-17 academic year in several public Secondary Education centers located in municipalities on which the *Vía de la Plata* runs in Extremadura.

The research is framed within the Department of Didactics of Experimental Sciences and Mathematics in the Faculty of Teacher Training of the University of Extremadura, specifically within the framework of the R017 Doctoral Program (Research in Teaching and Learning of Sciences Experimental, Social, Mathematical and Physical and Sports Activity).

The field trip with the students is a key educational procedure in the teaching of geosciences and an integral part of their curriculum, becoming, together with the laboratory activities, the counterpoint to theoretical teaching.

The research explores the utility of urban and peri-urban environments with heritage elements, both natural and non-natural, outside the classroom in any case, for the better learning of Geosciences in 3rd and 4th years of Secondary Education in public educational centers. Various educational interventions have been designed consisting of preparing and conducting outings outside the classroom, evaluating the acquisition of knowledge through the use of questionnaires.

Research shows that it is possible to achieve an improvement in the acquisition of geoscientific knowledge through outdoor classroom in urban or peri-urban environments, as long as they are suitably designed and planned by the teaching departments.

Key-words: Earth Sciences [2.35], Geology Education [9783], Science Education [63], Education for Sustainable Development [7775], Outdoor Education [9888], Natural Resources [2.65], Cultural Landscapes [7070], Experiential Learning [1304], Teaching Materials [99].

ÍNDICE

	Página
<u>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN</u>	1
<u>1.1. Antecedentes</u>	3
<u>1.2. Justificación</u>	10
<u>1.2.2.- Un marco de intervención: la Educación para el Desarrollo Sostenible</u>	15
<u>1.3.- Descripción detallada del proceso de investigación</u>	21
<u>1.3.1.- Selección de centros educativos</u>	25
<u>1.3.2.- Elementos didácticos</u>	26
<u>1.3.3.- Destinatarios</u>	27
<u>1.4.- Objetivos</u>	28
<u>1.5.- Estructura de la tesis doctoral</u>	29
<u>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO</u>	35
<u>2.1. Los recursos geocientíficos en Extremadura</u>	35
<u>2.1.1.- Antecedentes históricos y bibliográficos</u>	35
<u>2.1.2.- Descripción del substrato geológico de Extremadura</u>	38
<u>2.1.3.- La Geología como recurso</u>	47
<u>2.1.3.1.- Recursos geomineros</u>	48
<u>2.1.3.2.- Recursos culturales y turísticos</u>	49
<u>2.1.3.3.- Recursos educativos</u>	51
<u>2.1.3.4.- Experiencias didácticas en Extremadura relacionadas con las Geociencias y la Geodiversidad</u>	53
<u>2.1.3.5.- Geología: una experiencia educativa fuera de las aulas</u>	64
<u>2.2. La Vía de la Plata</u>	70
<u>2.2.1.- Introducción</u>	71
<u>2.2.2.- Reseña histórica</u>	73
<u>2.2.3.- Materiales geológicos y características constructivas de las calzadas</u>	75
<u>2.2.4.- Integrando el patrimonio cultural en el patrimonio natural</u>	78
<u>2.2.5.- Ordenamiento normativo y administrativo</u>	83
<u>2.2.6.- La Vía de la Plata como espacio educativo</u>	87
<u>2.2.6.1.- Experiencias educativas llevadas a cabo en Extremadura relacionadas con la Vía de la Plata</u>	89
<u>2.3. Didáctica de las Geociencias en Extremadura</u>	95
<u>2.3.1.- Antecedentes históricos de la Enseñanza de las Ciencias</u>	95
<u>2.3.2.- Historia de la Enseñanza de las Geociencias y su repercusión en España</u>	98
<u>2.3.3.- Las Geociencias en el sistema educativo: de la Enseñanza de la Geología a la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra</u>	105

<u>2.3.4.- Experiencias didácticas formales fuera del aula en la Enseñanza de las Geociencias</u>	115
<u>2.3.4.1.- Aspectos positivos y ventajas de las salidas de campo en la enseñanza de las Geociencias</u>	119
<u>2.3.4.2.- Desventajas de las salidas de campo en la Enseñanza de las Geociencias</u>	
<u>2.4.- Otros recursos educativos</u>	
<u>2.4.1.- Libros de texto</u>	124
<u>2.4.2.- Herramientas tecnológicas para la enseñanza de las Geociencias</u>	126
<u>2.4.3.- Mapas conceptuales como apoyo a la Enseñanza de las Geociencias</u> ...	128
<u>2.5.- La investigación cuantitativa a través de cuestionarios aplicados a la evaluación del proceso de Enseñanza-Aprendizaje en Geociencias</u>	133
<u>2.5.1.- Índices de medición de la consistencia en cuestionarios cognitivos aplicados a la evaluación de la Enseñanza-Aprendizaje en Geociencias</u>	135
<u>2.6.- Estadística general aplicada a la investigación del proceso de Enseñanza-Aprendizaje en Geociencias</u>	141
<u>CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</u>	151
<u>3.1.- Introducción</u>	151
<u>3.2.- Diseño metodológico</u>	153
<u>3.3.- Objetivos</u>	159
<u>3.4.- Población y muestra</u>	160
<u>3.4.1.- Centros educativos</u>	160
<u>3.4.2.- Edad de los sujetos</u>	162
<u>3.5.- Materiales educativos</u>	163
<u>3.6.- Diseño y realización del cuestionario</u>	164
<u>3.6.1.- Validación del cuestionario</u>	166
<u>3.6.2.- Diseño del cuestionario</u>	166
<u>3.7.- Diseño de los itinerarios</u>	168
<u>3.7.1.- Preparación previa a la salida</u>	169
<u>3.7.2.- Realización de la salida</u>	171
<u>3.7.3.- Posteriormente a la salida</u>	172
<u>3.8.- Diseño del análisis de los datos</u>	172
<u>3.8.1.- Hipótesis para el análisis</u>	173
<u>3.8.2.- Base de datos y variables</u>	174
<u>3.8.3.- Metodología de las pruebas</u>	175
<u>3.8.3.1.- Índices de facilidad y discriminación</u>	175
<u>3.8.3.2.- Análisis descriptivo</u>	176
<u>3.9.- Evaluación de la experiencia y la eficacia de la salida fuera del aula</u>	179
<u>CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	183
<u>4.1.- Análisis del grupo de control</u>	184
<u>4.1.1.- Validez de la prueba en el grupo de control</u>	184

<u>4.1.2.- Análisis descriptivo de la muestra y resultados del pre-test en el grupo de control</u>	186
<u>4.1.2.1.- Datos desglosados por género y curso en el grupo de control</u>	187
<u>4.1.3.- Análisis comparativo entre el pre-test y el post-test del grupo de control</u>	190
<u>4.2.- Análisis de los resultados de la investigación en el pre-test. Muestra completa</u>	193
<u>4.2.1.- Índices de facilidad y discriminación en el pre-test</u>	193
<u>4.2.2.- Análisis descriptivo de los alumnos del pre-test</u>	194
<u>4.2.3.- Calificaciones obtenidas en el pre-test</u>	196
<u>4.2.4.- Calificaciones desglosadas por género y curso en el pre-test</u>	197
<u>4.3.- Resultados comparativos entre el pre-test y el post-test en la muestra depurada</u>	200
<u>4.3.1.- Análisis descriptivo y contraste de hipótesis de “Aprobados / Suspenso”</u>	201
<u>4.3.2.- Análisis descriptivo y contraste de hipótesis de las variables “Calificaciones” y “Nivel de calificación”</u>	202
<u>4.3.3.- Análisis descriptivo y contraste de hipótesis de la variable “Nivel de calificación”. Valores globales y desagregados por género y curso</u>	206
<u>4.4.- Efectos de la intervención educativa en los alumnos por cuartil</u>	208
<u>4.4.1.- Análisis descriptivo del grupo perteneciente al primer cuartil</u>	208
<u>4.4.2.- Análisis del grupo perteneciente al tercer cuartil</u>	211
<u>4.5.- Discusión</u>	212
<u>CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN</u>	217
<u>5.1. Conclusiones</u>	218
<u>5.2.- Limitaciones</u>	221
<u>5.3. Líneas de investigación</u>	222
<u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	227
<u>ANEXOS</u>	261

LISTADO DE ACRÓNIMOS Y SIGLAS

ABP Aprendizaje Basado en Proyectos

AEPECT Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra

AEQUA Asociación Española para el Estudio del Cuaternario

AGEx Asociación Geológica de Extremadura

APA American Psychological Association

APICE Asociación Española de Profesores e Investigadores en Didáctica de las Ciencias Experimentales

ARCE Agrupaciones y Redes de Centros Educativos

BIC Bien de Interés Cultural

CEIP Centro de Educación Infantil y Primaria

COGE Commission on Geoscience Education

COMA Curso Online Masivo en Abierto

COSCE Confederación de Sociedades Científicas de España

COVID-19 Pandemia SARS-CoV-2

CPR Centro de Profesores y Recursos

CRA Centro Rural Agrupado

CTS Ciencia Tecnología Sociaedad

DeSeCo Definition and Selection of Competencies

ECBI Enseñanza de las Ciencias Basadas en la Indagación

ECTS European Credit Transfer and Accumulation System

EDS Enseñanza para el Desarrollo Sostenible

EEES Espacio Europeo de Educación Superior

EH Escuela Hogar

ENCIENDE Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica escolar para edades tempranas en España

ESO Educación Secundaria Obligatoria

ETCOTE Escuelas Taller / Casas de Oficios / Talleres Escuela

EURYDICE Red de Información Educativa en Europa

GCI Geoscience Concept Inventory

GIS Geographical Information System

GTAT Geologic Time Aptitude Test

IAEEA International Association for the Evaluation of Educational Achievement

IAPG (International Association for Promoting Geoethics)

ICE Instituto de Ciencias de la Educación

ICILS International Computer and Information Literacy Study (Estudio Internacional sobre Competencia Digital)

ICOG Ilustre Colegio Oficial de Geólogos

IDEEEX Infraestructura de Datos Espaciales de Extremadura

IeS Investigación en Secundaria

IES Instituto de Enseñanza Secundaria

IESO Instituto de Enseñanza Secundaria Obligatoria

IGME Instituto Geológico y Minero de España

ILE Institución Libre de Enseñanza

INHIGEO International Commission on the History of Geological Sciences

INTROMAC Instituto Tecnológico de Rocas Ornamentales y Materiales de Construcción

IUCN International Union for Conservation of Nature and Natural ReservesLIP

LOCE Ley Orgánica de la Calidad de la Educación

LODE Ley Orgánica Reguladora del Derecho a la Educación

LOE Ley Orgánica de Educación

LOECE Ley Orgánica por la que se regula el Estatuto de Centros Escolares

LGE Ley General de Educación

LOGSE Ley Orgánica General del Sistema Educativo

LOPEG Ley Orgánica de Participación, Evaluación y Gobierno de los Centros Educativos

LIFT Landscape Identification and Formation Test

LOMCE Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa

LOMLOE Ley Orgánica de Modificación de la LOE

MAGNA Mapa Geológico Nacional

MOODLE (Module Object-Oriented Dynamic Learning Environment)

MOOC Massive Open Online Course

NAEP National Assesment of Educational Progress

OCDE Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

ODS Objetivos de Desarrollo Sostenible

ONU Organización de las Naciones Unidas

PDA Personal Digital Assistant

PIAAC Programme for International Assesment of Adult Competences (Programa para la Evaluación Internacional de las Competencias de Adultos)

PIGS Portugal, Italy, Greece and Spain –Portugal, Italia, Grecia y España–

PIRLS Progress in International Reading Literacy Study (Estudio Internacional de Progreso en Comprensión Lectora)

PISA Programme for International Student Assessment

PNUMA Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

REDINET Red de Información Educativa

RSEHN Real Sociedad Española de Historia Natural

SARS-CoV 2 Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2

SEDPGYM Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero

SEG Sociedad Española de Geomorfología

SEM Sociedad Española de Mineralogía

SEP Sociedad Española de Paleontología

SGE Sociedad Geológica de España

SSI Socio-scientific issues

STEM Science Technology Engineering Mathematics

TIC Tecnologías de la Información y la Comunicación

TALIS Teaching and Learning International Study (Estudio Internacional sobre Enseñanza y Aprendizaje)

TEDS-M Teacher Education and Development Study in Mathematics (Estudio Internacional sobre la Formación Inicial en Matemáticas de los Maestros)

TIMSS Trends in International Mathematics and Science Study

UE Unión Europea

UICN Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

UNED Universidad de Educación a Distancia

UNESCO United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization / Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

WCED World Commission on Environment and Development

WWF World Wildlife Found (Fondo Mundial para la Naturaleza)

LISTADO DE FIGURAS

	Página
Figura 1-1. Esquema seguido en la realización de la Tesis Doctoral.....	3
Figura 1-2. Ideas disciplinares de las Ciencias de la Tierra o Geociencias.....	4
Figura 1.3.- Importancia de la enseñanza de las Geociencias.....	6
Figura 1-4. Logos de los diecisiete ODS.....	16
Figura 1-5. Patrimonio de la Humanidad en Extremadura.....	19
Figura 1-6. Potencial educativo de las Geociencias en el medio natural, industrial, rural y urbano.....	22
Figura 1-7. Mapa de Extremadura, con el trazado de la Vía de la Plata y las dieciséis localidades donde se ubican los centros educativos participantes en la investigación.....	24
Figura 2-1. Mapa geológico de Extremadura.....	38
Figura 2-2. Columna crono-estratigráfica.....	40
Figura 2-3. Zonificación del Macizo Hespérico.....	41
Figura 2-4. Mapa de relieve de Extremadura.....	44
Figura 2-5. Mapa de dominios geomorfológicos y paisajes.....	46
Figura 2-6. Geolodías llevados a cabo en España.....	65
Figura 2-7. Geolodías llevados a cabo en Extremadura (letra negrita) hasta la fecha.....	66
Figura 2-8. Carteles anunciadores de Geolodía en las ciudades de Cáceres y Plasencia.....	68
Figura 2-9. La Vía de la Plata y otras vías romanas en Hispania.....	71
Figura 2-10. Construcción de una calzada romana.....	76
Figura 2-11. Izquierda: miliarios procedentes de la Vía de la Plata, colocados recientemente junto a la iglesia de Carcaboso. Derecha: miliario correo (Aldea del Cano).....	77
Figura 2-12. Delimitación del Bien de Interés Cultural “Vía de la Plata”.....	84
Figura 2-13. Proyecto Alba Plata y sus intervenciones.....	85
Figura 2-14. Carátulas de dos folletos de centros de interpretación con elementos patrimoniales industriales de la Vía de la Plata en Extremadura.....	86
Figura 2-15. Leyes educativas españolas.....	101
Figura 2-16. Itinerario de enseñanzas.....	114

Figura 2-17. Mapa conceptual estándar que puede utilizarse en cualquier intervención educativa en el medio urbano.....	128
Figura 2-18. Mapa conceptual sobre el “Mapa conceptual”.....	129
Figura 2-19. Distribución “normal” adoptada para el cálculo del índice de discriminación.....	139
Figura 2-20. Variables utilizadas en Estadística Descriptiva.....	144
Figura 2-21. Pruebas de contraste más comunes.....	145
Figura 2-22. Contrastes de hipótesis.....	148
Figura 3-1. Esquema de la investigación llevada a cabo.....	151
Figura 3-2. Desarrollo metodológico seguido.....	156
Figura 3-3. Esquema general de la investigación.....	157
Figura 3-4. Ideas geocientíficas sintetizadas utilizadas en los materiales elaborados de cara a las intervenciones educativas.....	159
Figura 3-5. Materiales y herramientas utilizados durante las salidas didácticas...	164
Figura 3-6. Cuestionario cognitivo (parte).....	165
Figura 3-7. Relaciones entre el tipo de pregunta del cuestionario y las ideas claves.	167
Figura 3-8. Esquema de decisión de pruebas estadísticas estándares aplicables...	177
Figura 4-1. Índices de facilidad y discriminación para el grupo de control.....	184
Figura 4-2. Proporciones desglosadas por género, curso y aprobado-suspenso del grupo de control.....	186
Figura 4-3. Porcentajes de niveles de calificación.....	187
Figura 4-4. Clasificación de aprobado/suspenso por género y curso.....	188
Figura 4-5. Nivel de calificación del grupo de control por género y curso.....	189
Figura 4-6. Diagramas de barras para aprobado o suspenso, pre-test y post-test del grupo de control.....	190
Figura 4-7. Porcentaje de dificultad de cada ítem sobre el total.....	194
Figura 4-8. Clasificación de la muestra pre-test por género y curso. Porcentaje sobre el total.....	195
Figura 4-9. Clasificación de la muestra por centro educativo. Porcentaje sobre el total.....	195
Figura 4-10. Clasificación de la muestra por centro educativo, género y curso. Porcentaje sobre el total.....	196

Figura 4-11. Alumnos aprobados y suspensos y por nivel de calificación. Clasificación por género. Porcentaje sobre el total.....	197
Figura 4-12. Aprobados y suspensos por género y curso. Porcentaje sobre el total.....	198
Figura 4-13. Alumnos nivel de calificación por género y curso. Porcentaje sobre el total.....	198
Figura 4-14. Alumnos aprobados/suspensos y nivel de calificación por género y curso. Porcentaje sobre el total.....	199
Figura 4-15. Resultados pre-test y post-test: Aprobados-Suspensos, globales y desglosados por género y curso. Porcentajes sobre total.....	201
Figura 4-16. Histograma de calificación global y por género con curva de distribución normal. Pre-test (T1) y post-test (T2).....	204
Figura 4-17. Resultados pre-test y post-test nivel de calificación. Globales y desglosado por género y curso. Porcentajes sobre total.....	206
Figura 4-18. Clasificación por curso de los alumnos del primer cuartil.....	208
Figura 4-19. Aprobados y suspensos. Alumnos del primer cuartil. Porcentaje sobre el total.....	210
Figura 4-20. Nivel de calificación global y por curso de los alumnos del primer cuartil.....	211

LISTADO DE TABLAS

	Página
Tabla 1-1. Tipos de salidas de campo y participación del profesorado y del alumnado.....	5
Tabla 1-2. Evaluación del proceso de enseñanza.....	12
Tabla 1-3. Dimensiones y capacidades que integran la competencia científica...	13
Tabla 1-4. Los cuatro interrogantes para responder a los objetivos de una salida de campo.....	14
Tabla 1-5. Términos municipales a los que actualmente se vincula la Vía de la Plata.....	23
Tabla 1-6. Centros educativos seleccionados, con las localidades de adscripción.....	25
Tabla 1-7. Recursos para la didáctica geocientífica utilizados en las diferentes rutas realizadas por las dieciséis localidades seleccionadas.....	27
Tabla 1-8. Alumnado participante en la experiencia educativa.....	28
Tabla 1-9. Resumen de objetivos.....	29
Tabla 1-10. Cronograma del proceso de investigación.....	32
Tabla 2-1. Grandes conjuntos del relieve y ejemplos.....	45
Tabla 2-2. Proyectos educativos de geociencias galardonados.....	54
Tabla 2-3. Algunos elementos destacados de estilos arquitectónicos en la Vía de la Plata.....	79
Tabla 2-4: Centros educativos de Extremadura participantes en el proyecto “La escuela adopta un monumento” durante el curso 2014/15.....	94
Tabla 2-5. Dimensiones y capacidades que integran la competencia científica...	97
Tabla 2-6. Estudios internacionales más destacados que se llevan a cabo para la evaluación educativa.....	109
Tabla 2-7.- Dimensiones y destrezas científicas de PISA.....	110
Tabla 2-8.- Ideas-clave para la alfabetización en Ciencias de la Tierra.....	111
Tabla 2-9. Importancia de las rutas geo-monumentales.....	116
Tabla 2-10. Ventajas de las salidas de campo.....	119
Tabla 2-11. Caracterización de las prácticas de campo.....	121

Tabla 2-12. Pasos que deben seguirse en el proceso de creación de mapas conceptuales.....	130
Tabla 2-13. Categorías de análisis de la calidad del mapa conceptual.....	131
Tabla 2-14. Normas de redacción de ítems en cuestionarios cognitivos.....	134
Tabla 2-15. Baremo de evaluación del Índice de Facilidad / Dificultad.....	138
Tabla 2-16. Baremo para el Índice de Discriminación.....	139
Tabla 2-17. Ventajas e inconvenientes de las pruebas objetivas.....	140
Tabla 3-1. Revisión bibliográfica llevada a cabo en la presente investigación....	154
Tabla 3-2. Integración de la intervención educativa en la programación de la/s asignatura/s.....	158
Tabla 3-3.- Datos de población y muestra de alumnado de 3º y 4º de ESO en Extremadura.....	161
Tabla 3-4. Alumnado participante en la experiencia educativa.....	162
Tabla 3-5. Resumen de los recursos utilizados en las intervenciones educativas..	169
Tabla 3-6. Ejemplo de estructura de las paradas.....	171
Tabla 3-7. Hipótesis de la investigación.....	173
Tabla 3-8. Aprobado/Suspenso y nivel de calificaciones de la prueba.....	174
Tabla 3-9. Clasificación de las variables utilizadas.....	175
Tabla 3-10. Ficha técnica de la investigación.....	176
Tabla 3-11. Cuestionario para documentar sus experiencias y percepciones tras la realización de las salidas fuera del aula.....	180
Tabla 4-1. Estadísticos descriptivos del índice de facilidad.....	185
Tabla 4-2. Estadísticos descriptivos del índice de facilidad.....	186
Tabla 4-3. Estadísticos descriptivos de calificación del grupo de control.....	187
Tabla 4-4. Estadísticos descriptivos, prueba de normalidad y contraste de hipótesis de la calificación en el pre-test del grupo de control. Datos desglosados por género y curso.....	189
Tabla 4-5. Estadísticos descriptivos calificaciones pre-test y post-test (grupo de control).....	191
Tabla 4-6. Estadísticos descriptivos calificación. Desglose por género y curso. Pre-test y post-test. Grupo de control. Valores absolutos.....	192
Tabla 4-7. Nivel de calificación pre-test y post-test y contraste U-Mann-Whitney. Desglose por género y curso (grupo de control).....	192

Tabla 4-8. Estadísticos descriptivos de índices de facilidad y discriminación.....	194
Tabla 4-9. Contraste de hipótesis “Aprobado/suspenso” por género y curso del pre-test. Prueba Chi Cuadrado.....	197
Tabla 4-10. Contraste de hipótesis nivel de calificación pre-test. Prueba de U de Mann-Whitney.....	200
Tabla 4-11. Contraste Chi Cuadrado aprobados/suspensos, dato global, desglosado por género y curso.	202
Tabla 4-12. Estadísticos descriptivos calificaciones pre-test y post-test. Datos globales, desglose por género y curso.....	203
Tabla 4-13. Contraste de hipótesis prueba de Wilcoxon para calificaciones entre el pre-test y el post-test. Datos globales y desglose por género y curso.....	206
Tabla 4-14. Prueba de los rangos de Wilcoxon para nivel de calificación.....	207
Tabla 4-15. Estadísticos descriptivos, prueba de Wilcoxon y de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. Primer cuartil.....	209
Tabla 4-16. Prueba Chi Cuadrado para porcentaje de aprobados y suspensos. Primer cuartil. Datos absolutos.....	210
Tabla 4-17. Prueba de Wilcoxon para nivel de calificación. Primer cuartil.....	211

LISTADO DE ANEXOS

	Página
Anexo I: Competencias, contenidos y actividades previas, durante y después de la salida de campo.....	262
Anexo II: Objetivos para el Desarrollo Sostenible y metas.....	265
Anexo III: Conocimientos relacionados con las geociencias incluidos en los currículos oficiales de Secundaria.....	271
Anexo IV: Materiales educativos elaborados para los Geología celebrados en Extremadura.....	275
Anexo V: Ideas-clave para la alfabetización en Ciencias de la Tierra.....	303
Anexo VI: Carta del director de la tesis doctoral y del investigador a los directores de los veintidós centros educativos seleccionados.....	308
Anexo VII: Instrucciones enviadas a los equipos docentes participantes en la investigación.....	312
Anexo VIII: Centros educativos de Extremadura. Curso 2016/17.....	318
Anexo IX: Equipos docentes intervinientes.....	320
Anexo X: Material suministrado (presentaciones) a los equipos docentes para preparación de su alumnado previamente a la “salida de campo”.....	321
Anexo XI: Mapas conceptuales elaborados para su utilización en la unidad didáctica y en la intervención educativa.....	327
Anexo XII: Decálogo de conducta para las salidas fuera del aula.....	335
Anexo XIII: Cuestionario utilizado en la evaluación y plantilla de examen.....	336
Anexo XIV: Itinerarios realizados.....	341
Anexo XV: Tablas con resultados estadísticos (salidas desde SPSS).....	351



“Las ciencias de la naturaleza tienen como principal laboratorio la naturaleza misma”

(Eduardo Hernández-Pacheco, 1934)

Imagen del autor

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

En esta tesis doctoral realizamos una investigación partiendo de la premisa de la validez de las salidas fuera del aula como método de mejora de los conocimientos de los alumnos, además de herramienta de trabajo para los docentes y de utilidad para el propio sistema educativo.

Enmarcada en experiencias educativas no formales e informales desarrolladas desde hace más de diez años en España (Geolodía, Hidrogeodía, Apadrina una Roca...), esta investigación tiene como precursor el Trabajo Fin de Máster Universitario en Investigación en la Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias Experimentales, Sociales y las Matemáticas de la Universidad de Extremadura durante el curso 2014-15, titulado *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias geológicas a partir de los recursos que ofrece el patrimonio de las ciudades: el caso de Cáceres* (<http://dehesa.unex.es/handle/10662/3471>) (Rebollada, 2015).

En dicho trabajo preliminar diseñamos una metodología de análisis cuantitativo de las variaciones cognitivas producidas en alumnos universitarios de la Facultad de Formación del Profesorado (Universidad de Extremadura) al realizar salidas fuera del aula. También incluimos algunos muestreos indagatorios en alumnos de Enseñanza Secundaria en diversos centros educativos de Cáceres.

Después de haber observado implicaciones interesantes en ámbitos curriculares no universitarios, decidimos abordar una investigación de similares características con una importante muestra de alumnos de Educación Secundaria de Extremadura, eligiendo para ello centros educativos ubicados en un entorno patrimonial, siendo el referente por excelencia en Extremadura la Vía de la Plata, declarada en diciembre de 1997 Bien de Interés Cultural con la categoría de Sitio Histórico.

Esta infraestructura patrimonial ha sido estudiada por Maldonado (2010) por sus posibilidades educativas y su potencial aprovechamiento pedagógico, en el Trabajo Fin de

Máster titulado “La Vía de la Plata: posibilidades educativas y aprovechamiento pedagógico de un proyecto cultural, turístico y de ocio”.

En esta misma línea ha habido otros pocos trabajos que han utilizado la Vía de la Plata como referente educativo, como los de Corrales y Maldonado (2012), Rebollada et al. (2017a, 2018a y 2018b) y Maldonado et al. (2018).

La investigación que ha dado lugar a esta tesis doctoral ha servido para profundizar en el estudio bibliográfico realizado inicialmente en 2014/15 para el Trabajo de Fin de Máster (Rebollada, 2015) sobre la didáctica de las Geociencias en Extremadura, revisando y añadiendo, entre otras, la parte correspondiente a los recursos geocientíficos y al propio conocimiento de la Vía de la Plata como recurso educativo en sí mismo.

Las principales diferencias entre la investigación realizada en estos últimos años con la original culminada en 2015 son las siguientes:

1) El ámbito geográfico, que ha pasado de ser local (Ciudad Vieja de Cáceres) a ser el conjunto de la Vía de la Plata (incluyendo dieciséis localidades repartidas en aproximadamente 300 kilómetros de recorrido vertebrando Extremadura de sur a norte: Monesterio, Fuente de Cantos, Los Santos de Maimona, Zafra, Villafranca de los Barros, Almendralejo, Mérida, Alcuéscar, Montánchez, Cáceres, Casar de Cáceres, Garrovillas de Alconétar, Galisteo, Plasencia, Zarza de Granadilla y Hervás).

2) El nivel educativo, puesto que en la investigación preliminar se centró en niveles universitarios, mientras que en la actual se ha vinculado a la Enseñanza Secundaria.

Como similitud destacable, señalar que en ambas investigaciones se ha focalizado el análisis, incluyendo su metodología, en centros educativos públicos, descartando los centros privados y concertados por la incertidumbre que planteaban a la hora del muestreo y adquisición de datos. Otro aspecto que han seguido ambas investigaciones (la de alumnos de Universidad y la de alumnos de Secundaria) ha sido la realización de salidas fuera del aula por las éras urbanas, utilizando ciertos elementos patrimoniales para la enseñanza y el aprendizaje de las Geociencias.

Todo ello ha dado como resultado una investigación amplia a nivel estadístico (una muestra de 727 alumnas y alumnos), formal desde un punto de vista curricular (3º y 4º de

Educación Secundaria) y novedosa por el método elegido, al aplicar la salida de campo a entornos antropizados (figura 1-1).

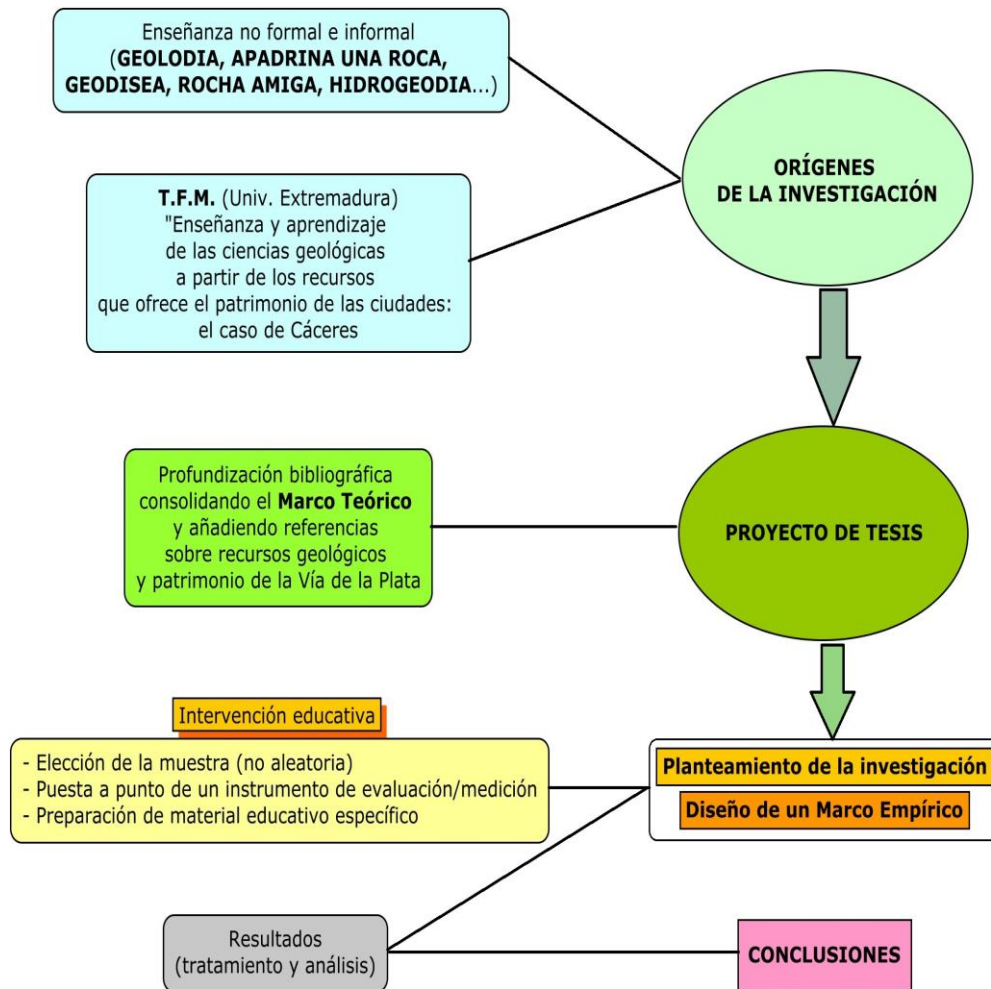


Figura 1-1. Esquema seguido en la realización de la Tesis Doctoral

1.1.- Antecedentes.

A finales del siglo XX, prácticamente coincidiendo con otras iniciativas similares, como los *Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales* (Perales, 2012), se generalizaron en España proyectos que buscaban reflexionar sobre las perspectivas educativas de la Geología. Hubo trabajos interesantes en esta línea, como el del Grupo ZOE, equipo formado por María Luisa Bermúdez, Ana María Gallego, Alicia Faure, Felisa Gómez, Isabel Lorenzo y Amparo Segura, quienes elaboraron un muy útil trabajo destinado a la enseñanza y el aprendizaje de la Geología en el marco de la Ley Orgánica del Derecho a la Educación (LODE) (Bermúdez et al., 1986). No obstante, la experiencia más reseñable,

bajo nuestro punto de vista debido a su alcance mediático, fue la celebración en 1980 por parte de la Universidad Complutense de Madrid del *1^{er} Simposio Nacional sobre Enseñanza de la Geología* (Rebollada et al., 2017b:11). En estos años hubo una corriente comprometida con la didáctica de las geociencias, entre los que cabe destacar los simposios sobre la Enseñanza de las Ciencias Naturales celebrados en Cataluña a partir de 1986 o el Congreso de Docentes en Ciencias de la Naturaleza, cuya primera edición tendría lugar en 2010 (González y Baratas, 2011).

En el 1^{er} Simposio Nacional sobre Enseñanza de la Geología (1980) comenzaron a utilizarse términos como Ciencias de la Tierra y Geociencias como sustitutos de Geología o Ciencias Geológicas, citándose, entre otras, materias como geofísica, geoquímica, geocronología, etc. (figura 1-2).

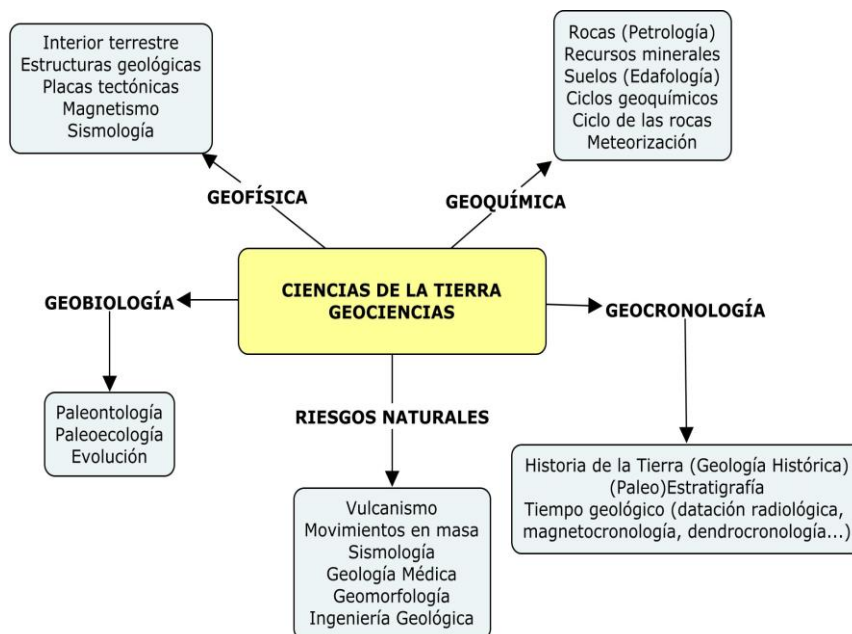


Figura 1-2. Ideas disciplinares de las Ciencias de la Tierra o Geociencias

En este congreso las inquietudes de los docentes quedaron de manifiesto gracias a las propias experiencias presentadas como ejemplos en la práctica y desarrollo de la profesión educativa. Resulta evidente que el gran número de trabajos presentados pretendía, al menos en parte, ir cubriendo el vacío existente en este ámbito, ya que en la didáctica en general y muy particularmente en la didáctica de las ciencias, estaba consolidándose por aquellos años una tendencia hacia los procedimientos indagatorios en el docente, a través del constructivismo y el aprendizaje significativo, dejando atrás la enseñanza magistral y memorística aún habitual en España por aquel entonces.

En el caso de las experiencias enfocadas en la clase práctica, en este 1^{er} Simposio hubo tres ponencias, con nueve más dedicadas a las salidas de campo. El éxito de este Simposio daría lugar a la celebración de otros muchos: Gijón (1982). Barcelona (1984), Vitoria (1986), Alcalá de Henares (1988), Tenerife (1990), Santiago de Compostela (1992), Córdoba (1994), La Rioja (1996), Mallorca (1998), Santander (2000), Girona (2002), Alicante (2004), Aveiro (2006), Guadalajara (2008), Teruel (2010), Huelva (2012), Bilbao (2014), Manresa (2016), Menorca (2018) y Guadix (2020). Todos estos simposios se celebraron en gran parte gracias a la creación en 1990 de la Asociación para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (AEPECT), que aún hoy sigue auspiciando dichos eventos, con gran éxito de participación y resultados, que van quedando registrados en la revista *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, que se publica periódicamente.

A partir de 1980 las investigaciones sobre el trabajo práctico de campo tendrían como referente, inicialmente, al alumnado y después, casi inmediatamente, al profesorado. Se trataba de propuestas investigadoras que intentaban diseñar actividades prácticas fuera del aula, en la mayoría de los casos de carácter descriptivo y en las que el alumno no sería necesariamente parte activa en la creación de conocimiento, sino su destinatario (Rebollada et al., 2017b). Fruto de dichas propuestas se describen actualmente tres grandes tipos de enseñanza-aprendizaje en las salidas de campo: dirigida (denominada también tradicional, comentada, descriptiva, guiada, transmisiva...), semidirigida (denominada también por descubrimiento guiado o dirigido, itinerario didáctico...) y no dirigida (abierta, investigativa, autónoma, independiente, planeamiento de problemas...) (Tabla 1-1).

Tabla 1-1. *Tipos de salidas de campo y participación del profesorado y del alumnado*

TIPO DE SALIDA	RELACIÓN PROFESOR-ALUMNO
Dirigida (clásica, tradicional, transmisiva o “cicerone”)	Los alumnos redescubren los conceptos y hechos que el profesor pretendía desde el principio. El grado de participación del alumno se limita a observar, escuchar y anotar.
Semidirigida (descubrimiento guiado, itinerario didáctico)	Con guion: el profesor es el definidor de reglas y el sintetizador; mientras que el alumno sería el investigador. Sin guion: alumnos protagonistas, orientados por el profesor.
No dirigida (alternativa, autodirigida, autónoma o independiente)	El profesor es el sugeridor; el alumno es el investigador. Los alumnos asumen la planificación y el desarrollo de toda la actividad.

Fuente: Elaborado a partir de Morcillo et al. (1997:70)

En el espacio intermedio (tipo de salida de campo semidirigida, es decir, donde los alumnos son protagonistas, aunque orientados por el profesor) deberían transcurrir las

actividades de campo y en esa línea se iniciaron numerosas investigaciones a finales del siglo XX (Morcillo et al., 1997; Rodrigo et al., 1999) y comienzos del siglo XXI, innovando sobre los procedimientos para conseguir una metodología mixta, si cabe más constructivista, y en la que aún hoy se sigue investigando (Domènech, 2015), como aprendizaje combinado (*blended learning*), tutoriales entre alumnos, gamificación, etc.

La salida de campo o actividad educativa fuera del aula (“*out-door*” en la terminología anglosajona) puede englobar visitas a museos, centros de interpretación, jardines y demás zonas verdes urbanas, centros de investigación y tecnológicos, etc.

La salida de campo es una actividad que se realiza cada vez con menos frecuencia, debido a varios motivos relacionados con el profesorado (responsabilidad, bajo grado de satisfacción, falta de formación y falta de planificación y metodología adecuadas), aunque en el trasfondo de todo está un sistema educativo que también ha ido obstaculizando directa o indirectamente las actividades fuera del aula (Casas et al., 2016:214). López (2007), en la línea de otros autores, como Pulgarín (1998), propone una metodología basada en la contextualización constructivista de la enseñanza-aprendizaje, para reflexionar y ejercitar destrezas que permitan superar las dificultades inherentes propias de las actividades fuera del aula.

Aunque se lleven a cabo en ámbitos geográficos muy concretos (por ejemplo, un parque), las salidas de campo ofrecen a los profesores una poderosa estrategia educativa en un contexto lo suficientemente transversal y multidisciplinar para el desarrollo curricular de las geociencias (Morón et al., 2012; Guffey et al., 2016) (figura 1.3).

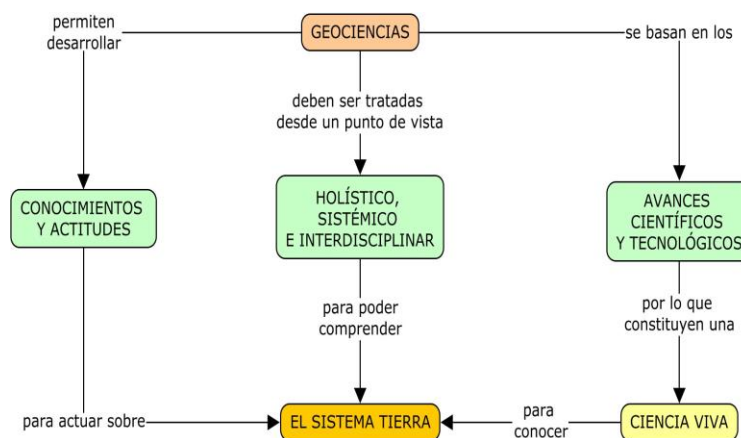


Figura 1.3. *Importancia de la enseñanza de las Geociencias.* Fuente: *Elaborado a partir de Morón et al. (2012).*

Con la salida fuera de las aulas se trata de evaluar no sólo el trabajo de campo, sino también su eficacia como herramienta de aprendizaje y enseñanza. Esta idea conecta con los propósitos que apuntan Sorrentino y Bell en 1970 (Aguilera, 2018:3103-2) para los alumnos que realizan las salidas, por ser propiciadoras de experiencia, estímulo de su interés y motivación hacia las ciencias, atribuyendo relevancia al aprendizaje de estas, desarrollando las habilidades de observación y percepción y favoreciendo el desarrollo personal y social.

Aquel periodo, entre el siglo XX y el XXI, en el que comienza una reflexión investigadora por parte de los docentes de las Ciencias Geológicas, coincide con el auge del ambientalismo moderno. En el caso de las Geociencias, todo lo relacionado con los recursos que el ser humano utiliza en el desarrollo de sus actividades conlleva una incidencia sobre el medio ambiente (impacto o huella), lo que las hace sostenibles o insostenibles.

En la actualidad dicho impacto se evalúa para que el aprovechamiento de los recursos naturales no suponga un deterioro ambiental por encima del umbral que se considere inapropiado superar, técnica, social y legalmente: es lo que se ha dado en denominar “desarrollo sostenible”.

Al hilo de esto último, resulta adecuado comentar igualmente otro término, “ordenación del territorio”, un sistema teórico-práctico que planifica los valores intrínsecos de un territorio en su conjunto respecto a las actividades que admitiría (usos vocacionales), con lo que se introduce un último concepto, “capacidad de acogida”, claramente relacionado con el desarrollo sostenible y que permite al docente cerrar el círculo entre Geología y Educación Ambiental y, a propósito de ésta, otros conceptos más modernos y globales, como el citado “desarrollo sostenible”, la “economía verde y circular” o la más reciente sobre infraestructura verde (marco del *European Green Deal*).

De acuerdo con la Agenda 2030, aprobada en 2015 por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), los países deben conseguir diecisiete objetivos que busquen acabar con la pobreza y mejorar sus economías, al tiempo que protejan el planeta. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) tienen en cuenta tres dimensiones clave, como son la lucha contra la pobreza en todas sus formas, las limitaciones ambientales de la sociedad y el buen gobierno y sociedades.

Al mismo tiempo que se desarrollan nuevas técnicas de apoyo a la didáctica de las ciencias, especialmente las nuevas tecnologías de la información y comunicación (TIC), el

sistema educativo español, por su propia inercia, dificulta las actividades fuera del aula principalmente por problemas de financiación, falta de tiempo, rigidez de horarios, mecanismos de evaluación ordinarios, interferencias con otras áreas, etc.

Esto, unido a la crisis económica, paradójicamente parece favorecer la creatividad educativa, comenzando a observarse que el profesorado encuentra o, mejor dicho, redescubre en el medio (entorno) que rodea al centro educativo una opción para las denominadas genéricamente *salidas de campo*, de lo que se deduce que estas lógicamente pueden llevarse a cabo también en las propias poblaciones.

Por lo tanto, son muchos los docentes que, ante la crisis económica agudizan constantemente su ingenio para ofrecer alternativas didácticas al alumnado. En el contexto educativo en el que se mueven actualmente profesores y alumnos, desde hace tiempo están surgiendo propuestas que apuntan a la transversalidad de intereses, siendo las más conocidas aquellas que, utilizando un medio urbano claramente constituido por elementos antrópicos, algunos de ellos patrimoniales (histórico-artísticos o de otro tipo), consiguen reunir en estos espacios a los protagonistas de la enseñanza y el aprendizaje de Ciencias Sociales y Experimentales.

El mejor ejemplo en el marco de la enseñanza formal lo constituye la Historia, disciplina que permite una fusión enriquecedora con otras especialidades, como la Arquitectura, pero que, en ocasiones, puede llegar a imbricarse con algunas ciencias experimentales como la Biología o la Geología, lo que convierte al marco de estudio en multidisciplinar y altamente rentable desde un punto de vista didáctico.

El caso de los monumentos es emblemático en este sentido: edificios, puentes, acueductos, pavimentos, etc. pasan de ser no sólo construcciones singulares desde los puntos de vista arquitectónico, histórico-artístico o arqueológico, sino herramientas perfectamente válidas para la enseñanza y el aprendizaje de ciertos aspectos científicos relacionados con la gea (Martínez, 2019), como es el estudio de la composición mineralógica y litológica de cada uno de sus elementos constructivos, la existencia de fósiles y de deformaciones tectónicas, así como el uso de estructuras y texturas singulares (sedimentarias, metamórficas, estructurales...), la procedencia de los materiales geológicos empleados, los efectos de la meteorización y contaminación y los tipos de alteraciones consiguientes y tan dañinas a los monumentos, etc.

Que elementos antrópicos, como los monumentos, permitan al alumno identificar componentes y procesos exclusivamente geológicos, supone una evolución en los métodos didácticos que van más allá de la mera salida de campo, donde esta pasa a ser algo nuevo conceptualmente, nada parecido a su significado de antaño (de excursión o salida fuera del aula) para enseñar y aprender mejor la geología o cualquier otra materia de las ciencias naturales o experimentales para las que el entorno rural o periurbano es el más idóneo.

Ahora bien, como señaló Brusi en 1992 (Zamalloa et al., 2014:445), no se trata sólo de sacar al alumnado de las aulas, sino sacar las aulas a la calle, idea que en sí misma abre posibilidades enormes al docente y al propio sistema educativo, que de manera persistente viene eludiendo la actividad al aire libre, cuando esta puede desarrollarse en las inmediaciones, por no decir a las puertas, del centro educativo.

Y en este sentido conseguir que los equipos docentes conozcan el valor educativo de los entornos antrópicos cercanos a su centro de trabajo les permitirá planificar actividades específicamente prácticas y ex-aula a lo largo del curso.

Si, tal como ocurre en Extremadura, existe un recurso como es la Vía (Calzada, Ruta y/o Camino) de la Plata, que la atraviesa longitudinalmente de sur a norte en aproximadamente 300 kilómetros, cruzando numerosas localidades, muchas de ellas pequeñas o medianas poblaciones, y que a dicho recurso principal están asociados otros, como otras rutas culturales e histórico-artísticas, como la Vía de la Estrela o el Camino Mozárabe, se deduce que el potencial de los recursos patrimoniales se incrementa geoméricamente, adquiriendo una connotación de dispersión por prácticamente todo el territorio extremeño.

Ello permite afirmar, por otro lado, que la existencia y la utilización de tales recursos para la enseñanza y el aprendizaje de materias multitemáticas son casi ubicuas, por su aritmética y real extensión y por su productividad potencial desde lo educativo.

Así, el corredor Vía de la Plata, marco espacial concreto objeto de esta investigación, permitiría ofrecer herramientas para que a lo largo y ancho del mismo, no sólo existan aprovechamientos culturales y turísticos, hoy en día muy destacados gracias al esfuerzo del sector público y privado, sino también educativos, especialmente en ámbitos formales (sin olvidar los no formales e informales), muy útiles sobremanera en aquellos centros educativos

cercanos a dicho recorrido, definiendo una metodología didáctica que quizá podría extrapolarse a otros territorios con valores patrimoniales singulares.

1.2.- Justificación.

Combinando las experiencias no formales e informales habidas con la celebración de varios Geolodía (actividades educativas que se celebran simultáneamente en toda España desde hace varios años) en ciudades de Extremadura, junto con una primera experiencia educativa formal con estudiantes universitarios de Magisterio y Educación Social de la Universidad de Extremadura (Rebollada, 2015), nos planteamos realizar una investigación educativa que tuviera en cuenta las posibilidades de aplicación tanto a otros niveles de enseñanza formal como a otros ámbitos geográficos, manteniendo el carácter urbano de la intervención educativa y extrapolándola, en todo caso, a otros tipos de entornos cercanos.

El protagonismo que hemos querido dar al entorno urbano en la investigación llevada a cabo radica en el hecho de que en dicho medio se desarrollan la mayor parte de las actividades humanas, lo que lo convierte en el ámbito consustancial de la formación de sus ciudadanos: el medio urbano ofrece una serie de recursos didácticos multidisciplinares, algunos de los cuales pueden ser utilizados en concreto para la enseñanza y el aprendizaje de las Geociencias.

Constituye una evidencia que el desarrollo histórico de la Humanidad está vinculado a sus asentamientos y estos, a su vez, lo están con los recursos naturales disponibles, entre los que caben mencionar los de tipo geológico (relieve, rocas, minerales, agua...). Carrillo y García-Hernán (2012:221) señalan que los elementos antrópicos constituyen una fuente de recursos didácticos, ya que integran aspectos de las ciencias naturales y sociales, permitiendo su utilización para la comprensión de contenidos curriculares, al mismo tiempo que permiten a los alumnos iniciarse en el aprendizaje mediante la investigación y la realización de tareas a partir de problemas o preguntas interesantes enunciadas en torno a ellos.

De este modo, conociendo las posibilidades ofrecidas por los entornos con elementos patrimoniales histórico-artísticos, la presente investigación pretende aplicar una metodología que indague en la didáctica geológica en tales entornos, muy utilizados por otras ciencias, como las Sociales. Este tipo de investigación, en concreto en las ciudades, tiene sus antecedentes en países anglosajones. Entre todos ellos podemos destacar algunos

trabajos sobre preconcepciones, como los referidos al tiempo geológico o a placas tectónicas e interior terrestre (Vallender, 2010; Jolley et al., 2013; Johnson et al., 2014), que aplican técnicas de análisis cuantitativo mediante la realización de pruebas de conocimiento (LIFT o *Landscape Identification and Formation Test*, GCI o *Geoscience Concept Inventory*, GTAT o *Geologic Time Aptitude Test*).

Sin embargo, en España apenas han sido abiertas líneas de investigación que cuantifiquen las mejoras cognitivas habidas en las geociencias gracias a las salidas de campo o, más genéricamente hablando, las actividades didácticas fuera del aula. Existen excepciones, como los trabajos de Granda (1988) o los de Ramón et al. (2014:148) o los de Muñoz et al. (2015) aplicados a estudiantes con necesidades educativas singulares o especiales.

La adecuada planificación de las salidas de campo permite lograr la adquisición de competencias por parte de los alumnos, para que sean capaces de abordar con éxito una determinada labor o resolver un problema, sintetizando el marco de competencias, contenidos y actividades, tanto antes como durante y después de la salida de campo, así como una serie de competencias transversales (anexo I) (Brusi et al., 2011a).

El conocimiento de los recursos urbanos en un plano más transversal permite una mejor interpretación y valoración, no sólo desde el punto de vista conceptual (ciencias, historia...) del entorno, sino más allá de las ideas previas que los alumnos tengan del mismo. Al fin y al cabo, el compromiso del alumno con el conocimiento de su entorno y cultura es uno de los objetivos que persigue la educación.

Además de los objetivos que se pretenden para el aprendizaje específico de conceptos científicos, las salidas de campo permiten (López, 2007; García et al., 2014; Rodríguez et al., 2014):

- El fomento de actitudes y conductas críticas y positivas hacia el entorno (aplicando los conocimientos adquiridos para respetar el medio natural y disfrutarlo en la medida en que se conserva).
- La concienciación sobre el uso sostenible de los recursos naturales (materiales geológicos y agua).
- El aprendizaje de conceptos relacionados con la Geología, las Geociencias y las Ciencias de la Tierra, esenciales para la obtención de competencias en el

conocimiento y la interacción con el mundo físico en el que se desenvuelven los alumnos como ciudadanos en su vida cotidiana.

Para evaluar la consecución de estos objetivos es preciso el establecimiento de criterios que recojan el grado de alcance de los resultados (tabla 1-2).

Tabla 1-2. *Evaluación del proceso de enseñanza*

Criterios de evaluación	Grado de alcance de los resultados		
	Muy bien	Bien	Necesita mejorar
Que recoja las competencias que se han decidido desarrollar y que guarden coherencia con los objetivos.	Recoge todas las competencias y tienen relación con los objetivos.	Recoge la mayoría de las competencias y tienen cierta relación con los objetivos.	No recoge todas las competencias y no guardan relación con los objetivos.
Que las actividades permitan distintos ritmos de ejecución y diferentes grados de desarrollo de capacidades.	Los alumnos pueden seguir distintos ritmos según sus capacidades.	En algunas actividades hay distintos ritmos, no en todas.	Sólo hay un ritmo de ejecución para todos.
Que los recursos didácticos guarden coherencia con la metodología adoptada.	Los recursos y la metodología están relacionados.	La metodología está relacionada con ciertos recursos.	Los recursos y la metodología no están relacionados.
Que exista una presencia equilibrada de diferentes tipos de objetivos: conceptuales, procedimentales y actitudinales.	Se tienen los tres tipos de objetivos.	Falta más peso de alguno de los tipos de objetivos.	No hay presencia de los tres tipos de objetivos.
Que se recojan instrumentos de enseñanza que permitan al profesorado obtener información sobre el proceso de aprendizaje de los alumnos.	El profesor conoce el proceso de aprendizaje de los alumnos a través de varios instrumentos de enseñanza.	El profesor tiene instrumentos de evaluación del aprendizaje.	El profesor no conoce el proceso de aprendizaje de los alumnos.

Fuente: Blanco (2014:52)

En relación con ello, Pedrinaci (2013:212) sintetiza en tres dimensiones competenciales científicas la consecución de los objetivos de una salida de campo: en

relación con el conocimiento de la ciencia, con su práctica y con su naturaleza y sus relaciones con la tecnología y la sociedad (tabla 1-3).

Tabla 1-3. *Dimensiones y capacidades que integran la competencia científica*

DIMENSIÓN DE LA COMPETENCIA	CAPACIDADES RELACIONADAS
En relación con el conocimiento de la ciencia	Utilizar el conocimiento científico para describir, explicar y predecir fenómenos naturales.
	Utilizar el conocimiento científico para analizar problemas y adoptar decisiones en contextos académicos, personales y sociales.
En relación con la práctica de la ciencia	Identificar cuestiones científicas, formular hipótesis y diseñar estrategias para su contrastación.
	Buscar y seleccionar información relevante para el caso.
	Interpretar datos cuantitativos y cualitativos. Leer e interpretar gráficas, hacer correlaciones y diferenciar entre correlación y causalidad.
	Construir argumentaciones consistentes y valorar la calidad de una dada.
	Alcanzar conclusiones fundadas en hechos, datos, observaciones o experiencias.
	Interesarse por conocer e indagar sobre cuestiones científicas y problemas socio-ambientales.
En relación con la naturaleza de la ciencia y sus relaciones con la tecnología y la sociedad	Comprender los rasgos característicos de la ciencia y diferenciarla de la pseudo-ciencia.
	Valorar la calidad de una información científica en función de su procedencia y de los procedimientos utilizados para generarla.
	Entender cómo se elaboran los modelos y las teorías, cuál es su utilidad y por qué se modifican.
	Valorar la influencia social de los productos de la ciencia y la tecnología, y debatir sobre cuestiones científicas y tecnológicas de interés social.
	Responsabilizarse con la adopción de medidas que eviten el agotamiento de los recursos naturales o el deterioro ambiental y favorezcan un desarrollo sostenible.

Fuente: Elaborado a partir de Pedrinaci (2013)

De Pro (2011), además, afirma que hay que buscar los significados de los *para qué*, *cuándo*, *quién* y *cómo* (tabla 1-4), interrogantes necesarios para abordar convenientemente los objetivos generales y particulares de las salidas fuera del aula como herramienta de gran utilidad en las intervenciones educativas.

Tabla 1-4. *Los cuatro interrogantes para responder a los objetivos de una salida de campo*

PARA QUÉ		<ul style="list-style-type: none"> – Entretener o motivar. – Justificar el carácter experimental. – Observar hechos y fenómenos. – Aprender técnicas de trabajo en el laboratorio (medición, realización de montajes...). – Comprobar leyes explicadas o reforzar conocimientos conceptuales. – Aprender otros contenidos (procedimentales y actitudinales) en otro contexto de aprendizaje. – Aprender la naturaleza de la ciencia y su práctica. 	
QUIÉN		Experiencias realizadas por el profesorado para:	Aportar información, ayudar a presentarla, provocar el debate en el gran grupo, modelizar la realización de tareas...
		Experiencias realizadas por el alumnado individualmente para:	Observar hechos y fenómenos, comprobar leyes, resolver problemas, investigar...
		Experiencias realizadas por el alumnado en pequeños grupos para:	Intercambiar ideas, aprender de forma colaborativa, debatir sobre experiencias...
CUÁNDO		Después de la “teoría”	Comprobar, ilustrar, aplicar...
		Antes de la “teoría”	Motivar, plantear interrogantes, identificar problemas...
		De forma integrada con la “teoría”	Construir conocimientos, cuestionar ideas alternativas...
CÓMO	Con guion	<ul style="list-style-type: none"> – Intención educativa. – Estructura. – Grado de concreción de la secuencia experimental y materiales. – Contenidos implicados y contenidos que se pretenden enseñar. – Uso de los conocimientos iniciales del alumnado. – Preguntas para pensar y su ubicación. 	
	En relación con otras actividades	<ul style="list-style-type: none"> – Con actividades del profesor (exposición). – Con actividades individuales del alumnado (de papel y lápiz, de búsqueda de información...). – Con actividades grupales (debates, proyectos...). – Con actividades familiares. 	

Fuente: *Elaborado a partir de De Pro (2011)*

1.2.1.- Un marco de intervención: la Educación para el Desarrollo Sostenible.

La Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) es interdisciplinar y las ciencias, incluyendo la Geología, no se sustraen a sus valores y objetivos. De la misma manera, la Economía Verde y Circular hereda dicha terminología, ampliándola y mejorándola conceptualmente (Vargas et al., 2017:176).

Para conocer y comprender más de cerca la relación entre el ser humano y su entorno, algunas ciencias experimentales y sociales, como Biología, Geología y Cultura Científica (denominada con anterioridad Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural), utilizan como procedimiento estándar la salida de campo, que constituye una poderosa herramienta didáctica.

Una de las ideas fundamentales de los Geólogos, como ya hemos adelantado, es el desarrollo sostenible, el paradigma general de la UNESCO (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*). El concepto de desarrollo sostenible fue descrito en el Informe “Nuestro Futuro en Común”, de 1987, más conocido como Informe Brundtland, donde aquel se define como “el desarrollo que satisface las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades” (WCED, 1987; UICN-PNUMA-WWF, 1991). El concepto fue inmediatamente incorporado al lenguaje, como muestra el Manual “Cuidar la Tierra”, de la UICN (1995).

Al tratar el concepto de sostenibilidad es ineludible introducir, a su vez, otros conceptos como impacto ambiental, ordenación del territorio, declaración de impacto ambiental, etc. Estos términos vienen a expresar una idea que debería utilizarse en cualquier programa educativo que pretenda abordar los valores ambientales: el desarrollo sostenible o sustentable debería permitir al alumnado adoptar una posición crítica (racional) respecto al uso de los recursos naturales (Rebollada et al., 2017b:16).

Desarrollar valores de sostenibilidad se logra integrando la sostenibilidad en las tareas, mejor que mediante lecciones o prédicas por bien intencionadas que sean (Jiménez (2012:12). Para avanzar en sostenibilidad deben tenerse presentes algunos de los derechos ciudadanos y deberes de los estados, principios postulados desde la UNESCO en la Declaración de Río de 1992 (Sequeiros, 1998; Jiménez-Beltrán, 2001), denominados Principios para el Desarrollo Sostenible.

Se trata de recordar que todos los seres humanos tienen derecho a una vida en armonía con la naturaleza, que se ejercerá respetando las necesidades de desarrollo y ambientales de generaciones futuras, erradicando necesariamente la pobreza dentro de un marco solidario mundial, fomentando un modelo demográfico equilibrado, aspectos, todos ellos, de los que deben ser copartícipes tanto estados como ciudadanos. Esos derechos y deberes se enmarcan en los ODS, diecisiete en total (figura 1-4):

- 1º) Fin de la pobreza.
- 2º) Hambre cero.
- 3º) Salud y bienestar.
- 4º) Educación de calidad.
- 5º) Igualdad de género.
- 6º) Agua limpia y saneamiento.
- 7º) Energía asequible y no contaminante.
- 8º) Trabajo decente y crecimiento económico.
- 9º) Industria, innovación e infraestructura.
- 10º) Reducción de las desigualdades.
- 11º) Ciudades y comunidades sostenibles.
- 12º) Producción y consumo responsable.
- 13º) Acción por el clima.
- 14º) Vida submarina.
- 15º) Vida de ecosistemas terrestres.
- 16º) Paz, justicia e instituciones sólidas.
- 17º) Alianzas para lograr objetivos.



Figura 1-4. Logos de los diecisiete ODS. Fuente: Internet.

Estos objetivos fueron adoptados por la Asamblea General de las Naciones Unidas el 25 de septiembre de 2015, en la declaración “Transformar nuestro Mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible” (Junta de Extremadura, 2017). Los ODS y sus metas (anexo II) cubren todo el espectro de temáticas fundamentales, y entre ellos destaca el referido a la educación (Objetivo 4º: garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos), cuya implantación es piedra angular, junto con la desaparición de la pobreza y el hambre, de otros principios no menos importantes. Este objetivo, en concreto, va encaminado a la obtención de una educación de calidad en un mundo más justo, equitativo e inclusivo, eliminando las disparidades de género y construyendo y adecuando las instalaciones escolares a las necesidades de los niños y las personas discapacitadas (Gobierno de España, 2018).

Los ODS hacen énfasis en varios aspectos:

- El modelo de desarrollo actual es insostenible.
- La desigualdad y exclusión social.
- Su aplicación en todos los países y a todos los agentes sociales.
- La Agenda 2030 es tanto doméstica como internacional.

Las actividades humanas en las poblaciones y su entorno han producido impactos ambientales debido a la ocupación del suelo, al aprovechamiento de los recursos geológicos (principalmente petrológicos, minerales e hidrogeológicos) y a la producción de materias residuales con potencial contaminante. En muchas ocasiones, estos aspectos medioambientales pueden evaluarse, a pesar de haberse producido muchos años atrás, constituyendo dicho trabajo (el análisis y evaluación ambiental) una herramienta didáctica de primer nivel para el aprendizaje de su significado y consecuencias sobre un territorio y sus habitantes (Rebollada et al., 2017b).

Siendo el medio antrópico, por lo general, un entorno ideal para comprender el patrimonio y sabiendo que este es un referente interdisciplinar por definición, en el que se interrelacionan contenidos de arte, historia, geografía, biología, geología, etc., los espacios en los que el ser humano ha dejado su huella en forma de elementos patrimoniales (edificios, puentes, acueductos, termas, fuentes, calzadas, etc.) constituyen un marco privilegiado para acercarnos al conocimiento de la realidad socio-histórica, cultural y natural. Sin embargo, habitualmente, en el ámbito educativo, se tratan los diversos elementos patrimoniales desde las Ciencias Sociales, “*predominando un enfoque unidisciplinar, con un carácter erudito y localista, sin establecer relaciones entre Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente*” (Estepa

et al., 2005; Cuenca et al., 2011:46), situación que se superará en el momento en que las salidas fuera de las aulas sean multidisciplinares didácticamente hablando.

En el campo de la enseñanza de las ciencias actualmente está siendo utilizado el aprendizaje mediante proyectos. Esta metodología conecta con líneas de investigación como las de Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS), ciencia en contexto, temas socio-científicos (SSI, en inglés), Educación Ambiental (y en general, en relación a las llamadas temáticas transversales), Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación (ECBI), Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Matemática (STEM, en inglés), entre otras, marcos en los que también confluyen distintas concepciones y prácticas (Domènech, 2017; Sanmartí y Márquez, 2017)

Sin embargo, cada vez hay más trabajos que apuntan hacia una integración de las Ciencias de la Tierra en el patrimonio cultural genérico, bien a través del turismo o geoturismo (Carcavilla et al., 2011), la geodiversidad (Carcavilla, 2014) o la geoconservación (Crofts et al., 2020). El paisaje antrópico tiene un componente natural abiótico (el componente geológico), que resulta interesante para interactuar con otras disciplinas de las Ciencias Sociales. Además, verificar este hecho y evaluarlo geológicamente a través de las herramientas que ofrece la investigación educativa, resulta interesante desde el punto de vista curricular.

En cuanto al valor de los recursos patrimoniales, España es el tercer país del mundo (con 48 lugares), tras Italia y China (55 lugares cada uno) en número de sitios incluidos en la Lista del Patrimonio Natural y Cultural de la Humanidad realizada por la UNESCO (Quero et al., 2013). Doce de esos sitios son ciudades antiguas, entre las que se encuentra desde el 26 de noviembre de 1986 la Ciudad Vieja de Cáceres, ciudad también designada Conjunto Monumental el 21 de enero de 1949, Tercer Conjunto Monumental de Europa desde 1968, y Primer Conjunto Monumental de España, otorgado por el Consejo de Europa (Rengifo et al., 2015), formando Cáceres también parte de las redes turísticas Ciudades Patrimonio de la Humanidad, Juderías y Ruta de la Plata. El Conjunto Arqueológico de Mérida y Alange como complejo termal está incluido en la lista Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO desde 1993 (Bosque, 2011; Cardona y Valares, 2016) y ubicada en plena Vía de la Plata, como ocurre igualmente con Zafra, Plasencia y otras muchas.

Todas estas poblaciones atesoran elementos al menos desde época romana, que enriquecen un patrimonio histórico-artístico y monumental de primer orden a nivel mundial.

Existen otras áreas patrimoniales que, aunque no están vinculadas a la propia Vía de la Plata ni geográfica ni históricamente, se han adherido a la lista mundial de la UNESCO, como es el caso del Real Monasterio de Santa María de Guadalupe, incluido en la lista también desde 1993.

En paralelo, las Reservas de la Biosfera de Monfragüe (desde 2003), Tajo Internacional (desde 2016) y la Siberia Extremeña (desde 2019), o del Geoparque Villuercas-Ibores-Jara (Gil, 2012; Barrera y Gil, 2013; Barrera, 2014; Rebollada et al., 2014; Cortijo et al., 2016; De Tena et al., 2017), de enorme valor geológico e incluido en la Red Mundial en 2011, constituyen ejemplos notables de patrimonio natural y cultural (figura 1-5).

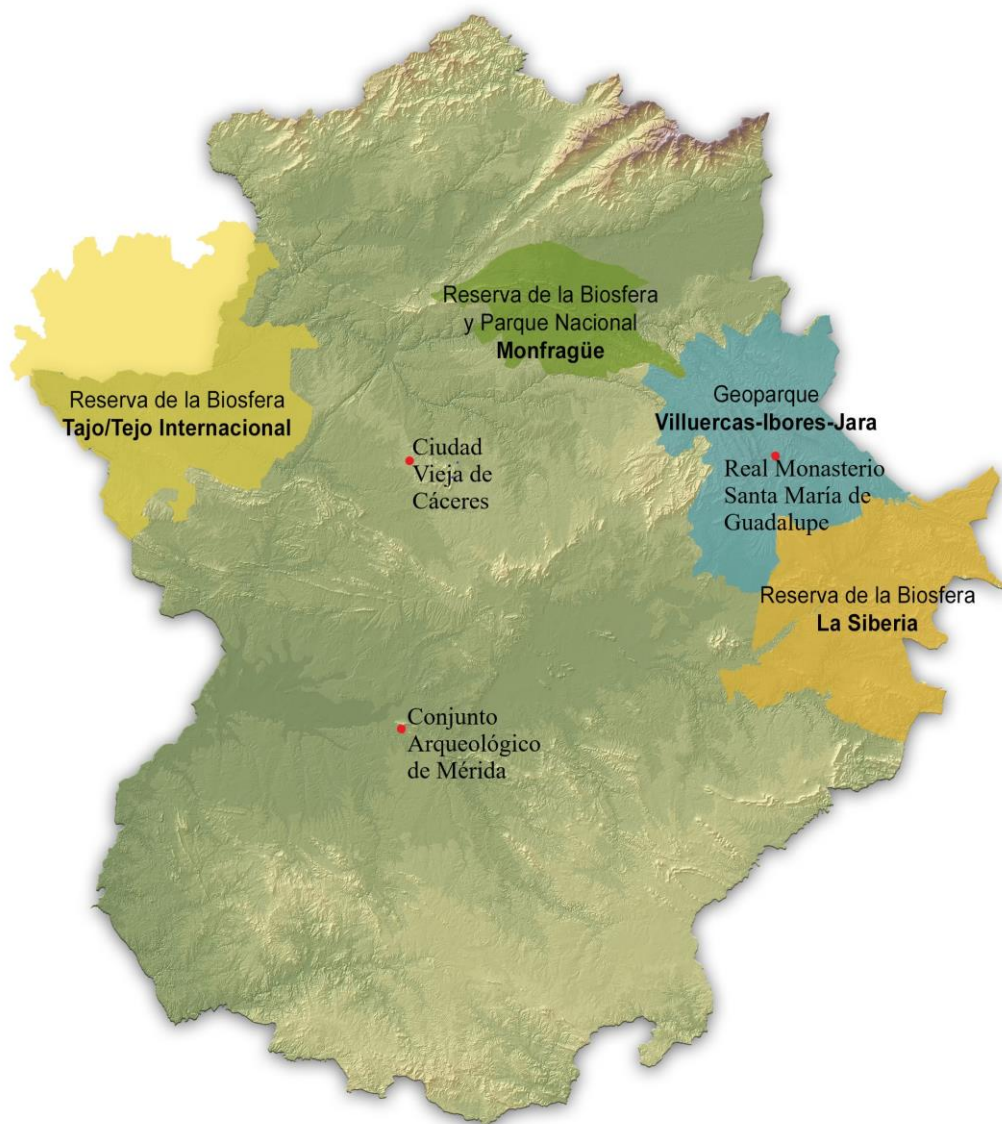


Figura 1-5. Patrimonio de la Humanidad en Extremadura

Estos y otros autores, pertenecientes al Comité Educativo y Científico del Geoparque Villuercas Ibores Jara, ponen énfasis en la obligada defensa y conservación de sus valores patrimoniales por parte de los entes públicos y privados promoviendo una fórmula consistente en la promoción de la inclusión de los valores horizontales multidisciplinares (o, mejor aún, interdisciplinares) en la formación académica de los ciudadanos, consiguiéndose un mayor respeto o, al menos, una mayor reflexión sobre el significado y valor del patrimonio.

Rebollada et al. (2017b) citan, por un lado, a Troitiño, quien en 2003 señala que es imprescindible preguntarse en qué medida se están aprovechando las oportunidades que ofrecen la educación, la cultura, el ocio y el turismo para desencadenar dinámicas de cualificación y vitalización de los centros históricos; y, por otro, a Anguita, que en 2004 indicaba, a su vez, una idea ya expuesta por otros investigadores anteriormente (por ejemplo, el ecólogo Ramón Margalef): el atractivo que suponen las interfases entre especialidades científicas como lugares muy interesantes para la labor didáctica. Idea, como se puede suponer, que se encuentra en la raíz de la transversalidad o relaciones interdisciplinares más o menos horizontales. Y un buen ejemplo de esto último han sido las Ciencias Ambientales en particular, o de manera general lo que está ocurriendo entre las Ciencias Experimentales relacionadas con la gea y las Ciencias Sociales relacionadas con el patrimonio cultural, que están creando una interfase ubicada en las poblaciones, ámbitos que permiten a los docentes investigar con mayor ahínco las posibilidades educativas que ofrecen.

Para tratar de relacionar esta conectividad entre disciplinas con el currículo de Educación Secundaria vigente según la Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE) (Boletín Oficial del Estado, 2013) y el previsible desarrollo reglamentario que se realice tras la reciente entrada en vigor de la Ley Orgánica de modificación de la Ley Orgánica de Educación (LOMLOE) (Boletín Oficial del Estado, 2020), las materias geocientíficas son principalmente impartidas en la asignatura de Biología y Geología de 3º y 4º de ESO, apareciendo algunas materias relacionadas en otras asignaturas como Ciencias Aplicadas a la Actividad Profesional (4º ESO), Física y Química (3º y 4º ESO), Geografía e Historia (3º ESO), Cultura Científica (4º ESO), Educación Física (3º ESO), Filosofía (4º ESO), Tecnología (3º ESO) y, finalmente, Valores Éticos (3º y 4º ESO) (anexo III), todo ello debido a la indudable interacción educativa entre la Geología (Geociencias y Ciencias de la Tierra) y otras ciencias y materias tanto experimentales como sociales.

1.3.- Descripción del proceso de investigación

La presente investigación, sobre la enseñanza y el aprendizaje de las Geociencias a través de los recursos patrimoniales naturales, histórico-artísticos e industriales en el corredor Vía de la Plata en Extremadura, pretende demostrar la posibilidad del uso de elementos patrimoniales (que incluyen lógicamente elementos geológicos como una de sus bases didácticas) ubicados en poblaciones y su entorno, para la didáctica de la Geología, que vendremos en denominar indistintamente Ciencias Geológicas, Ciencias de la Tierra o Geociencias.

La finalidad de esta investigación es conocer si en un medio urbano o en un contexto no natural el docente aplica con suficiencia sus habilidades didácticas y, de esta manera, consigue el objetivo de hacer comprender a sus alumnos conceptos geológicos que parecería más lógico aprender en un entorno natural originalmente geológico, por ejemplo realizando la clásica excursión, salida o práctica de campo.

Cuando en un área determinada, como puede ser la ciudad, no existe un museo que incluya elementos expositivos y didácticos naturales (geológicos...), y donde no es posible realizar salidas al entorno natural en el que desarrollar la didáctica geocientífica, existen alternativas que pueden resultar interesantes para la docencia formal.

Una de ellas es la propuesta en la presente investigación educativa, que pretende facilitar un mayor acercamiento de las Geociencias al alumnado, objetivo posible mediante la adecuada utilización de los recursos al alcance del centro educativo y, por tanto, para la enseñanza por parte del profesorado y para el aprendizaje por parte del alumnado.

Una de las consecuencias inmediatas de la falta de medios en los centros educativos es, probablemente, el favorecimiento de la capacidad innovadora de la docencia por parte del profesorado del departamento correspondiente, independientemente o en consonancia con otros. En el caso de las geociencias, el Departamento de Ciencias Naturales del que dependen puede crear vínculos con otros de cara a la docencia de su materia.

Esta idea permite proponer un objetivo secundario de esta investigación: demostrar que es factible diseñar experiencias educativas multidisciplinares inter-departamentales de áreas tan aparentemente dispares, como Ciencias Naturales y Ciencias Sociales, ampliando el concepto de experimentación didáctica.

En este caso, los recursos patrimoniales característicos de la arquitectura, la historia y la propia cultura humana, permiten establecer un puente de unión entre la materia fundamental que estudia estos temas, las Ciencias Sociales en un sentido amplio, con las Ciencias Naturales y dentro de ellas las Geológicas en un sentido estricto.

La mayor parte de los recursos patrimoniales incluyen algún aspecto geológico, siendo esta la idea a la que nos referimos cuando pretendemos aplicar una didáctica geológica en los monumentos y demás elementos y bienes inmuebles situados tanto en áreas urbanas como periurbanas y rurales, como los geositios o los elementos tectónicos (pliegues y fallas) asociados a los afloramientos rocosos naturales, cualquier tipo de explotación minera (graveras, areneros, canteras y minas, incluyendo sus infraestructuras) o todo ello además de las rocas, minerales y fósiles reconocibles en los paramentos, muros y cerramientos de los monumentos (figura 1-6).



Figura 1-6. *Potencial educativo de las Geociencias en el medio natural, industrial, rural y urbano*

El alcance de la propia idea de relación Ciencias Sociales - Ciencias Experimentales (en concreto, geológicas) supone determinar un área de estudio que permita un análisis lo más amplio posible de dicha interacción. Así, finalmente, el entorno seleccionado ha sido la Vía de la Plata, itinerario fundamental de la romanización del oeste peninsular, de gran carga histórica, y que en la actualidad constituye un tesoro patrimonial.

Hemos elegido este corredor cultural como eje por cumplir varios requisitos:

- 1º) Por constituir un claro ejemplo de conjunto patrimonial histórico-artístico de los más notables del mundo, en la actualidad protegido por las Administraciones Públicas como Bien de Interés Cultural.

2º) Por vertebrar Extremadura de sur a norte, asociándosele numerosos recursos naturales geológicos.

3º) Por atravesar numerosas poblaciones en las que existen centros educativos (en especial, de Educación Secundaria), y por tanto con una población estudiantil que aunque desigualmente repartida, abarca la totalidad de la Vía de la Plata, desde Monesterio (Badajoz) hasta Baños de Montemayor (Cáceres).

La Vía de la Plata, en la versión que ofrece la actual red patrimonial y de servicios turísticos, incluye a cuarenta y siete términos municipales de Extremadura (tabla 1-5), dieciocho en la provincia de Badajoz y veintinueve en la de Cáceres. Las ciudades y pueblos asociados a la Vía de la Plata posibilitan utilizar el patrimonio que atesoran, sea este natural, arqueológico, industrial o monumental.

Tabla 1-5. *Términos municipales a los que actualmente se vincula la Vía de la Plata*

TÉRMINOS MUNICIPALES DE LA VÍA DE LA PLATA		
Provincia de Cáceres (29)	<ul style="list-style-type: none"> - Ahigal - Alcuéscar - Aldeanueva del Camino - Aldehuela del Jerte - Aldea del Cano - Baños de Montemayor - Cáceres - Cañaveral - Carcaboso - Casar de Cáceres - Casas de Don Antonio - Casas de Millán - Casas del Monte - Galisteo 	<ul style="list-style-type: none"> - Garrovillas - Grimaldo - Guijo de Granadilla - Hervás - Holguera - Jarilla - La Granja - Montánchez - Oliva de Plasencia - Plasencia - Riobobos - Segura de Toro - Valdeobispo - Villar de Plasencia - Zarza de Granadilla
Provincia de Badajoz (18)	<ul style="list-style-type: none"> - Aljucén - Almendralejo - Burguillos del Cerro - Calzadilla de los Barros - El Carrascalejo - Fuente de Cantos - Guareña - Los Santos de Maimona - Medina de las Torres 	<ul style="list-style-type: none"> - Mérida - Mirandilla - Monesterio - Montemolín - Puebla de Sancho Pérez - Ribera del Fresno - Torremejía - Villafranca de los Barros - Zafra
TOTAL = 47		

Desde los centros educativos pueden desarrollarse visitas escolares con recorridos que vayan mostrando sucesivamente los elementos que constituyen el patrimonio de dichas localidades. Dentro de los elementos naturales, se presta especial atención a los geológicos,

cuya temática gira en torno a la mineralogía, la petrología, la paleontología, la tectónica, el modelado, el paisaje, la hidrogeología, la minería, los riesgos, etc.

En las dieciséis poblaciones seleccionadas (figura 1-7) para efectuar esta investigación (Monesterio, Fuente de Cantos, Zafra, Los Santos de Maimona, Villafranca de los Barros, Almendralejo, Mérida, Alcuéscar, Montánchez, Cáceres, Casar de Cáceres, Garrovillas de Alconétar, Galisteo, Plasencia, Zarza de Granadilla y Hervás) hemos diseñado y llevado a cabo intervenciones educativas estandarizadas, siguiendo el siguiente modelo: evaluación de aprendizaje mediante cuestionarios cognitivos anteriores (pre-tests) y posteriores (post-tests) a la salida fuera del aula, utilizando una metodología cuantitativa de análisis de los datos obtenidos de dichos cuestionarios, a fin de contrastar el alcance en la mejora de conocimientos por parte del alumnado.



Figura 1-7. Mapa de Extremadura, con el trazado de la Vía de la Plata y las localidades donde se ubican los centros educativos participantes en la investigación

La investigación ha sido coordinada en todo momento por el investigador, con el apoyo imprescindible de los docentes responsables de los alumnos objeto de estudio de los veintiún centros educativos seleccionados.

1.3.1.- Selección de centros educativos

Los veintiún centros educativos seleccionados (tabla 1-6) nos han permitido realizar excursiones a sus entornos urbanos y periurbanos inmediatos, para conocer inicialmente los elementos del patrimonio asociado a la Vía de la Plata. La experiencia docente parece indicar que la enseñanza (y el aprendizaje) de la Geología es posible gracias a los numerosos y variados elementos geológicos disponibles en los entornos de cada uno de los centros educativos en los que se imparte Ciencias Naturales.

Tabla 1-6. *Centros educativos seleccionados, con las localidades de adscripción*

CENTRO EDUCATIVO	LOCALIDAD	PROVINCIA
IES Valle del Ambroz	Hervás	CÁCERES
IESO Cáparra	Zarza de Granadilla	
IES Gabriel y Galán	Plasencia	
IESO Galisteo	Galisteo	
IESO Alconétar	Garrovillas de Alconétar	
IESO Vía de la Plata	Casar de Cáceres	
IES <i>Al-Qazeres</i>	Cáceres	
IES Universidad Laboral		
IES Ágora		
IES García Téllez		
IES <i>Norba Caesarina</i>		
IES El Brocense		
IES Sierra de Montánchez	Montánchez	
IES Santa Lucía del Trampal	Alcuéscar	
IES Albarregas	Mérida	BADAJOZ
IES Santiago Apóstol	Almendralejo	
IES Meléndez Valdés	Villafranca de los Barros	
IES Doctor Fernández Santana	Los Santos de Maimona	
IES Suárez de Figueroa	Zafra	
IES Alba Plata	Fuente de Cantos	
IES Maestro Juan Calero	Monesterio	
TOTAL=21	TOTAL=16	

La necesidad de salvar los problemas con los que se encuentran los centros educativos, principalmente económicos y burocráticos, implica descartar las excursiones a medios naturales donde los elementos geológicos son de didáctica más sencilla.

De ahí que se innove cada vez más mediante experiencias sobre las posibilidades didácticas en otros entornos inmediatos, generalmente urbanos, que permiten una mejor adaptación a las programaciones docentes, pues en muchas ocasiones pueden ser realizadas en un lapso de tiempo equivalente a una o dos clases.

1.3.2.- Elementos didácticos

Entre los elementos más socorridos para la docencia de las Geociencias destacan las rocas. Las rocas permiten al docente una enseñanza básica de los procesos geológicos, pudiendo enlazar con otros aspectos, como son:

- El tipo de medio (ambiente) en el que dichas rocas se formaron (ambiente ígneo, sedimentario o metamórfico).
- Los procesos geológicos concretos involucrados (cuyo reflejo son las facies o improntas y los minerales presentes).
- El concepto del tiempo geológico (subdividido habitualmente en periodos geológicos, y mensurable generalmente en millones de años).
- La presencia de seres vivos en otros periodos de la historia planetaria (hoy fosilizados en algunas rocas sedimentarias, permitiendo ello enlazar con el concepto de evolución).
- El uso que el ser humano realiza de los materiales geológicos (desarrollo sostenible).
- El estudio y protección de los materiales geológicos en el caso de constituir elementos patrimoniales catalogados (geoconservación).
- La prevención de los riesgos geológicos a los que está expuesta la población y que no se aprecian debido a las peculiaridades de la puesta en evidencia de muchos de los procesos que incluyen, especialmente de índole temporal.

Los recursos patrimoniales utilizados han sido (tabla 1-7):

- Las rocas de los centros históricos (mampostería, escudos y paramentos de ladrillo de los edificios históricos, solados tradicionales de calles, etc.).
- Los museos y centros de interpretación (sobre elementos relacionados con la historia y el paisaje cultural).
- Los afloramientos geológicos naturales aún existentes en las poblaciones, en concreto en calles, plazas y parques.

- Los revestimientos (generalmente de roca ornamental) y morteros utilizados tanto en edificaciones antiguas como actuales.
- Los paisajes, con especial referencia geológica (geomorfología y relieve).
- Los aprovechamientos industriales, generalmente mineros.

Tabla 1-7. Recursos para la didáctica geocientífica utilizados en las diferentes rutas realizadas por las dieciséis localidades seleccionadas

RUTAS REALIZADAS	ACCIONES DIDÁCTICAS (GEORRECURSOS CULTURALES URBANOS UTILIZADOS)					
	Rocas en cascos históricos	Museos y centros de interpretación	Afloramientos naturales (formaciones geológicas)	Revestimientos (uso ornamental)	Paisaje, geomorfología y relieve	Aprovechamientos industriales
Hervás	X	X		X	X	
Zarza de Granadilla	X			X	X	
Plasencia	X	X	X	X	X	
Galisteo	X	X	X	X	X	
Garrovillas	X	X		X	X	
Casar de Cáceres	X	X			X	
Cáceres	X	X	X	X	X	X
Montánchez	X			X	X	
Alcuéscar	X			X	X	
Mérida	X	X			X	
Almendralejo	X	X		X	X	
Villafranca de los Barros	X			X	X	
Los Santos de Maimona	X	X	X		X	X
Zafra	X	X		X		
Fuente de Cantos	X			X	X	
Monesterio	X			X	X	

1.3.3.- Destinatarios

Se ha buscado intencionadamente una muestra, tanto de centros como de alumnado y profesorado, lo suficientemente representativa del curso 2016-17, momento en el que la investigación educativa se puso en marcha.

Optamos por realizar la investigación en grupos de alumnos de 3º y 4º curso de ESO, en diferentes centros educativos públicos, repartidos a lo largo del corredor Vía de la Plata (tabla 1-8). Además, hubo dos centros educativos más, donde la muestra de 46 alumnos y alumnas en total fue utilizada como grupo de control, a modo de investigación exploratoria.

Tabla 1-8. *Alumnado participante en la experiencia educativa*

Centro educativo	Alumnos	Alumnas	3º ESO	4º ESO
IES Valle de Ambroz	9	9	0	18
IESO Cáparra	5	4	0	9
IES Gabriel y Galán	18	25	18	25
IESO Galisteo	21	26	36	11
IESO Alconétar	14	20	25	9
IESO Vía de la Plata	4	6	0	10
IES El Brocense	7	12	19	0
IES <i>Norba Caesarina</i>	25	25	30	20
IES Universidad Laboral	31	25	17	39
IES Javier García Tellez	6	11	0	17
IES <i>Al-Qazeres</i>	27	34	33	28
IES Sierra de Montánchez	14	12	10	16
IES Santa Lucía del Trampal	31	35	42	24
IES Albarregas	8	17	0	25
IES Meléndez Valdés	40	39	47	32
IES Santiago Apóstol	19	8	0	27
IES Suárez de Figueroa	20	15	0	35
IES Alba Plata	30	10	0	40
IES Maestro Juan Calero	32	33	36	29
Totales	361	366	313	414
	727		727	

1.4.- Objetivos

El objetivo general de esta investigación consiste en:

Demostrar que es posible en entornos urbanos, como los que atraviesa la Vía de la Plata en Extremadura, la utilización de los elementos que conforman el patrimonio natural (afloramientos rocosos, paisajes, etc.), el histórico-artístico (rocas de los edificios monumentales, puentes, acueductos, fuentes, acequias, pavimentos y demás elementos constructivos) o el industrial (canteras, minas, etc.) para la enseñanza y el aprendizaje de las Geociencias en ámbitos formales centrados en 3º y 4º curso de ESO.

El objetivo general se desglosa en otros específicos (tabla 1-9), que son:

- Adquirir o mejorar la adquisición de conocimientos relacionados con las Geociencias.
- Conocer los recursos geológicos cercanos a la Vía de la Plata en Extremadura.
- Relacionar los conocimientos geológicos con los de otras materias como Biología, Física, Química o Historia.
- Incorporar los mapas conceptuales a la elaboración de las unidades didácticas.
- Recuperar el valor e importancia de la salida de campo (salida fuera del aula) como procedimiento fundamental para la docencia en Ciencias de la Tierra, ya que permite un aprendizaje significativo de los conceptos geocientíficos.
- Utilizar la salida fuera del aula para transmitir al alumnado interés por las Geociencias, además de afianzar conceptos sobre Desarrollo Sostenible, huella ecológica, Economía Verde y Circular y ordenación territorial.
- Analizar los diferentes recursos didácticos relacionados con las Geociencias que se han diseñado en otros centros educativos y se han puesto en marcha a lo largo de la Vía de la Plata y otros itinerarios culturales (tanto dentro como fuera de Extremadura), describiendo pormenorizadamente sus características (objetivos, diseño, nivel educativo, formalidad, alcance...), a fin de comprobar su eficacia y aplicaciones a la enseñanza-aprendizaje de las Geociencias.

Tabla 1-9. *Resumen de objetivos*

OBJETIVO GENERAL	Utilizar el patrimonio de la Vía de la Plata para la enseñanza y el aprendizaje de Geociencias en 3º y 4º de ESO en Extremadura
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	<ul style="list-style-type: none"> - Mejorar la adquisición de conocimientos relacionados con las geociencias. - Conocer los recursos geológicos cercanos a la Vía de la Plata. - Relacionar los conocimientos geológicos con otras materias. - Incorporar los mapas conceptuales a las unidades didácticas. - Recuperar el valor educativo de la “salida de campo” en Ciencias de la Tierra para un aprendizaje significativo. - Transmitir al alumnado interés por las Geociencias, Desarrollo Sostenible, huella ecológica, Economía Verde y Circular y ordenación territorial.

1.5.- Estructura de la tesis doctoral

Además de otras experiencias no formales e informales llevadas a cabo en entornos urbanos, esta tesis tiene como precursor fundamental el proyecto de investigación educativo

formal llevado a cabo en 2016 en la ciudad de Cáceres con alumnos de la Universidad de Extremadura.

La tesis doctoral se estructura en varios capítulos, que encuadran el marco teórico y la metodología y, finalmente, la discusión de los resultados, las conclusiones y posibles líneas de investigación.

Se ha seguido el método científico en su desarrollo, mediante la secuencia sistemática y ordenada que cumple las características señaladas por Pinto (2018):

- Empiricidad.
- Diversidad de formas.
- Sistemática.
- Fiabilidad.
- Validez.

Además, durante el proceso se han seguido tres niveles: teórico-conceptual, técnico-metodológico y estadístico-analítico.

Como señala Roa (2017), nuestro proyecto de investigación es la expresión plena del avance en la labor y en el pensamiento científico, sirviendo por otro lado de estrategia o base orientadora para la ejecución de las acciones encaminadas a abordar el objeto de estudio.

Esta tesis doctoral constituye un documento que persigue, como finalidad última, informar a terceros sobre la naturaleza, el alcance y la factibilidad teórica, metodológica y técnica de hacer una investigación en un área determinada del conocimiento (Ramírez, 2010:6). De igual modo, el desarrollo de la investigación se ha realizado siguiendo los siguientes pasos (Roa, 2017):

1. Delimitación del tema a estudiar (problema de investigación).
2. Formulación de las hipótesis y conjeturas.
3. Desarrollo propiamente dicho, que incluye:
 - a. Búsqueda, recogida y ordenación de la información.
 - b. Tratamiento de la información.
 - c. Selección e interpretación de la información tratada con el fin de adquirir un juicio crítico del resultado.
 - d. Realización de la observación directa, mediante la salida de campo.

- e. Verificación o validación de la hipótesis.
- f. Elaboración de conclusiones: supone recopilar lo aprendido para su aprendizaje y un nuevo planteamiento de interrogantes.

El tema de investigación elegido (potencialidad de los entornos urbanos para la enseñanza y el aprendizaje de las Geociencias) se corresponde con las preguntas y preocupaciones que nos planteamos sobre la aplicación de procedimientos de enseñanza no formales e informales a la educación formal en Educación Secundaria y que deseamos responder a través del proceso de investigación.

El problema que nos hemos formulado está motivado en nuestra experiencia de los contextos de enseñanza, en las hipótesis o las teorías que los avalan y el conocimiento que se tiene de investigaciones realizadas con anterioridad, introduciendo en nuestro caso modificaciones que permitan ampliar el campo de la generalización.

Tras una introducción que incluye los antecedentes, la justificación y los objetivos de la investigación desarrollada, se presenta el marco teórico, que se subdivide en tres apartados fundamentales: los recursos geocientíficos, el corredor Vía de la Plata y la didáctica de las geociencias, a modo de “el qué”, “el dónde” y “el cómo” para sentar las bases teóricas sobre las que proponer la metodología de investigación, apoyada esta finalmente en un análisis estadístico de los datos obtenidos. El marco teórico se completa con un apartado dedicado a la Estadística y sus aplicaciones.

La forma en que se plantea nuestra investigación, basada en esos tres pilares de la teoría, se desarrolla en el capítulo Metodología, en el que se detallan tanto métodos como casuística y obstáculos encontrados. En dicho capítulo se utilizan las herramientas propias observadas en investigaciones similares:

- Diseño de materiales educativos específicos (como método de apoyo a la enseñanza y el aprendizaje de conceptos geológicos).
- Cuestionarios cognitivos (como procedimiento de adquisición de información y medición del aprendizaje).
- Técnicas de análisis estadístico, tanto descriptivo como inferencial (como método de validación y contraste de resultados).

El cronograma seguido se refleja en la tabla 1-10, donde se cruzan las diferentes fases y actividades de la investigación aplicadas según las peculiaridades del caso con el calendario seguido, representando cada “X” un mes.

Tabla 1-10. *Cronograma del proceso de investigación*

Fases		Cronograma de organización del trabajo por fases y año				
		2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21
I.- Estudio documental y bibliográfico	Búsqueda de información	XXXXXX XXXXXX	XXXXXX XXXXXX	XXXXXX XXXXXX	XXXXXX XXXXXX	XXXXXX XXXXXX
	Problema investigación	XXXXXX XXXXXX				
	Diseño de materiales curriculares	XXXXXX XXXXXX				
	Elaboración cuestionario	XXXXXX XXXXXX	XXXXXX XXXXXX			
II.- Intervención	Temporalización	XXXXXX XXXXXX				
	Recogida de datos (pre-test)	XXXXXX XXXXXX	XXXXXX XXXXXX			
	Salidas out-door	XXXXXX XXXXXX	XXXXXX XXXXXX			
	Recogida de datos (post-test)	XXXXXX XXXXXX	XXXXXX XXXXXX			
III.- Análisis	Análisis de resultados			XXXXXX XXXXXX	XXXXXX XXXXXX	XXXXXX XXXXXX
	Validación de hipótesis				XXXXXX XXXXXX	XXXXXX XXXXXX
IV.- Memoria	Discusión y conclusiones				XXXXXX XXXXXX	XXXXXX XXXXXX
	Memoria definitiva				XXXXXX XXXXXX	XXXXXX XXXXXX

X= meses (12 por curso).

█= meses ocupados en las diferentes fases de investigación.

Todas las referencias y citas se realizan de acuerdo a la 7ª edición de las normas de la *American Psychological Association* (APA) (Moreno y Carrillo, 2020).



“Los profesores no deben sacar a los alumnos del aula, sino sacar el aula a la calle”

(David Brusi, 1992)

Imagen del autor

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1.- Los recursos geocientíficos en Extremadura

Dentro de los recursos geocientíficos de Extremadura se analizan los antecedentes históricos y la bibliografía existente sobre esa materia, que incluye todo lo referido a recursos geológicos y mineros, con una descripción divulgativa y una descripción de la proyección de sus recursos (económicos, culturales, turísticos y educativos).

2.1.1.- Antecedentes históricos y bibliográficos

Desde el inicio de la Geología como una ciencia experimental moderna, a final del primer tercio del siglo XIX, la Península Ibérica ha sido objeto de estudio por ingenieros de minas y geólogos. Dichas investigaciones tuvieron sus precursores en el siglo XVIII en Extremadura, con personajes como el guadalupense Jerónimo Audije de la Fuente (Cobos y Vallejo, 2014: 153), que disertó sobre el origen de los terremotos, o el gran matemático castuereño Ventura Reyes Prósper, que escribiría sobre los fósiles (Cobos, 2008:770).

Dado el gran patrimonio minero de nuestra región (Sánchez, 2011) no resulta extraño que por Extremadura hayan pasado grandes investigadores de su geología y los recursos asociados. Avanzadas escuelas académicas, francesas, alemanas y anglosajonas, supieron ver al Oeste de la Península Ibérica un territorio donde se sintetizaba el denominado Orógeno Varisco, cuya fase hercínica es característica de prácticamente todo el occidente español (donde casualmente queda encuadrada en su totalidad la Comunidad Autónoma de Extremadura) y zonas aledañas portuguesas. Dicho orógeno, una cordillera formada hace ahora aproximadamente 300 millones de años, además de una importantísima tectónica intercontinental, produjo una serie aparejada de fenómenos geológicos, como vulcanismo, plutonismo y sismicidad, fundamentales todos ellos para la existencia a su vez de destacados yacimientos geológico-mineros como oro, estaño, cobre, plata, plomo y hierro, explotados desde época prerromana, y más recientemente uranio y rocas y minerales industriales (Rebollada y Corrales, 2019).

A partir del siglo XVIII más de medio centenar de primeros científicos ilustrados foráneos que estuvieron en España como Bowles, Von Buch, Collette, Cook, Daubeny, Von

Fritsch, Hausmann, Herrgen, Lyell –padre, junto con James Hutton, de la Geología moderna–, Le Play, Proust, Schulz, Smyth –padre e hijo–, Storr, Thalacker, Verneuil, Élie de Beaumont, Collomb, de Keyserling, Palassou, Charpentier, Collegno... (Ordaz, 1978). A ellos debemos añadir científicos españoles, como Ezquerro, Elhúyar, Mallada, Luján, Naranjo, Egozcue, De Prado, Rodríguez Ortiz, Maestre, Caballero de la Mármara, Vilanova, De Botella, Pellico... (Boixereu, 2015), una verdadera revolución del conocimiento que se tenía hasta entonces del conjunto del sustrato hispano y, por extensión, ibérico (Rebollada y Corrales, 2019). Se tiene constancia que algunos de ellos estuvieron en Extremadura, como es el caso de William Bowles (De las Llanderas, 2014), Frédéric Le Play, Édouard de Verneuil, Joachim Barrande, Samuel E. Cook (después cambiaría su apellido a Widdrington) o Charles Daubeny (Rebollada y de las Llanderas, 2017).

Posteriormente, ya avanzado el siglo XIX y hasta los primeros años del XX, también en Extremadura son protagonistas Joaquín Gonzalo y Tarín, autor de los mapas de ambas provincias extremeñas, José McPherson, así como el conocido naturalista Eduardo Hernández-Pacheco y Estevan, y su hijo, el geólogo físico Francisco Hernández-Pacheco de la Cuesta, el ingeniero de minas Ismael Roso de Luna (hijo del teósofo Mario Roso de Luna), entre otros que sirvieron a la ciencia más recientemente, como Vicente Sos Baynat (Sos, 2013), Luis Carlos García de Figuerola y Enrique Ramírez de Sandoval (Rebollada y González, 2010).

Ya bien entrado el siglo XX académicos como Oehme, Fricke, Lotze, Sdzuy, Bochmann, Hesselink, Kelch, Schmidt, Kalthoff, Schneider, Bouyx, Bard, Burg, Capdevila, Floor, Bochmann, Tamain, Bladier, Matte, Ovtracht..., provenientes de universidades europeas, fueron sentando el conocimiento de la moderna geología en determinadas disciplinas, que tendrían su inmediato seguimiento tanto desde las diferentes universidades centroeuropeas como desde las propias españolas, con una pléyade de investigadores que han venido participando en la actualización permanente del conocimiento del sustrato geológico y minero español (Julivert, 2014).

En nuestra región destacan investigadores de la Universidad de Extremadura, así como de otras universidades foráneas como las de Granada, Huelva, Madrid, Oviedo, Salamanca, País Vasco y Zaragoza, que también han investigado las características geológicas de Extremadura.

Por otro lado, en Extremadura el Consejo Superior de Investigaciones Científicas ha realizado numerosas investigaciones. Importantísimas han sido las aportaciones de científicos del Instituto Geológico y Minero de España y de sus entidades colaboradoras, que participaron en la elaboración de los mapas geológicos correspondientes a Extremadura a escala 1:50.000 (serie MAGNA o Mapa Geológico Nacional) (Simancas et al., 2004).

Finalmente, es reseñable la aportación por parte de científicos pertenecientes a algunas sociedades científicas, como la SGE, la Real Sociedad Española de Historia Natural (RSEHN), la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero (SEDPGYM) o la AGEEx (Rebollada, 2019), además de los geólogos que desarrollan su actividad en la Junta de Extremadura o en empresas privadas.

Estos antecedentes han permitido conocer en nuestra región una gran variedad de recursos geológicos que no son sólo una garantía desde el punto de vista económico, sino que además tienen también un potencial educativo y por extensión cultural para el país y sus ciudadanos. Extremadura destaca respecto a otras regiones peninsulares por haber sido un área minera por excelencia desde tiempos protohistóricos y, por supuesto, romanos y lógicamente en épocas posteriores, y podría llegar a ser un museo al aire libre si fuera correctamente musealizada.

La variedad y cantidad de metales que se han extraído de su subsuelo permite disponer actualmente de un conocimiento más detallado del mismo, así como del patrimonio industrial minero asociado apenas estudiado y que, junto con el existente vinculado a otras disciplinas geológicas (paleontología y mineralogía, muy especialmente), sitúa a Extremadura en la actualidad a muy buen nivel internacional en estos campos.

La existencia de dicho patrimonio geológico y minero, como valor intrínseco de Extremadura, debe ser analizado e incluso podría ser explotado con sabiduría tanto industrialmente como culturalmente. Y una forma de hacerlo es sacando a la ciudadanía (en especial las aulas educativas formales) al campo para conocer fósiles, minerales y rocas, o en su defecto utilizar otras técnicas para conseguir similar objetivo, como es acercar las geociencias a los discentes a través del estudio de los elementos que conforman el patrimonio natural, arqueológico, histórico-artístico e industrial, elementos con los que siguen actualmente construyéndose algunas estructuras en las sociedades modernas, en especial ciertos metales, como el hierro, así como minerales industriales y rocas ornamentales en sus diversos tipos y acabados.

2.1.2.- Descripción del sustrato geológico de Extremadura

Si nos remontamos a aquel concepto básico de la “España silíceo, calcárea y arcillosa” descrito por Eduardo Hernández-Pacheco a mediados del siglo XX (Mateos et al., 2015a), muy útil para la introducción didáctica acerca de la geología peninsular, Extremadura se ubicaría de pleno en el área silíceo, razón por la cual la mayor parte de los usos de sus recursos geológicos tradicionales son rocas con mineralogía fundamentalmente silicatada. Existen diferentes fuentes de ámbito nacional e internacional que estudian el sustrato geológico de Extremadura. Tal y como se puede observar en el mapa geológico de Extremadura (figura 2-1) existen grandes masas rocosas metamórficas e ígneas (tanto plutónicas como volcánicas), con presencia de rocas sedimentarias del Paleozoico en las sierras y en las cuencas terciarias del Cenozoico.

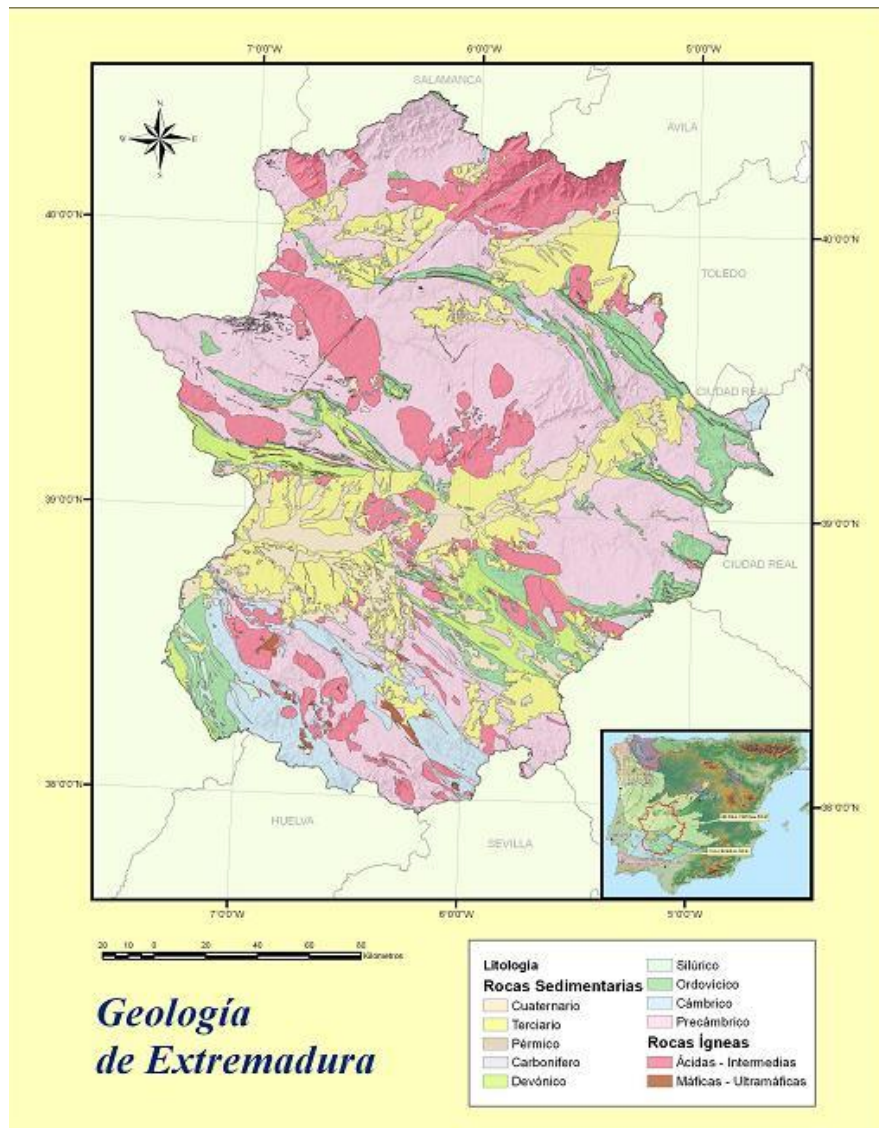


Figura 2-1. Mapa geológico de Extremadura. Fuente: Junta de Extremadura.

Aunque existen cartografías geológicas recientes (Junta de Extremadura-Universidad de Extremadura, 2010; Apalategui et al., 2012; Palacios et al., 2013), los estándares geológicos básicos utilizados continúan siendo los representados por los mapas geológicos oficiales del Instituto Geológico y Minero (IGME) a escala 1:50.000 –Plan MAGNA– (López, 2017). Existen otros importantes compendios y manuales geológicos sobre la Península Ibérica o la propia España como el Libro Jubilar J.M. Ríos (IGME, 1983), el titulado “Pre-Mesozoic geology of Iberia” (Dallmeyer y Martínez, 1990), “The geology of Spain” (Gibbons y Moreno, 2002), “Geología de España” (SGE-IGME, 2004), “Geología de España: una historia de seiscientos millones de años” (Meléndez, 2004) y “The Geology of Iberia: A Geodynamic Approach” (Quesada y Oliveira, 2019).

Cabría mencionar también las numerosas publicaciones de marco estatal, ibérico o europeo sobre materias especializadas (hidrogeología, mineralogía, minería, petrología, paleontología, tectónica, geomorfología, etc.) como “Geología de los granitoides y rocas asociadas del Macizo Hespérico” (Bea et al., 1988), “Recursos Minerales de España” (García y Martínez, 1992) o “Geomorfología de España” (Gutiérrez, 1994), entre otros muchos.

También destacan los trabajos publicados sobre patrimonio geológico en Extremadura, como el manual denominado “Patrimonio geológico de Extremadura: geodiversidad y lugares de interés geológico”, editado por la Junta de Extremadura en 2005 bajo la coordinación de Pedro Muñoz Barco y Esperanza Martínez Flores (Junta de Extremadura, 2005; De Tena et al., 2017). Finalmente, existen compendios de publicaciones, aún incompletos, como el que se incluye en el blog Geologías de Extremadura, con alrededor de un millar de referencias bibliográficas.

La Comunidad Autónoma de Extremadura presenta un sustrato geológico muy variado desde el punto de vista químico (hay una Extremadura silíceo, otra arcillosa y finalmente una calcárea). Son rocas cuyas edades oscilan entre el Precámbrico Superior Terminal o Neoproterozoico (unos 550 millones de años) hasta las más recientes, que se están formando en las cuencas sedimentarias actuales, entre las que cabe mencionar Vegas del Gadiana, Ambroz, Alagón y Tiétar.

Excepto por la ausencia de rocas sedimentarias durante la era Mesozoica, donde los “terrenos extremeños” formaban parte de un gran continente (Pangea), el marco petrológico

de nuestra región es temporalmente bastante amplio, abarcando las etapas finales del Proterozoico y prácticamente todo el Fanerozoico, salvo la excepción hecha con el Mesozoico y comienzos del Cenozoico (figura 2-2).

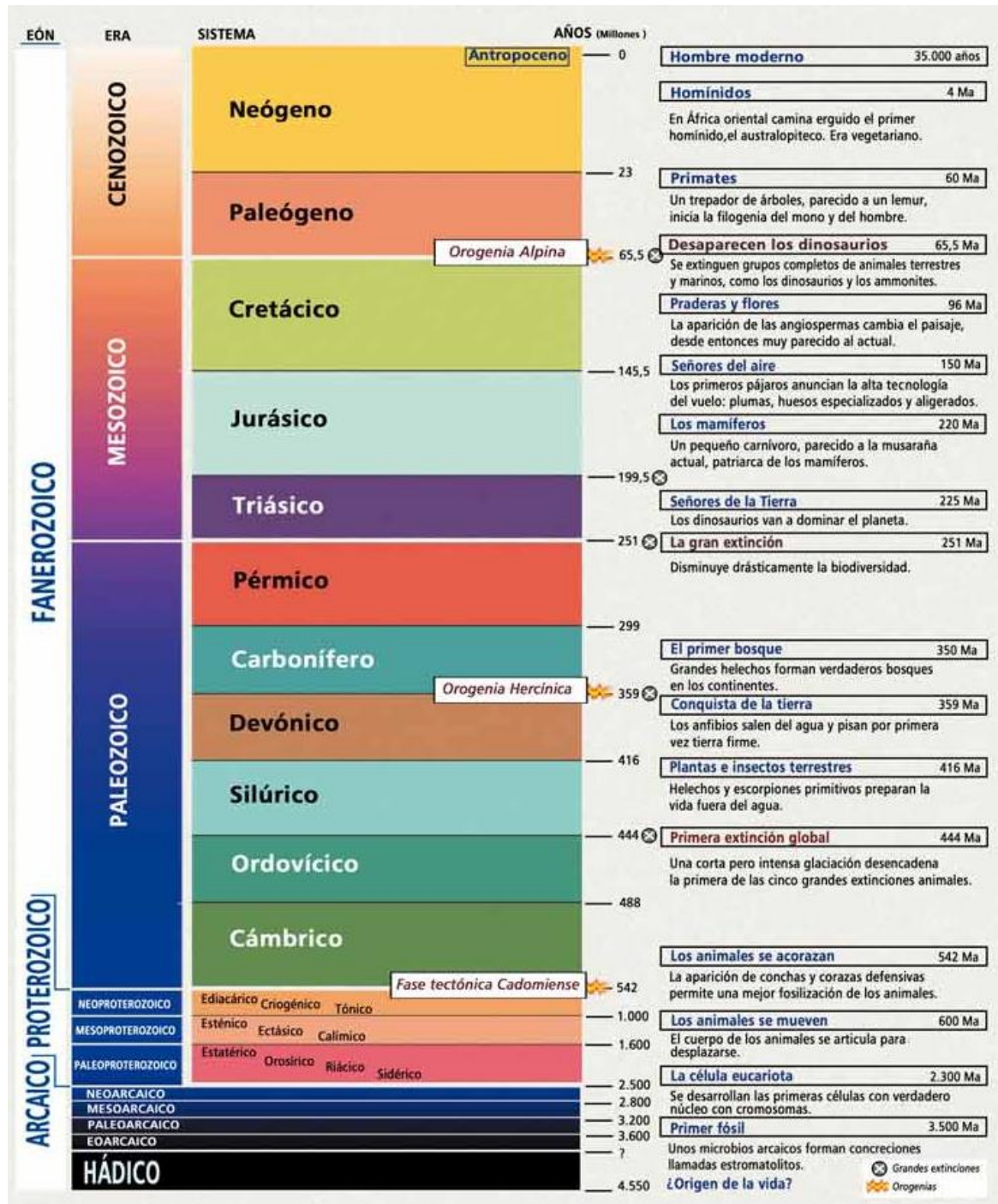


Figura 2-2. Columna crono-estratigráfica. Fuente: Rebollada et al. (2018c).

Durante el tiempo que tardó en conformarse la Extremadura física tal y como la conocemos ahora, ha habido varias orogénias (Cadomiense, Varisca y Alpina), que han sido

causantes de otros tantos fenómenos geológicos, sin los cuales no existiría el importante elenco de rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas que caracteriza a gran parte de este territorio.

La cordillera formada durante el orógeno varisco constituye el basamento pre-Mesozoico de Europa occidental y central, estando formado por rocas desde el Proterozoico Superior hasta el Carbonífero, deformadas y en parte metamorfizadas por diversos tipos de granitoides antes del Pérmico, producto de la lenta aunque continua colisión de dos grandes continentes, Laurussia y Gondwana, para formar el supercontinente Pangea (Meléndez, 2004).

Los afloramientos del orógeno varisco en la Península Ibérica se denominan “hercínicos” y forman el Macizo Hespérico o Macizo Ibérico (figura 2-3).



Figura 2-3. Zonificación del Macizo Hespérico. Fuente: Rebollada et al. (2018c).

Este macizo se ha subdividido tradicionalmente en zonas geológicas de categoría variable, existiendo en la Península Ibérica varias desde la primera catalogación realizada por el geólogo alemán Franz Lotze en 1945 (fundamentada a su vez en las observaciones de otro geólogo alemán, Hans Stille, de 1924 y 1929) y posteriores de Manuel Julivert y

colaboradores, de 1972 y 1974 (Linemann et al., 2018), o las últimas de Pedro Farias y colaboradores (Farias et al., 1987), y Ricardo Arenas y colaboradores (Arenas et al., 1988):

- Zona Cantábrica.
- Zona Asturoccidental-Leonesa.
- Zona Centroibérica.
- Zona de Galicia-Trás-os-Montes.
- Zona de Ossa-Morena
- Zona Sudportuguesa.

Todos estos denominados “dominios tectono-estratigráficos” se diferencian entre sí por ciertas características, entre las que destacan la paleoestratigrafía y la tectónica.

Extremadura participa en su territorio de dos de esos dominios o zonas, las denominadas Zona Centroibérica y Zona de Ossa-Morena (Rebollada et al., 2018c:63), en las que las rocas presentan una disposición general NO-SE.

La Zona Centroibérica en Extremadura se caracteriza por las pizarras y grauvacas (un tipo de arenisca de grano fino que resulta de la consolidación de sedimentos provenientes fundamentalmente de la meteorización de las rocas graníticas), rocas que presentan un grado de metamorfismo bajo o medio, lo que les proporciona algunas de sus características fundamentales, como pizarrosidad y foliación.

Además de pizarras y grauvacas existen importantes afloramientos de rocas ígneas (granitos *sensu lato*). Las rocas ígneas, fundamentalmente granitos, son características de algunas comarcas, como La Vera, Sierra de Gata o las Tierras de Alcántara. Configuran paisajes berroqueños típicos, algunos de ellos de gran espectacularidad geomorfológica y estética, entre los que quizá el más relevante de la Zona Centro Ibérica sea Los Barreucos, en Malpartida de Cáceres.

A las pizarras, grauvacas y granitos se le unen otro tipo de rocas sedimentarias, las areniscas cuarzosas, ortocuarzitas o cuarcitas, del Ordovícico, que conforman conjuntamente con otras rocas, como areniscas, lutitas y calizas, paquetes estratigráficos que aparecen plegados formando sinclinales como los de Villuercas y Sierra de San Pedro, o los más o menos aislados de Monfragüe, Cáceres, Cabeza del Buey o Herrera del Duque, todos ellos

con continuidad geológica en regiones limítrofes (Portugal, Salamanca, Toledo y Ciudad Real).

Pizarras y granitos son fundamentales para comprender los paisajes extremeños, que en general son la continuidad hacia el oeste de la penillanura fundamental de la meseta finipontiense (De Terán et al., 1994:20), que sólo es alterada orográficamente por las sierras de cuarcitas que jalonan especialmente la provincia de Cáceres y parte del noreste de la de Badajoz.

Tanto las rocas graníticas como las pizarrosas y grauváquicas, también en ocasiones las cuarcíticas, han sido de uso tradicional como piedra en seco, manteniéndose en ciertas áreas una cultura asociada a los oficios mineros, como los pizarreros de Villar del Rey o los canteros de Quintana, de gran valor etnográfico.

Por otro lado, la Zona de Ossa-Morena, que debe su nombre a la Sierra de Ossa en Portugal y a la Sierra Morena en España, está constituida, al igual que la Zona Centroibérica, por rocas con edades comprendidas entre el Proterozoico Superior y el Carbonífero, que se hayan variablemente metamorfizadas.

Sin embargo, el magmatismo es algo diferente al de la Centroibérica, por ser menos alcalino y más abundante y estar concentrado en tres lapsos de tiempo (Torres, 2014:11): Precámbrico terminal, Cámbrico-Ordovícico y Carbonífero.

A ello se une un metamorfismo localmente de grado medio y alto, causante de la aparición de gneises, mármoles, migmatitas, esquistos, etc., rocas que difícilmente se observan en la parte extremeña de la Zona Centroibérica.

Además, la tectónica de esta rama externa del orógeno varisco ha sido de mayor intensidad, compartimentando frágil y longitudinalmente (dirección NO-SE) las series estratigráficas, que por tanto aparecen muy tectonizadas (fracturadas y plegadas).

El extremo septentrional lo constituye la Zona de Cizalla Badajoz-Córdoba (o Unidad Central, dependiendo de los autores), una ancha banda entre las dos zonas presentes en Extremadura (Centroibérica y Ossa-Morena) y que es ampliamente aceptada en la literatura científica como límite entre ambas (Oliveira et al., 2016).

Al conjunto rocoso determinado por los materiales del Neoproterozoico y del Paleozoico deben añadirse los sedimentos y rocas sedimentarias del Cenozoico, materiales que bordean algunas de las áreas montañosas más importantes (Villuercas, Sierras Centrales, Macizo de Montánchez, San Pedro...), formando parte también de los rellenos de las fosas tectónicas sobre las que actualmente discurren los ríos Tajo y Guadiana y sus afluentes, encajonados o divagantes, casi todos controlados hidráulicamente en la actualidad por el ser humano mediante presas y embalses (tabla 2-1).

Tabla 2-1. *Grandes conjuntos del relieve y ejemplos*

PLANICIES		RELIEVES MONTAÑOSOS	DEPRESIONES SEDIMENTARIAS	TAJOS FLUVIALES		
Peni-llanuras	Trujillano-Cacereña	Estribaciones y macizos montañosos	Gata	Depresión de Coria	Tajo	
	La Serena		Las Hurdes	Vegas Altas del Guadiana	Almonte	
Cuencas terciarias	Tierra de Barros		Gredos	Fosas tectónicas	Vegas Bajas del Guadiana	Salor
	Llanos de Olivenza		Villuercas (Sierra de Guadalupe)		Campo Arañuelo	Sever
	Campaña Sur		Montánchez		Cuenca de Cañaverál	Alagón
Rañas	Castañar de Ibor		Sierras estructurales	Tentudía - Sierras del Sudoeste	Cubeta de Cabeza de Araya	Ardila
	Cañamero	Monfragüe		Albarragena	Matachel	
	Jaraicejo	San Pedro		Puerto de los Castaños	Bembézar	
	Valdecaballeros-Castilblanco-Alía	Sierras Centrales de Badajoz		Cuenca de Plasencia	Hoces del Guadiana - Puerto Peña	
	Sur de Alcuéscar	La Siberia-Los Montes				
	Alburquerque					
			Cuencas pull-appart (Falla de Alentejo-Plasencia)			

Fuente: *Elaborado a partir de Muñoz et al. (2014:48)*

Pero el rasgo dominante del paisaje extremeño es la penillanura, una extensa planicie más o menos adhesionada que le da entidad geomorfológica al oeste de España. Esta morfología, sin embargo, no implica una total uniformidad, sino al contrario, representa el elemento integrador de una enorme diversidad y riqueza biológica y geológica (Muñoz et

al., 2014; De Tena et al., 2017), como muestra el mapa de síntesis (dominios geomorfológicos) realizado por Tejedor et al. (2014) (figura 2-5).

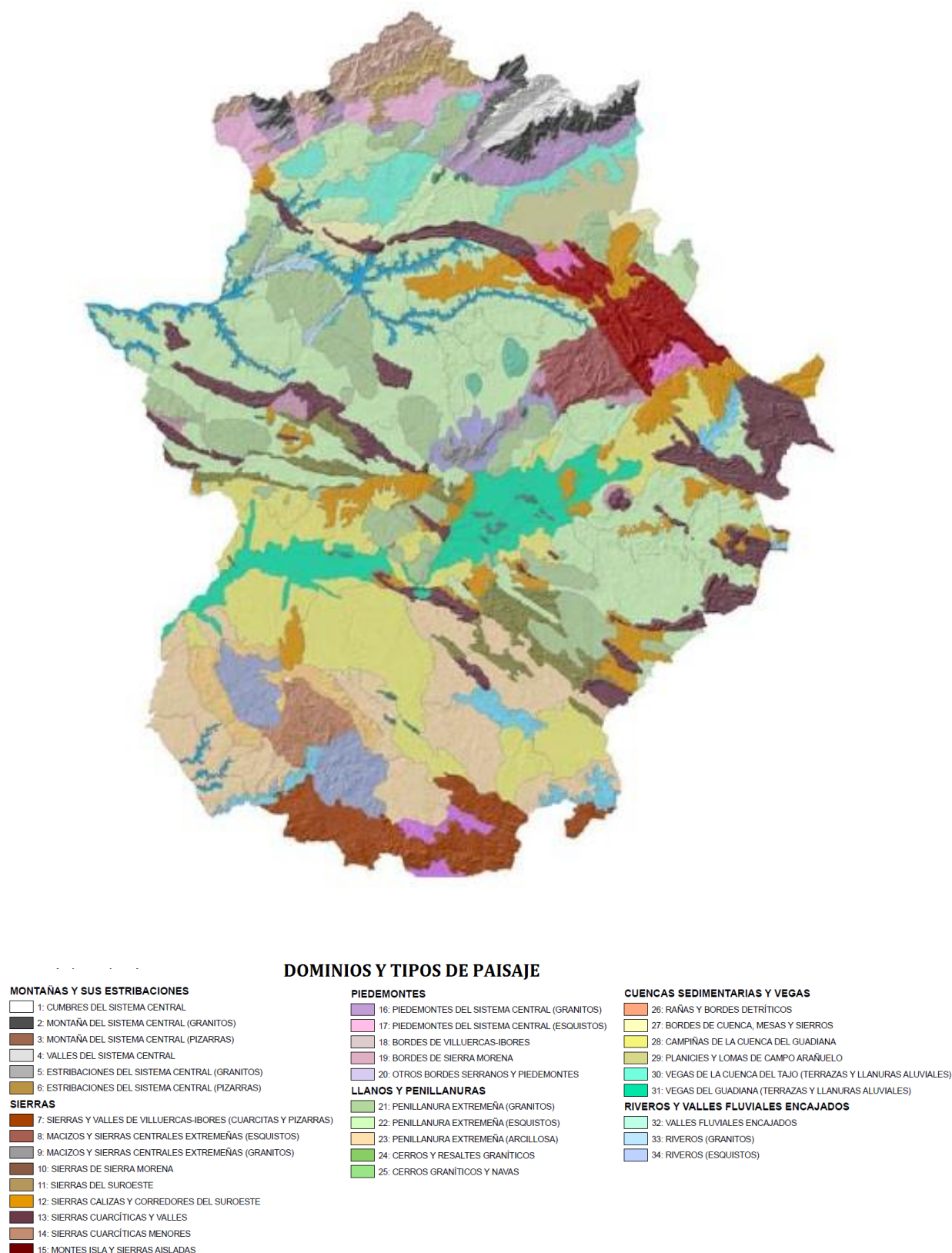


Figura 2-5. Mapa de dominios geomorfológicos y paisajes. Fuente: Tejedor et al. (2014).

Desde hace dos décadas la Universidad de Extremadura ha venido realizando aportaciones en materia geomorfológica, en la senda iniciada por las profesoras Dionisia Gómez Amelia en 1983, Susanne Schnabel en 1996 y María Teresa de Tena Rey en 2008 (Rebollada y Corrales, 2019), con sus respectivas tesis doctorales, con trabajos exploratorios como los de Ríos (2018) o los más generalistas sobre paisaje (Mateos et al., 2015b). A ellos debe añadirse otro interesante trabajo, la tesis sobre la geomorfología del río Aljucén, de Flor Inés Van Zuidam-Cancelado, del año 1989.

Por otro lado, aunque sucintamente, también la didáctica sobre ciencias geológicas ha sido investigada por profesores de las Facultades de Educación y de Formación del Profesorado. Algunas de estas publicaciones están citadas por Fernández et al. (1994).

2.1.3.- La Geología como recurso

Los recursos geológicos son, junto con el agua, el suelo agrícola, el ganado y la pesca, fundamentalmente, los pilares básicos sobre los que diseñar los aprovechamientos primarios de un país. El propio concepto de recurso incluye una connotación antropocéntrica, por el potencial aprovechamiento que se le otorga.

La concepción desarrollista de antaño en cuanto a los usos y aprovechamientos ha evolucionado, sobre todo ampliándose las facetas desde las que se observa el propio recurso. Este no es ya únicamente aprovechable económicamente (“económico” en este caso lleva implícito “productividad industrial”), sino también cultural y educativamente. Vemos cómo educación y cultura aprovechan un recurso natural sin apenas degradación, mientras que el uso económico clásico conlleva la desaparición o modificación del recurso, lo cual nos lleva a su vez a conceptos como sostenibilidad o circularidad.

Si exceptuamos las investigaciones de tipo industrial, que siguen siendo importantes por tener un elevado trasfondo económico, el desarrollo de la investigación educativa se ha situado en los últimos años en Extremadura a un nivel similar o superior al de la investigación en materia turística. No obstante, en regiones poco favorecidas para la implantación de una industria competitiva en materia geológica (minería básica de metales y otros productos, instalaciones de transformación, etc.) resulta importante desarrollar iniciativas para idear nuevos nichos de oportunidad a los recursos tradicionalmente destinados a un único fin, con un aprovechamiento insostenible, como es el de la industria

extractiva minera, que transforma prácticamente la totalidad de dichos recursos. Así, los usos de carácter cultural, que comenzaron a desarrollarse hace años en la educación, están pasando a ser útiles en la investigación turística, que tiene una importante componente económica en zonas rurales.

La educación está dando sin embargo nuevas opciones al uso de los recursos geológicos, con una mejora muy notable de las propuestas en Extremadura, gracias muy especialmente al espaldarazo dado a dichos recursos por encontrarse englobados, incluso integrados, en figuras de protección medioambiental, auspiciados todos ellos por las Administraciones Públicas (Junta de Extremadura, diputaciones provinciales y ayuntamientos) (Rebollada y Corrales, 2019).

2.1.3.1.- Recursos geomíneros

En 1980 el Instituto Geológico y Minero de España describe el potencial económico de los recursos geológico-mineros de Extremadura entre los años 1968-1979, cuyo resultado inmediato sería la puesta en marcha de proyectos como los planes de cartografía geológica a diferentes escalas, y de investigación específica de determinadas sustancias minerales (metálicas, no metálicas y energéticas) y rocas industriales, así como de aguas minerales.

Son varias las razones que ponen en cuestión el actual potencial económico de la minería. La principal cae en el campo de la macroeconomía, puesto que la rentabilidad tradicional de los recursos geológico-mineros se ve trastocada no sólo por su cotización bursátil, sino por las luchas estratégicas de los diferentes holdings que operan a nivel mundial.

Así, Extremadura, antaño una región con recursos y reservas importantes en minerales y elementos estratégicos, al perder las oportunidades de poner su nombre en el mapa de las producciones estratégicas de metales, perdió también la de ser moneda de cambio real, siéndolo virtual, en el sentido de que se comercia con títulos mineros fuera de nuestras fronteras, en los consejos de administración de un lobby controlado por norteamericanos, sudafricanos, canadienses y australianos, fundamentalmente.

Dicho lo cual, existe una opción para la economía, al menos la local, cual es sacar provecho del patrimonio minero existente: teniendo en cuenta que Extremadura posee un pasado minero muy abundante, sería posible obtener réditos rápidos con inversiones mínimas. Hablamos de hacer accesible al público sobre todo minas subterráneas o mixtas, donde el visitante pueda disfrutar de esos excepcionales paisajes. No olvidemos que mediante este método de aprovechamiento del patrimonio se obtendría en ocasiones más beneficio que del habitual aprovechamiento minero, como viene ocurriendo en la Mina La Jayona (Fuente del Arco) o en la Mina Pastora (Aliseda).

Sólo con poner en marcha algunos de los singulares lugares mineros catalogados como patrimoniales ya se crearía una amplia red de servicios terciarios asociados a la minería, que irían más allá de una realidad que muchos niegan, cual es que Extremadura dejó hace mucho tiempo de ser “territorio minero” en el sentido fundamental del término. Hablamos de localidades como Aldeacentenera, Azuaga, Berlanga, Cáceres, Castuera, La Codosera, Garlitos, Hornachos, Logrosán, Montánchez, La Parra, Plasenzuela, Perales del Puerto, Usagre, Valle de la Serena, y así un largo etcétera de explotaciones mineras repartidas por toda Extremadura, con diferentes características y correspondientes a diferentes épocas históricas, desde prerromanas hasta casi contemporáneas.

2.1.3.2.- Recursos culturales y turísticos

Con el galardón obtenido en 2018 por la Dirección General de Medio Ambiente de la Junta de Extremadura a la excelencia en el Mundo Subterráneo, otorgado por la Asociación de Cuevas Turísticas de España, Extremadura ha demostrado definitivamente disponer de herramientas de gestión adecuadas tanto educativas como turísticas (Fernández et al., 2004; Jordá, 2019). De hecho, la geodiversidad es protagonista en la Red de Espacios Protegidos de Extremadura, donde destacan cuatro monumentos naturales (Los Barruecos, Cueva de Castañar de Ibor, Mina La Jayona y Cuevas de Fuentes de León), a cuya lista se ha añadido recientemente el Berrocal de La Data, en Valencia de Alcántara, contando además con los recientemente declarados Lugares de Interés Científico “Sierra del Cordel y Minas de Burguillos del Cerro” y “Minas de Santa Marta”, que unidos al “Volcán de

El Gasco” constituyen un elenco geológico estratégico en la política turística (medioambiental) extremeña.

A este reconocimiento debe unírsele el del Geoparque Villuercas Ibores Jara, título que fue otorgado por la UNESCO en 2011 (Rebollada et al., 2014:413) y que es revalidado periódicamente cada cuatro años, ostentando actualmente la categoría de “Mundial”. Se trata de un territorio en el que, gracias al turismo geológico (incluyendo el turismo de paisajes geológicos), se ha creado una infraestructura económica paralela que lleva enriqueciendo hace aproximadamente una década los diecinueve términos municipales que lo conforman y definen (Corrales et al., 2013:14).

Con más de medio centenar de lugares de interés geológico, conocidos en la Red de Geoparques como geositios (Gil, 2012), el Geoparque Villuercas Ibores Jara constituye un área donde el valor natural se está transmutando en valor económico, una realidad de la que se está beneficiando la población local, especialmente a través de las empresas turísticas y hosteleras (Lagar et al., 2013).

Todos estos espacios naturales protegidos (Monumentos Naturales, Lugares de Interés Científico y Geoparque), así como aquellos otros de dicha red y de la Red Natura 2000 donde el sustrato geológico es un elemento destacado (Monfragüe, Garganta de los Infiernos, La Serena, Mina La Paloma, Puerto Peña, Sierra de San Pedro, Llanos de Cáceres, etc.) han puesto a Extremadura en la senda marcada a nivel nacional por otras Comunidades Autónomas en el uso del patrimonio geológico como vehículo de transmisión del conocimiento (Rebollada et al., 2018c).

Además, la gea extremeña también es protagonista en otras guías, como la Guía Repsol, que en 2015 nombró a Los Barruecos como mejor rincón de España.

Finalmente, algunos lugares geológicos presentan un valor medioambiental más amplio y generalista, como son muchas minas y cuevas no explotadas turísticamente, lugares y espacios incluidos en la Red Europea Natura 2000 como la Mina La Paloma (Zarza la Mayor), la Mina Mariquita (Usagre), la Mina Aurora (Burguillos del Cerro), la Mina Los Novilleros (Cheles), las Cuevas de Alconera o la Cueva del Valle de Santa Ana.

2.1.3.3.- Recursos educativos

El sistema educativo siempre ha sabido explotar los recursos a su alcance. Y en el caso de los recursos educativos geológicos este hecho resulta evidente, y así lo demuestra la práctica educativa, donde las excursiones geológicas al campo son, al igual que ocurre con las de índole biológica, la herramienta fundamental en la metodología educativa formal (Martínez, 2017), prácticamente en todos los niveles educativos: infantil secundaria, bachillerato y universitario.

Sin embargo, quizá por la crisis o por la simple evolución metodológica de la educación en ámbitos no formales e, incluso, informales, la enseñanza y el aprendizaje han buscado otros horizontes, como los que pueden brindar algunas ciudades a través de sus afloramientos geológicos naturales, pero también a través de los recursos petrológicos utilizados por casi todas las culturas a la hora de construir y reconstruir sus asentamientos y demás infraestructuras.

Así pues, las primeras experiencias parecen demostrar una mejora en la didáctica de las geociencias, lo cual ha abierto una línea de trabajo muy importante que debe seguirse investigando para profundizar en el alcance metodológico brindado por las construcciones existentes en pueblos y ciudades, e incluso en el entorno. Y aquí aparece el concepto de utilización horizontal del patrimonio: usar un elemento patrimonial no necesariamente geológico para comprender la geología de la zona (Rebollada et al., 2018b).

El uso de los recursos geológicos desde el ámbito educativo surge de las primeras y esporádicas publicaciones de los docentes prácticamente a título individual a través de editoriales que elaboraban materiales enfocados a Extremadura, en especial para la asignatura Conocimiento del Medio.

A finales de los años 90 del pasado siglo y principios del presente, gracias a los medios que dispuso la Consejería de Educación de la Junta de Extremadura, especialmente a través de sus Centros de Profesores y Recursos, se dotó de material educativo más formal. Así, desde el Centro de Profesores y Recursos de Cáceres, sin lugar a dudas el más activo en lo que a formación del profesorado de ciencias geológicas se refiere (junto con el de Mérida y Azuaga, aunque estos con menor actividad editorial), aglutinó en 2004 en torno a dicho centro a un grupo de docentes

para elaborar materiales educativos en ese sentido, destacando el denominado “Guía de visitas didácticas de interés ambiental en Extremadura” (Aguilera et al., 2004; Rebollada y Corrales, 2019), manual que serviría como base a la hora de programar las excursiones fuera del aula, tanto urbanas o como periurbanas o claramente rurales, por tratarse la mayoría de centros de interpretación, espacios naturales y otros lugares que cumplen más o menos esa condición de proximidad a los centros educativos. Excursiones destacadas por su marcado carácter geológico son las siguientes: Monumento Natural de Los Barruecos, Centro de Interpretación de Garganta de los Infiernos, Cabañas del Castillo, Monumento Natural Mina la Jayona, canteras de Portanchito, Balneario de Baños de Montemayor, Balneario de Alange, gravera para áridos (Montehermoso), pizarras de Villar del Rey, canteras de Quintana de la Serena, Museo de Geología (Mérida), Centro de Interpretación de la Cueva de Maltravieso e Instituto Tecnológico de Rocas Ornamentales y Materiales de Construcción (INTROMAC).

En línea con dicha publicación, pero con un carácter no formal, la Dirección General de Medio Ambiente de la Junta de Extremadura desde sus inicios puso a disposición de los docentes materiales básicos en todos aquellos espacios naturales protegidos dependientes de su gestión, incluyendo los de mayor raigambre geológica, como la Cueva de Castañar, Los Barruecos, la Mina La Jayona y las Cuevas de Fuentes de León, los dos primeros ubicados en la periferia de poblaciones. Se trata sobre todo de cuadernillos didácticos que incluyen el correspondiente apartado final de autoevaluación, muy útil a los docentes para evaluar la actividad fuera del aula de cara a su continuidad (que se incluiría en la correspondiente programación anual).

En el campo no formal destaca la tesis doctoral de Samuel Sánchez Cepeda (Sánchez, 2002), de la Universidad de Extremadura, titulada “Diagnóstico y Perspectivas de la Educación Ambiental en Extremadura“, que conllevaría una publicación en CD-ROM sobre equipamientos (centros de Educación Ambiental, aulas de la naturaleza, jardines botánicos...) y mediadores (Administración, ONG's, empresas) en Educación Ambiental en Extremadura.

Esta investigación puso a disposición de los profesionales y usuarios todos los recursos conocidos sobre Educación Ambiental en la región, en especial en los centros de interpretación (Monfragüe, Tajo Internacional, Garganta de los Infiernos,

Cueva de Castañar, Mina La Jayona, Los Barruecos, Cuevas de Fuentes de León...), cuyos contenidos geológicos concretos están integrados en las unidades sobre las que se desarrollan los programas de Educación Ambiental.

Esta investigación doctoral tuvo su continuidad en la realizada por María del Carmen Conde Núñez (Conde, 2005) sobre ecocentros, con una interesante intención de aplicabilidad formal para Educación Infantil y Primaria de todos los recursos educativos medioambientales existentes en Extremadura.

Para finalizar, resulta imprescindible señalar la labor educativa del Geoparque Villuercas Ibores Jara, por un lado, editando gracias a la Diputación Provincial de Cáceres varios manuales educativos, como el conocido como “Geo-Experiencias” (AA.VV., 2016) o “Conocimiento del medio natural, social y cultural” (Corrales et al., 2013), cuya línea editorial se seguiría en otras comarcas como La Serena (AA.VV., 2017) o La Siberia (Cardenal et al., 2017), que se ha encargado de publicar la Diputación Provincial de Badajoz conjuntamente con la Universidad de Extremadura, finalizando con el “Manual de conocimiento del medio natural de Extremadura” (AA.VV., 2020).

A estos manuales se deben añadir los volúmenes I y II de “Apuntes geológicos de la provincia de Cáceres”, editados en 2017 y 2019, respectivamente, conjuntamente por la Diputación Provincial de Cáceres y la AGEx (Fernández et al., 2017 y Fernández et al., 2019).

2.1.3.4.- Experiencias didácticas en Extremadura relacionadas con las Geociencias y la Geodiversidad

En Extremadura han sido varias las experiencias educativas que se han proyectado en ámbitos formales, algunas de las cuales han sido premiadas por sus contenidos docentes y su valor innovador (tabla 2-2). Se trata de los siguientes proyectos:

Tabla 2-2. *Proyectos educativos de geociencias galardonados*

AÑO	ENTIDAD	DENOMINACIÓN	PREMIO
1993	Grupo Lanius	Extremambiente, unidad didáctica de Educación Ambiental	Premio Nacional Educación y Sociedad
1995	IES Univ. Laboral	“Itinerario geológico para Aliseda y Malpartida de Cáceres”	Joaquín Sama
1998	IES <i>Norba Caesarina</i>	“Un día en Los Barruecos...y más”	Joaquín Sama
1999	IeS	“Iniciación al trabajo científico en Enseñanzas Medias”	Giner de los Ríos
2000	IES Jaraíz	“Itinerarios geoambientales en el Valle del Jerte. Materiales didácticos interactivos para Educación Secundaria”	Joaquín Sama
2001	IES Jaraíz	“Itinerarios geoambientales por la Sierra de Gredos”	Certamen materiales curriculares multimedia
2003	Varios IES	“Ciencia en ruta: otra forma de integrar”	Premios Nacionales a la Innovación Educativa
2006	IES Arroyo Harnina	“Esas cosas que pisamos, arrojamos y utilizamos: los minerales y las rocas”	Joaquín Sama Red de Información Educativa

- La primera iniciativa representativa del panorama científico docente, abrió las puertas a la visibilidad de la enseñanza de las ciencias geológicas dentro del sistema educativo radicado en Extremadura. Se trata de “Rocas y minerales de la región extremeña: su utilización didáctica”, de 1987, proyecto enfocado a Educación Primaria y dirigido por los profesores María del Carmen Redondo Muñoz, Agustín Jociles Callejas, Constantino Ruiz Macías, Concepción Caro Gámez y Teodoro González Bravo. Su objetivo fundamental era comunicar algunas técnicas didácticas (ya experimentadas) para la enseñanza de las rocas y los minerales de la Educación Básica y contribuir al conocimiento del mundo mineral de la región extremeña, con toda su riqueza de especies, variedades y complejidades (Redondo et al, 1987).
- En 1991 la unidad didáctica “Medio ambiente en Extremadura” (Corrales, 1993) obtuvo el primer Premio Semana de Extremadura en la escuela”. Se trata de una unidad de carácter transversal, orientada a la Educación Ambiental, incluyendo

contenidos que tienen en cuenta ideas clave y conceptos fundamentales, clasificados en: hechos, conceptos y principios; procedimientos; y actitudes, valores y normas para facilitar la comprensión y destacar su importancia. Este proyecto de unidad didáctica plantea una metodología constructivista, con recursos didácticos y actividades del alumnado, aportando orientaciones para la evaluación (qué, cómo y cuándo evaluar). La unidad didáctica incluye fichas relacionadas directamente con las geociencias, como la de fósiles, la de rocas o la del suelo.

- En 1993 el trabajo titulado “Extremambiente, unidad didáctica de Educación Ambiental” obtuvo el 2º Premio Nacional Educación y Sociedad en la convocatoria realizada por la Secretaría de Estado de Educación. Participaron María Isabel Blanco Andrada, Antonio Calle Porras, José María Corrales Vázquez, Mercedes Pulido Cordero, Andrés Rodríguez Rodríguez y Antonio Vega Peinado (AA.VV., 1996). Dado su carácter transversal, la unidad didáctica se aplica a diversas materias, todas ellas en Educación Secundaria: Ciencias de la Naturaleza, Ciencias Sociales, Lengua y Literatura, Educación Física y, finalmente, Educación Visual y Plástica. La unidad propuesta concibe las actividades teniendo en cuenta tres momentos diferentes a lo largo de su desarrollo: antes (corresponde al trabajo en el aula), durante (equivale al tiempo de permanencia para llevar a cabo el itinerario o salida de campo) y después (la vuelta al aula, donde se hará la selección y ordenación de la información recopilada, llegando a las conclusiones). Las actividades se apoyan en fichas didácticas, entre las que destacamos las correspondientes a rocas y fósiles. Se incluye un cuaderno del alumno y juegos de observación, orientación y recreativos, así como una metodología de evaluación de alumnado y profesorado.
- “Investigando fósiles”, de los profesores María P. Cruz Donado, José Antonio Novo Rodríguez y Miguel Ángel Calonge García, fue un proyecto surgido en 1993. Estaba dirigido a Educación Primaria, proponiendo una programación que cambiara la preconcepción que asocia la paleontología como ciencia al dominio universitario y de los museos, transformando dicha idea apoyándose para ello en el método científico (Cruz et al., 1994).
- “Itinerario geológico por Aliseda y Malpartida de Cáceres” fue un proyecto que vio la luz en 1995, obteniendo el Premio Joaquín Sama dicho año (Rivero, 1996). Su autor fue José Manuel Rivero Martín, profesor del Centro de Enseñanzas Integradas

(IES Universidad Laboral), de Cáceres. El proyecto incluía una excursión didáctica para el estudio y observación de fenómenos o características geológicas. Los objetivos de la actividad fueron: identificar minerales, ratificar el concepto de cristal, consolidar conocimientos petrológicos, reconocer pliegues y fracturas geológicas, utilizar e interpretar mapas topográficos y grandes rasgos de mapas geológicos, interpretar perfiles edáficos sencillos, conocer las características físicas y químicas más importantes que condicionan la erosión diferencial, valorar el grado de influencia de las litologías en el modelado del relieve, conocer los diferentes agentes y condiciones que influyen en el modelado del relieve, conocer los rasgos más notorios de diferentes tipos de “relieves singulares” (penillanura, crestas cuarcíticas, etc.), describir un paisaje, teniendo en cuenta sus componentes y elementos visuales, determinar los impactos y agresiones más frecuentes en el paisaje, reconocer variables personales que influyen en la percepción personal del paisaje y evaluar la fragilidad visual de un paisaje.

- En 1996 el proyecto “Itinerario ecológico por la comarca de las Villuercas (Cáceres)”, de Fernando Durán Oliva, obtiene el Premio Joaquín Sama en 1996 (Durán, 1997). En dicho proyecto se incluyen contenidos geológicos a observar durante el itinerario (Portilla del Almonte, Cabañas del Castillo, Solana de Cabañas...), como: conocimiento de las rocas más abundantes en la comarca villuerquina y grado de alteración-erosión de las mismas; observación y estudio de fenómenos naturales ocurridos en las rocas de la zona: pliegues y fallas; conocimiento de una formación característica del relieve serrano extremeño: las pedrera o canchales de ladera, que en la comarca se denominan casqueras; obtención de una idea global de relieve serrano de tipo «apalachiano o apalachense» (al que también podríamos denominar villuerquino), y su comparación con la penillanura extremeña. Del mismo modo se plantean actividades prácticas de tipo geológico, como determinar los elementos de un pliegue o medir rumbo y dirección de diaclasas, entre otras.
- Un trabajo sobre innovación educativa consigue en 1998 el segundo premio de la IV edición del Premio Joaquín Sama (Junta de Extremadura, 1999). Se trata del trabajo centrado en el paraje Los Barruecos, por entonces recientemente declarado por la Junta de Extremadura espacio natural (fue el primero de los cinco Monumentos Naturales existentes en la actualidad –Los Barruecos, Mina La Jayona, Cueva de

Castañar, Cuevas de Fuentes de León y Berrocal de La Data–), principalmente por sus valores geológicos y geomorfológicos. Son precisamente estos aspectos geomorfológicos los que explora el proyecto premiado, denominado “Un día en Los Barruecos...y más”, de los profesores Remedios Corral Rodríguez y Leonardo Criado Cambón, del IES *Norba Caesarina*, de Cáceres. Los objetivos didácticos concretos referidos a geología fueron: identificar los tres elementos principales del paisaje de Los Barruecos: la geomorfología, los ecosistemas terrestre y acuático y las actividades humanas; distinguir la acción de los agentes geológicos externos y los agentes geológicos internos y los mecanismos de actuación de cada uno de ellos para la formación del paisaje; advertir que las rocas están sometidas a cambios a través del tiempo; reconocer los tipos de rocas plutónicas y metamórficas que aparecen siguiendo los itinerarios propuestos; reconocer cuál es la influencia de las diaclasas del granito en las formaciones del berrocal; interpretar algunos fenómenos ocurridos en la Tierra que han dejado su huella en las rocas; comprender la lentitud de los fenómenos geológicos comparándolos con la duración de la vida de las personas o de la Historia de la Humanidad.

- En 1998 docentes de diferentes centros educativos (Mercedes Arroyo Luengo, Margarita Martín Mangas, María Soledad Martín López, Manuel Escalonilla García-Patos, Amparo Jiménez Muñoz y Diego Navarro Bonilla), dirigidos por Adela Prieto Baltasar, llevan a la práctica el proyecto denominado “Diseño de unidades didácticas del área de Ciencias de la Naturaleza” (Junta de Extremadura, 2002:356). El proyecto pretendía integrar y completar el currículo oficial del Ministerio de Educación y Ciencias del área de Ciencias de la Naturaleza para 3º de ESO y para la Educación Secundaria para Personas Adultas, con contenidos propios de la cultura extremeña. Los objetivos generales fueron: incorporar en el currículo los temas transversales desde un punto de vista cercano al entorno sociocultural y natural de los alumnos y diseñar unidades didácticas que unificasen las dos materias que componen el área, Biología y Geología y Física y Química.
- Durante el curso escolar 1998-1999 un grupo de profesores de diferentes centros educativos de Extremadura, coordinados por Juan Ramos Sánchez, del IES *Al-Qazeres*, desarrolla y coordina un proyecto titulado “Carpeta de transparencias y diapositivas fotográficas para la didáctica de las Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente en 2º curso de Bachillerato”, que obtendría apoyo ministerial dentro de la

línea de innovación educativa. El equipo de trabajo estuvo formado por los profesores: Juan Ramos Sánchez, Carmen Aguilera Collado, Javier Molina González, Fernando Alfonso Cervel, Sebastián Arévalo Crespo, Remedios Corral Rodríguez, Juan Gil Montes, Santos Martín Sánchez, Alfonso Mora Peña, Magín Murillo Fernández, Juan Paniagua Berrocal, José Manuel Rivero Martín, M^a Isabel Arceredillo Montero, Antonia Caballero Gallardo, Jesús de Castro García, Gonzalo Encinas Guzmán, Domingo Lorenzo Gago, Antonio Muriel Bernal, María Jesús Pintado Vidal y Ángel Calleja Pardo. El proyecto consistió en preparar 200 transparencias y 350 diapositivas distribuidas en 12 carpetas temáticas (la humanidad y el medio ambiente; las capas fluidas de la Tierra; la contaminación del agua; la contaminación del aire; la dinámica de la Geosfera; las necesidades energéticas y minerales; los riesgos geológicos; la erosión del suelo; la dinámica de la Biosfera; la necesidad de alimentos; las agresiones al paisaje; los problemas ambientales globales; medio ambiente y desarrollo sostenible). Parte de este material se utilizaría para la monografía sobre Extremadura para 4º de ESO titulada “Ciencias de la Naturaleza. Biología y Geología” (Alfonso et al., 2003) y para el libro de Ciencias de la Tierra y Medioambientales de 2º de Bachillerato de la Editorial Oxford (Alfonso et al., 2006).

- Otro proyecto de gran relevancia (“Iniciación al trabajo científico en Enseñanzas Medias”), coordinado por José Manuel Rivero Martín, del Grupo de Innovación Educativa Iniciación al Trabajo Científico en Enseñanzas Medias, fue galardonado en 1997 con el Premio Nacional a la Innovación Educativa del Centro de Investigación y Documentación Educativa (Ministerio de Educación y Cultura, 1998). Ese mismo proyecto educativo se alzó en 1999 con el primer premio en los XVII Premios “Francisco Giner de los Ríos” a la Mejora de la Calidad Educativa en Enseñanza Secundaria. Este proyecto presentaba tres años de coordinación, que tuvo continuidad bajo el esfuerzo de un amplio grupo de profesores, organizados en la asociación Investigación en Secundaria (IeS), que sigue organizando las Reuniones Científicas y editando la revista de investigación juvenil *MERIDIES* (Revista de Investigación de las Ciencias de la Naturaleza para Alumnos de Enseñanzas Medias). A través de los 23 años que se ha mantenido la iniciativa, han participado alrededor de cinco mil alumnos de ciento cincuenta centros educativos de España y otros países europeos y sudamericanos. Este proyecto consiste en la iniciación al trabajo

científico de alumnos y alumnas de enseñanza secundaria y en el mismo participaron unos 200 alumnos y alumnas de 4 centros de la provincia de Cáceres. El trabajo elaborado por los alumnos siguió las siguientes fases: elaboración del proyecto, documentación bibliográfica, desarrollo experimental, presentación preliminar de resultados, participación en un congreso o reunión científica y publicación. Todo ello fue ilustrado por ejemplos prácticos y reales realizados en el campo de las ciencias de la naturaleza. Los grupos participantes presentaron diferentes proyectos de investigación que posteriormente fueron desarrollándose en cada instituto bajo la dirección concreta de un profesor. Los resultados obtenidos se presentaron dando una estructuración científica, para participar en la "I Reunión Científica para alumnos de Enseñanzas Medias, Cáceres 97". Los trabajos fueron valorados por un consejo asesor formado por investigadores, profesorado universitario y de enseñanzas medias que trabajaban en otras provincias españolas. En esta reunión todos los grupos presentaron y defendieron sus trabajos de investigación ante los demás participantes. Finalmente, fueron publicados catorce trabajos, como representativos de los cincuenta y tres elaborados, en el número 1 de la revista *MERIDIES*, que también incluyó los resúmenes de la conferencia inaugural y de clausura, así como de la exposición de micro y macrofotografía ligada a la reunión científica ya reseñada (Rivero, 2018).

- En 1999 Juan Carlos Ridruejo Corral dirige el proyecto educativo “El relieve extremeño comentado a través de imágenes”, en el que participaron los docentes Rosa García Serrano, Sonia Cuéllar Sanz, José Montero Omenat y Francisco Naharro Monge (Junta de Extremadura, 2002:466). El proyecto consiste en una colección de diapositivas del campo extremeño con las que se pretende que los alumnos recuerden e identifiquen los paisajes cuando viajen por la Comunidad Autónoma o por otras en las que observen paisajes similares. Junto con cada diapositiva aparece un mapa con la ubicación donde se tomó la imagen, la descripción del lugar y un comentario sobre las peculiaridades y características del terreno (cómo se formó el relieve, tipo de rocas que se encuentran, agentes que influyen en la formación, etc.).
- Domingo Quijada González dirige el proyecto “Historia general del Campo Arañuelo, la Jara y los Ibores” en 1999 (Junta de Extremadura, 2002:395). Dicho proyecto se materializa en un libro que recoge la historia de la zona cacereña de las tres comarcas desde la Prehistoria hasta la actualidad. La historia se presenta de

forma sintetizada, analizando las épocas y temas fundamentales, claves para comprender la evolución y situación actual. La obra también incluye un análisis del clima, la geología, la edafología, la vegetación, la situación y localización de la zona. El objetivo principal del trabajo era servir al profesorado como material de apoyo en la introducción de la Historia Extremeña en el currículum de los alumnos de Educación Secundaria.

- El proyecto “Itinerarios geoambientales en el Valle del Jerte. Materiales didácticos interactivos para Educación Secundaria”, de Mariano Gaité Cuesta, del IES Jaraíz (Jaraíz de la Vera, Cáceres) obtiene en el año 2000 el tercer premio de la VI edición del Premio Joaquín Sama (Junta de Extremadura, 2000). Mariano Gaité Cuesta y Raquel Cruz Ramos obtienen igualmente en 2001 el 3^{er} premio del certamen sobre materiales curriculares multimedia aplicados al aula, con otro trabajo de gran similitud, titulado “Itinerarios geoambientales por la Sierra de Gredos”, colgado en la plataforma tiching.com/. Ambos proyectos incluyen un estudio ambiental detallado cuyo objetivo básico era facilitar el aprendizaje significativo de los contenidos ambientales. Al mismo tiempo con su puesta en marcha se consigue un conocimiento integrado y riguroso de la región de estudio, con el fin de conseguir una mayor implicación frente a los problemas ambientales y una mayor valoración y respeto hacia el medio, contribuyendo así al desarrollo armónico de la persona en la sociedad en la que vive y en definitiva al Desarrollo Sostenible de la región en donde se lleven a cabo estas enseñanzas. La aplicación elaborada sirve para el desarrollo didáctico de las materias de Geología y especialmente de las Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente de 2º de Bachillerato y también del currículum del área de Ciencias de la Naturaleza en la Enseñanza Secundaria Obligatoria, a través de un estudio integrado detallado de una región natural del Sistema Central, ayudados por el uso de las nuevas tecnologías de la información (Vehí y Verd, 2004).
- En el año 2000 el proyecto “Paisajes visuales extremeños”, dirigido por Eduardo Arrojo Martín, elabora material curricular a nivel de Educación Secundaria que sirva al profesorado para reforzar en sus alumnos sus conocimientos de Historia, Geología, Biología, Ecología y Medio Ambiente de Extremadura (Junta de Extremadura, 2002:431). Este propósito se lograría a través de ilustraciones comentadas de los paisajes extremeños más representativos. Entre los objetivos del trabajo están: dar a conocer al alumnado la diversidad de paisajes que existen en Extremadura, lograr

que el alumno descubra a partir del paisaje los diferentes ecosistemas extremeños, enseñar a los alumnos a interpretar un paisaje para que partiendo de él descubran parte de la historia de ese territorio, descubrir que los paisajes se forman por la interrelación de factores geológicos, biológicos e históricos, concienciar a los alumnos sobre los problemas ambientales que originan las actuaciones humanas sobre los ecosistemas extremeños.

- Con la participación de numerosos centros educativos, el trabajo “Ciencia en ruta: otra forma de integrar” obtuvo una mención honorífica de los Premios Nacionales 2003 a la Innovación Educativa (Boletín Oficial del Estado, 2003). Dicho trabajo perdura actualmente como medio de transmisión del conocimiento dentro de Extremadura, mediante diversos paneles que van exponiéndose sucesivamente en los institutos de enseñanza secundaria. El proyecto se llevó inicialmente a cabo en una docena de centros de enseñanza secundaria de Extremadura y uno de Gandía (Valencia). Participaron por parte de Extremadura los profesores (por orden alfabético): Fernando Alfonso Cervel, Ricardo Basco López de Lerma, Francisco Blázquez Paniagua, Francisco Javier Caballero Carrasco, Emilio Fernández Vicioso, María Francisca Gutiérrez Calderón, Paula Mañas Núñez, Óscar Martín Pascua, Rosalía Merino Márquez, Ascensión Morales Vicente, Luisa Fernanda Peralta Esperilla, Felipe Pizarro Calles, Juan Ramos Sánchez, José Antonio Regodón Mateos, José Manuel Rivero Martín, Consuelo Ruiz Medina y Ana María Trinidad Núñez, y por parte de la Comunidad Valenciana el profesor Salvador Blasco Cervera. El primer coordinador fue Felipe Pizarro Calles, al que le sucedió José Manuel Sánchez Cabanillas. La idea surgió en la Reunión Científica para Alumnos de Enseñanzas Medias en el curso 2000-2001, celebrada en Logrosán. Los objetivos marcados fueron: inculcar valores asociados a la investigación; favorecer la integración del alumnado, partiendo de la diversidad de los participantes; promover en el alumnado el desarrollo de estrategias mentales para comprender de manera crítica la realidad y el entorno; desarrollar la creatividad; generar congresos y reuniones entre los alumnos para que compartan y debatan sus experiencias; implicar a los alumnos en la transmisión de experiencias; fomentar el manejo de las nuevas tecnologías de la información; aprender a leer de manera crítica, desarrollar habilidades de búsqueda bibliográfica y de comprensión lectora; insertar la vida del centro educativo en los planteamientos sociales y económicos de la realidad; eliminar

las barreras entre ciencias y humanidades; implicar a los alumnos en la educación para la salud, la educación ambiental y la enseñanza de materias instrumentales; y por último generar materiales curriculares dinámicos y creativos. El proyecto consiste en una exposición itinerante de paneles donde se recogen los trabajos de investigación realizados por alumnos de enseñanza secundaria, presentados de manera inicial en la Reunión Científica de Enseñanza Secundaria y recorriendo España de instituto en instituto. Cuando los paneles llegan a un centro se exponen y se organizan trabajos y actividades relacionadas con el aprovechamiento pedagógico del material en custodia. Cada año se elabora un cuaderno donde se recogen los resúmenes de todos los trabajos presentados. Se realizan estadísticas sobre la participación de los alumnos, la integración de diferentes colectivos e inmigrantes y el ámbito educativo al que afecta. Se evalúa en dos vertientes: por un lado, los alumnos valoran la consecución de objetivos durante la actividad mediante un cuadernillo de trabajo; por otro, el profesorado valora el proyecto mediante encuestas y reuniones realizadas a lo largo del curso. El proyecto viene celebrándose de manera ininterrumpida desde el curso 2000-2001, habiéndose celebrado reuniones científicas en numerosas localidades a lo largo de dos décadas (Logrosán, Cáceres, Alcántara, Villanueva de la Serena, Trujillo, San Vicente de Alcántara, Don Benito, Tiétar, Montánchez, Barcarrota, Villafranca de los Barros, Montijo, Alcuéscar, Plasencia y Jaraíz de la Vera) y a las que han venido asistiendo cientos de alumnos en cada edición. Los profesores más implicados han sido llamados para exponer esta actividad en foros nacionales e internacionales como, por citar sólo dos, la Universidad Internacional Menéndez Pelayo de Santander o el Gobierno Regional de La Libertad (Perú) (Rivero, 2018). Además, el reconocimiento más relevante de los trabajos presentados por el alumnado hasta el momento ha tenido lugar en 2018 a dos alumnos de 4º ESO del IES Maestro Gonzalo Korreas, de Jaraíz de la Vera (Cáceres), que anteriormente habían presentado su trabajo en la XX Reunión Científica y que fueron elegidos con ese mismo trabajo para representar a España en el XXIX *European Union Contest of Young Scientists 2017* que se celebró en Tallin (Estonia) y allí para representar a la Unión Europea (UE) en el *Intel International Science and Engineering Fair* celebrado en Pittsburgh (Estados Unidos de Norteamérica) en mayo de 2018 (Manjón, 2018).

- En 2006 recibió una mención especial del XII Premio Joaquín Sama el proyecto “Esas cosas que pisamos, arrojamos y utilizamos: los minerales y las rocas”, de José Antonio Regodón Mateos, del IES Arroyo Harnina, de Almendralejo. El proyecto se encuentra inserto en la Red de Información Educativa (REDINET) del Ministerio de Educación y Formación Profesional (<http://redined.mecd.gob.es/xmlui/handle/11162/28350>), consistente en una aplicación informática con materiales educativos focalizados al aprendizaje sobre minerales (definir los conceptos de materia amorfa, materia cristalina, mineral y cristal; saber cómo se forma un mineral; conocer las propiedades de los minerales; identificar los principales minerales a simple vista; clasificar los minerales; conocer las aplicaciones y utilidades más importantes de los minerales) y rocas (diferenciar las rocas de los minerales; saber cómo se forma una roca; conocer los principales tipos de rocas; identificar las rocas más comunes; conocer las aplicaciones más importantes de las rocas), e incluyen mapas conceptuales, teoría, ejercicios (crucigramas, verdadero o falso...), juegos (sopas de letras, ahorcados...), etc.
- En 2012 nace un proyecto en el Instituto de Enseñanza Secundaria Albarregas, de Mérida, dirigido por el Profesor Ramón González Cerrato. Dicho proyecto educativo, denominado ARCE (Agrupaciones y Redes de Centros Educativos) (Benito et al., 2011), involucra a varios centros de otras comunidades autónomas (IES Vicente Sos Baynat de Castellón, el IES Albarregas de Mérida y el IES Isabel La Católica de Madrid). El proyecto está dirigido al conocimiento del medio físico-geológico de Extremadura, en áreas vinculadas geográficamente con la Vía de la Plata, como la mina *Pepita* (llamada también *El Berrocal*), en Mérida, y la mina de *Aguablanca*, en Monesterio. El objetivo primordial es buscar relaciones entre la minería y la Vía de la Plata. Tanto el IES Vicente Sos Baynat como el IES Albarregas participan llevando a cabo una serie de actividades relacionadas con el entorno físico, social, cultural e histórico de cada uno de los dos centros. El objetivo es ampliar las expectativas de aprendizaje de los alumnos haciéndolos más críticos con su entorno. El aglutinante entre ambos centros es la figura de Don Vicente Sos Baynat, geólogo, que desarrolló su trabajo tanto en tierras valencianas como extremeñas. Por otro lado, Don Vicente se mantuvo ligado y comprometido con los planteamientos de la Institución Libre de Enseñanza (ILE). Esto explica el trabajo conjunto entre un centro educativo de Castellón, su lugar de origen; otro de Mérida, donde creó el Museo de Geología de

Extremadura, y la colaboración de un instituto de Madrid, el IES Isabel La Católica, heredero del Instituto Escuela y la ILE. El proyecto ARCE tuvo una duración de dos cursos académicos (2010-2012) y estuvo financiado por el Ministerio de Educación del Gobierno de España.

Dentro del campo de la educación no formal e informal, deben destacarse las iniciativas de la AGEx, organización formada por profesionales y aficionados a la geología, docentes y no docentes. Esta organización sin ánimo de lucro lleva a cabo actividades geológicas por toda la región. Entre ellas figuran las realizadas en las ciudades de Cáceres y Plasencia y su entorno, siempre en la Vía de la Plata, constituyendo un ejemplo de intervención educativa no formal en entornos patrimoniales urbanos y periurbanos (Rebollada et al., 2015). Las actividades realizadas han sido “Geolodía por la ciudad monumental de Cáceres” el año 2013, “Geolodía por Aldea Moret (Cáceres)” en 2015, y las rutas geológicas “Ciudad Monumental de Cáceres” y “Maltravieso y entorno”, entre otras (Rebollada et al., 2017b).

2.1.3.5.- Geolodía: una experiencia educativa fuera de las aulas

El entorno urbano de las poblaciones asociadas a la Vía de la Plata suele ser motivo de visitas didácticas por otras disciplinas, entre las que sobresale la Historia, dado el protagonismo del destacado patrimonio monumental que atesora desde hace dos milenios. Sin embargo, viene siendo habitual observar que diferentes colectivos utilizan los tramos urbanos de la Vía de la Plata como objeto de una enseñanza tanto formal como no formal e informal. Muy buenos ejemplos de ello pueden ser la Enseñanza de la Arquitectura y la Enseñanza Medioambiental.

Las ciudades en general han sido durante años campos de experimentación educativa en Geociencias, denominándose de varias maneras, entre otras Geología Urbana. De hecho, son numerosas las investigaciones educativas que utilizan el medio urbano cada vez con mayor profusión para la enseñanza de nociones geológicas a todos los niveles educativos. No sólo eso, ha habido una trascendencia hacia la educación geológica urbana no formal, es decir, no integrada en el sistema educativo, pues sus destinatarios son personas que se acercan al conocimiento desde una postura de aprendizaje espontáneo, a veces relacionada con el ocio. En España existe un modelo pedagógico que explota este tipo de enseñanza no formal, el Geolodía, surgido en 2005 en el Parque Geológico de Aliaga, en Teruel (Crespo-

Blanch et al., 2016:91), que a su vez tiene como referente la iniciativa alemana “Geotop”, y que en la actualidad reúne cada año en todas las provincias españolas a miles de ciudadanos interesados por el conocimiento geológico, que determinados especialistas enseñan y difunden en un lenguaje científico adaptado a cada situación social y educativa.

La presente investigación tiene su precursora no sólo en las intervenciones educativas desarrolladas con alumnos de la Universidad de Extremadura, tal y como ya hemos adelantado, sino también en varias experiencias previas llevadas a cabo en varias localidades extremeñas para la difusión y divulgación de las Geociencias, el denominado “Geolodía” o “Día de la Geología”. Se trata de una estrategia educativa nacional de carácter no formal o informal que se desarrolla anualmente en el mes de mayo en prácticamente todas las provincias y ciudades autonómicas españolas (figura 2-6).



Figura 2-6. Geolodías llevadas a cabo en España. Fuente: Internet.

Dichas actividades divulgativas de la Geología están organizadas por la Sociedad Geológica de España (SGE) (www.sociedadgeologica.es), colaborando en Extremadura la Asociación Geológica de Extremadura (AGEx) (www.agex.org).

En Extremadura se vienen realizando este tipo de experiencias desde el año 2009 (Rebollada et al., 2015), concretándose en las ciudades de Cáceres y Plasencia

del origen natural (procesos y materiales geológicos) y adaptación humana (uso del medio geológico para satisfacer sus necesidades y demandas), con una implícita referencia al desarrollo sostenible. Estas actividades se han concretado en la enseñanza geológica en la ciudad a través de los elementos físicos que componen su patrimonio, principalmente histórico-artístico y, en menor medida, natural e industrial.

Las rutas diseñadas hasta la fecha en los Geolodía de Extremadura han sido diversas y van desde itinerarios por las zonas urbanas, tanto monumentales como comerciales e industriales, hasta itinerarios periurbanos. Paseos por áreas comerciales, plazas y calles de las áreas monumentales o parques y otro tipo de áreas musealizadas son algunos de los ambientes en los que se han diseñado las salidas desde un punto de vista no formal la mayoría de las veces.

Tanto en Cáceres como en Plasencia el Geolodía ha concentrado a un buen número de personas a las que se les han explicado los conceptos geológicos más didácticos según el itinerario ofrecido. En ambos casos, al tratarse de rutas geomonumentales el material geológico protagonista ha sido la roca. Con los diferentes tipos de rocas se han explicado la mayoría de los procesos a ellas asociados (conceptos básicos sobre petrología, sedimentología, mineralogía, paleontología, etc.), que suelen integrarse en ideas como el ciclo litológico o la Teoría de la Tectónica de Placas.

Geolodía, como actividad informal, lúdica, inteligible y rigurosa, busca mejorar la percepción social de la geología (Crespo-Blanch et al., 2016):

“Todo ello encaminado a alcanzar una meta que conviene no perder de vista:

- a) Observar con “ojos geológicos” el entorno en el que se asientan nuestras poblaciones y entender, a través de los efectos que tienen sobre la superficie, algunos de los procesos geológicos que actúan en y sobre la Tierra.*
- b) Descubrir y conocer nuestro patrimonio geológico, así como tomar conciencia de la importancia y necesidad de protegerlo.*
- c) Divulgar la labor de los profesionales de la geología y lo que éstos pueden aportar a la sociedad.” (p. 93)*

Además de estos itinerarios geomonumentales por los entornos urbanos y periurbanos de Plasencia y Cáceres, fuera del marco del Geolodía se han realizado algunos otros exclusivamente por Cáceres, como el referido en general a las fuentes y al agua a lo largo de toda la ciudad, el específico sobre el acuífero de El Calerizo (que suele realizarse por la Ribera de El Marco), el de las minas periurbanas de fosforita localizadas en las inmediaciones del barrio minero de Aldea Moret, el de las rocas ornamentales de las fachadas de los comercios en torno al Parque de Cánovas o el de las cuevas situadas en El Calerizo de Cáceres (Cueva de Maltravieso, Cueva de El Conejar...).

Otra actividad que ha seguido los pasos del Geolodía en cuanto a formato ha sido el Hidrogeodía, que está poco a poco consolidándose como una oferta provincial anual en toda España. A propósito del Día Mundial del Agua, que se celebra el 22 de marzo, en Extremadura el Hidrogeodía ha celebrado dos jornadas, ambas en Cáceres: la primera, sobre las aguas subterráneas (Ribera de El Marco) y la segunda sobre las aguas subálveas (Parque del Príncipe y alrededores), esta última en formato virtual por motivo de la pandemia SARS-CoV 2.

Además, aprovechando la realización de dichos Geolodía, se han elaborado materiales diversos, esencialmente posters informativos y divulgativos (figura 2-8), que incluyen rutas con explicaciones de los elementos geológicos que pueden reconocerse a lo largo de diferentes recorridos (anexo IV). Estos materiales incluyen siempre mapas que permiten a quien realiza el recorrido conocer algo sobre Geología al mismo tiempo que Historia, Arquitectura, etc. (Rebollada et al., 2015).



Figura 2-8. Carteles anunciadores de Geolodía en las ciudades de Cáceres y Plasencia. Fuente: Geologías de Extremadura (<http://geologiasextremadura.blogspot.com.es/>) y AGEx (www.agex.org).

En la enseñanza práctica de las geociencias existe una clara relación interdisciplinar entre la Geología y el patrimonio histórico-artístico. Tal es así que en la Conferencia de Belgrado organizada por la UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) en 1975 (conocida como Seminario Internacional de Educación Ambiental) se hizo una recomendación en dicha línea: estimular el uso de recursos de la propia comunidad para el desarrollo de programas educativos (museos, fábricas, centros comerciales) (Alonso, 2010:17).

En el recopilatorio histórico que esta autora realiza (a través de las numerosas reuniones y congresos habidos tanto nacionales –Barcelona 1973; Asturias 1982; Sitges 1983; Madrid 1985, 1988 y 1995; Cádiz 1985; La Coruña 1985; Valsaín 1987 y 1996; Las Navas del Marqués 1988; Pamplona 1988; Granada 2002, 2004, 2005 y 2007– como internacionales –Berna 1913; Basilea 1946; Fonteneblau-París 1948; Nueva York 1949; Lucerna 1966; Gran Bretaña 1968; Suecia 1968; Ginebra 1968; París 1971; Founex 1971; Estocolmo 1972; Nairobi 1973; Aix-en-Provence 1972; Belgrado 1975; Tblisi 1977; Nairobi 1982; Moscú 1987; La Haya 1989; Perth 1990; Río de Janeiro 1992; Tessalónica 1997–) se hace cada vez más evidente que la Educación Ambiental resulta en la práctica una síntesis formativa entre las Ciencias Naturales y las Sociales, o, en otras palabras, la indiscutible relación entre lo natural y lo social, económico y cultural, algo en lo que la educación ambiental ha hecho especial esfuerzo y que ha dado como resultado lo que conocemos en la actualidad como Desarrollo Sostenible o más genéricamente como sostenibilidad.

Es muy probable que las geociencias se hayan beneficiado del nuevo concepto aglutinador educativo medioambiental. El tratamiento interdisciplinar es clave para que numerosas materias conecten entre sí, incluyendo a la geología, ciencia experimental por excelencia, junto con las matemáticas, la física, la química o la biología. Blanco et al. (1999) proponen ejemplos de relaciones interdisciplinares, que aunque referidos a Ciencias de la Naturaleza sirven para reafirmar la necesidad que en educación tiene el que las materias “tiren unas de otras” como procedimiento válido para una mejor enseñanza y aprendizaje.

El enfoque interdisciplinar tiene especial efecto en Extremadura, con gran valor patrimonial natural, etnográfico, histórico, artístico y arquitectónico, lo que

facilita por su número y cercanía a los centros educativos las potenciales experiencias enriquecedoras y reveladoras de la dinámica de la propia naturaleza, de la que el ser humano forma parte. Este último concepto debe enfocarse para implicar al alumnado en las actividades que se programen o planifiquen, sean rurales o urbanas.

2.2.- La Vía de la Plata

La Vía de la Plata atraviesa un amplio abanico de paisajes y ecosistemas naturales, que atesoran un rico y diverso patrimonio cultural, etnográfico y arqueológico.

A través de diecisiete tramos oficiales, en la actualidad el corredor Vía de la Plata actúa como proyecto cultural, de ocio y turismo (centros de interpretación, yacimientos arqueológicos, alberques turísticos, etc.), sobre la base de una importante infraestructura patrimonial y cultural (Maldonado, 2010).

Con unos condicionantes geográficos incuestionables, las comunidades humanas que poblaron el suroeste peninsular contaron en época prerromana con una red de caminos naturales que permitieron los contactos sociales, económicos y culturales desde el valle del Guadalquivir hasta la Meseta Norte y de la Meseta Sur con el litoral Atlántico.

La cultura tartésica, de gran influencia orientalizante y basada en el comercio de los metales (oro, plata y estaño), se transmitió por todo el suroeste a través de caminos de fácil acceso, condicionados por la dirección de los distintos accidentes topográficos.

La conquista romana se extendió también utilizando algunas de estas vías naturales y posteriormente fundando ciudades en las zonas con mejores recursos naturales y estratégicos. Entre estas, mejoró y acondicionó, permitiendo el paso de carruajes, la calzada que unía las ciudades romanas de la depresión del Guadalquivir (*Gades*, *Hispalis*, e *Itálica*) con las regiones recién conquistadas del noroeste peninsular ricas en yacimientos auríferos.

Desde la Edad Media se viene denominando *Camino o Vía de la Plata* al tramo de calzada romana que coincide en parte con la vía XXIV y las del Itinerario Antonino (Antonino Augusto Caracalla). Sin embargo, aunque para algunos especialistas sólo se puede considerar como tal el tramo comprendido entre *Augusta Emerita* y *Asturica Augusta*, parece

generales gracias a los intercambios culturales realizados a lo largo y ancho de la misma, sobre todo a partir del Medioevo como camino de conquista y reconquista, y también de peregrinaje a Santiago de Compostela, para adorar al apóstol en la actual capital de Galicia.

De aquella vía prototrashumante que atravesaba estratégicamente un territorio surcado por sierras, valles y ríos, derivaría un auténtico camino moderno para romanizar una de las fronteras del Imperio, donde además del objetivo militar concurría la existencia de importantes recursos mineros, cuya explotación llevaron los ingenieros romanos a un elevado grado de desarrollo, como se puede ver aún hoy en día en diversos yacimientos mineros (principalmente auríferos) del noroeste de la Península Ibérica.

Las obras de Claude Domergue “Les exploitations aurifères du Nord-Ouest de la Péninsule Ibérique sous l’occupation romaine” de 1970 y “Las minas de oro romanas de la provincia de León: razones de una excavación arqueológica” de 1971 (Domergue, 1970; Domergue, 1971; Puche, 2011), así como la tesis doctoral de Francisco Javier Sánchez-Palencia de 1983 (Zubiaurre, 2017:21), describen entre otros el conocido conjunto minero de Las Médulas (Matías, 2016), declarado Patrimonio de la Humanidad en 1997 (Villahoz, 2018:11), o específicamente los de la Lusitania romana (muchos de ellos hoy en día dentro de Extremadura, que no en balde ostentaba la capitalidad de la provincia), reconocidos durante los congresos internacionales sobre patrimonio geológico y minero, en su X edición celebrada en Coria en septiembre de 2010 (SEDPGYN, 2009; Rebollada et al., 2009) o en su XV edición celebrada en Logrosán en 2015, junto a descripciones recopiladas por Sánchez y Currás (2017:395).

Podría afirmarse que la construcción de la calzada tendría, durante la República romana, fines militares, después comerciales (inicialmente más bien saqueo y expolio) y, finalmente, administrativos y de control territorial durante el Imperio.

Actualmente, aun existiendo importantes tramos originales de calzada romana, especialmente en el “*Iter ab Emerita Asturicam*” (término acuñado por Roldán Hervás en su tesis doctoral de 1971) (Roldán, 1971), los diferentes usos superpuestos, ya sean ganaderos o para el tráfico rodado actual de mercancías y personas, han creado una amalgama de comunicaciones que mantiene su denominación alusiva al primitivo “*camino empedrado*”, en latín tardío *Via Delapidata* (Gil, 2004; Gil y Bayón, 2010:33), es decir, calzada pública empedrada, y que aún hoy perdura transformado en Camino o Vía de la Plata (denominación esta sin relación alguna con el valioso elemento metálico).

Un amplio corredor que se ha convertido, ante todo, en un cauce fluido de saberes y culturas, que han dejado a todo lo largo y ancho del recorrido que va desde el Mediterráneo hasta el Atlántico, que es aceptado actualmente (Muñoz, 2010), en un verdadero museo al aire libre de elementos de carácter monumental, muy propicios para desarrollar propuestas culturales amplias, dígase educativas o turísticas (Cruz y Escribano, 2013), economicistas incluso (“*Negotium*” lo denomina Roldán Hervás (Roldán, 2007; González, 2018:213), de antecedentes prehistóricos y romanos.

Las potencialidades de índole educativa de este corredor no han sido todavía suficientemente explotadas: a pesar de coincidir con el calificativo de “Universidad Abierta” que a este respecto le es otorgado por Muñoz (2015:181), son de destacar los trabajos específicos de Maldonado (2010) y Maldonado et al. (2018) y muy especialmente los de Rebollada et al. (2017b, 2018a y 2018b), que indagan en los pormenores del uso del patrimonio histórico-artístico de la ciudad de Cáceres para la enseñanza de las Geociencias a alumnos de enseñanza superior.

2.2.2.- Reseña histórica

Desde época prerromana los pueblos que habitaban la Península Ibérica buscaron los mejores accesos naturales que les permitieran viajar de unas zonas a otras. Entre estos caminos eran conocidos los que unían el sur con las tierras más septentrionales de lusitanos y vetones, rutas que permitieron, primero a los cartagineses y luego a los romanos, la colonización de las regiones que estos últimos denominaban Bética y Lusitania. Terminadas las conquistas romanas de cántabros y astures, la importancia económica y estratégica de estos lugares empujó al Imperio a la construcción de calzadas que permitieran una mejor comunicación. Aparentemente así nacería en el occidente peninsular el itinerario que unía *Augusta Emerita* (Mérida) con *Asturica Augusta* (Astorga) hacia el norte y con *Hispalis* (Sevilla) hacia el sur. La calzada supuso una mejora de la accesibilidad al territorio del norte muy importante. Así, por ejemplo, se tardaban sólo dos jornadas cortas en realizar el trayecto de 46 millas entre *Augusta Emerita* (Mérida) y *Castra Caecilia* (Cáceres).

Por Extremadura, de sur a norte, discurre buena parte de la que fuera la columna vertebral del sistema hispanorromano de caminos: las vías XXIII (*Iter ab Ostio Fluminis Anae Eméritam Usque –Itinerario desde la desembocadura del río Ana hasta Emérita–*) y XXIV (*Iter ab Emérita Caesaraugustam –ruta desde Cesar Augusta hasta Emérita–*) del

Itinerario Antonino (González, 2014:354), que unían la desembocadura del Guadiana con *Asturica Augusta* a través de *Augusta Emerita*, ciudad que ostentaba la capitalidad de la Lusitania y, como tal, actuaba como nudo de conexión entre las calzadas que unían las ciudades lusitanas con las del resto de la Península. Se piensa que durante el mandato del emperador Augusto la calzada comienza a tener el aspecto que de ella se conoce actualmente. La última reparación, documentada en un miliario en Casar de Cáceres, fue realizada en tiempos del emperador Valente (364-378 d. C).

Con la caída del Imperio Romano la calzada deja de repararse, siendo saqueados o reutilizados algunos de sus elementos constructivos a lo largo de los siglos posteriores, razón de su deterioro y de restauraciones inadecuadas en algunos tramos (Ej. Baños de Montemayor).

Según la tradición en el año 812 un eremita ve destellos fosforescentes de “luces milagrosas” y encuentra un cementerio y el supuesto sepulcro del Apóstol Santiago (*Sanctus Iacobus* –también se dice Jacob, Jacobo, Jaime, Iago, Tiago, Diego o Santiago–, el hermano mayor de San Juan Evangelista) en *Campus Stellae* (Compostela) y en el año 813 el rey asturiano Alfonso II el Casto se traslada desde Oviedo a este lugar para visitar la tumba del Apóstol, iniciándose así las peregrinaciones que marcarán decididamente el rumbo económico, religioso, político y social de los reinos hispánicos.

Desde entonces la Vía de la Plata comenzaría a ser utilizada por los cristianos que, desde muchos lugares del mundo conocido y muy especialmente desde el sur peninsular, peregrinaban por dicho camino (también llamado hoy Mozárabe por ser utilizado principalmente por los cristianos que vivían en Al-Andalus) hasta Compostela para visitar la tumba del Apóstol Santiago, por entonces ya convertido en uno de los símbolos religiosos más importantes de la historia de Occidente. Los peregrinos hacían penitencia recorriendo dicho camino, llevando una indumentaria característica: túnica corta, manto de lana gruesa con capuchón, ancho sombrero, bastón o bordón, sandalias, alforja de cuero, calabaza con agua y adornos de grandes conchas o veneras (*Pecten jacobaeus*).

A partir del año 1273, fecha en que el rey Alfonso X el Sabio crea el Honrado Concejo de la Mesta, la Vía de la Plata es empleada como itinerario para la trashumancia de las cabañas reales. Los rebaños aprovecharán los pastos del sur en invierno y los del norte en verano, denominándose a dichos itinerarios cañadas reales, existiendo muchas tipologías,

cuyo conjunto se engloba en la categoría de vías pecuarias, todas ellas protegidas por ley hasta la actualidad. El trayecto de la Cañada Real de la Plata no seguía exactamente la calzada romana, que era prácticamente rectilínea en terrenos llanos, sino que en muchos de sus tramos seguía otras trayectorias, guiada probablemente por otros condicionantes ganaderos (pastos, descansaderos, abrevaderos, etc.).

La evolución histórica nos presenta la Vía de la Plata desde época protohistórica como eje natural de comunicación, consolidándose este aspecto en época romana, según se desprende de los Vasos Apolinales, las Tablas de Barro de Astorga (también “Itinerario de Barro” o “Tabletas o caminos de Duumviro Lépido”), el Itinerario Antonino, el Anónimo de Rávena y otros textos como el Código Teodosiano o las Etimologías de San Isidoro de Sevilla.

Las comunicaciones medievales utilizaron la Vía de la Plata para unir en pocas jornadas de viaje las diferentes fortificaciones construidas en ese momento y que marcaban una especial defensa del territorio y de sus recursos. Aunque actualmente caben otras interpretaciones como las de Rodríguez Morales y Gil Montes, reseñadas por Muñoz (2015:151), será en el Medievo (según se desprende del “Libro de la Montería del Rey Alfonso XI”, de 1345) cuando se consolida la denominación de “la plata” a partir del término árabe de *Bal'latta* (pavimento o camino pavimentado, ancho y principal), que define la tipología del camino enlosado con grandes lajas de piedra.

Este itinerario sirvió a las tropas reconquistadoras de los reinos cristianos de León y Castilla, siendo utilizada también durante los siglos XV-XIX como Camino Real de Castilla a Extremadura. Ya a finales del siglo XIX el ferrocarril llegó a Extremadura, pudiendo afirmarse que la original configuración de la red ferroviaria extremeña N-S responde al primitivo trazado axial de la Vía de la Plata. Otro tanto podría decirse del transporte por carretera de la N-630 y de la posterior autovía A-66.

2.2.3.- Materiales geológicos y características constructivas de las calzadas

La calzada estaba construida con una elaborada técnica de ingeniería caminera. Fuera de las zonas urbanas, sobre el sustrato rocoso se creaba el *statumen*, a base de piedras de tamaño apreciable, mezcladas con tierra. Sobre el *statumen*, capa de gran espesor en zonas encharcadas, se construía el *rudus*, una espesa capa de arena y grava gruesa compactada. A

ambos lados de estas capas se excavaba una pequeña zanja o cuneta de drenaje sobre la que se colocaban los gruesos bordillos de la calzada.

En determinadas zonas que así lo requerían (ciudades, *mansios*, puentes) sobre el *rudus* era habitual colocar otra capa, el *stratum*, que son losas de piedra con gran dureza. Sin embargo, en la inmensa mayoría de su trazado, no se utilizaba el *stratum*, sino el *nucleus*, una fina capa de rocas tamizadas (arenas y gravillas), a modo de “capa de rodadura” (Hamey y Hamey, 2015; Moreno, 2018b) (figura 2-10).



Figura 2-10. Construcción de una calzada romana. Fuente: Imagen cedida por el ilustrador Antonio Grajera.

En un corte transversal, las calzadas presentaban una leve pendiente desde el eje central (lomo) hacia sus laterales, para facilitar la escorrentía. La calzada, como carretera romana, tendría unos seis metros de anchura (20 pies) para facilitar el cruce de dos carros, unos bordillos laterales y la pendiente de su perfil longitudinal rara vez superaba el 5% (Gil y Bayón, 2010:38).

A la propia calzada deben añadirse otros elementos constructivos de interés para la didáctica relacionada con los materiales geológicos utilizados: puentes, alcantarillas, cunetas, desmontes, terraplenes, muros, canteras y graveras cercanas. Este conjunto se encuentra disperso en el entorno de la Vía de la Plata, especialmente fuera de las poblaciones, destacando en esta línea investigadora los trabajos realizados por el ingeniero D. Isaac Moreno Gallo (Moreno, 2010, 2011 y 2018a y 2018b).

La construcción de la calzada romana supuso la edificación de las paradas para avituallamiento y descanso, conocidas como “*mansios*”, a una jornada de camino unas de otras (equivalente a unas 20-25 millas romanas). En lo que hoy corresponde a Extremadura, según el Itinerario Antonino en el trayecto entre la actual ciudad de Mérida y el límite fronterizo entre las provincias de Cáceres y Salamanca existieron las siguientes mansios: *Augusta Emerita, ad Sorores, Castra Caecilia, Turmulos, Rusticiana, Capera* y *Caecilius Vicus o Caelionico* (esta última cerca del Puerto de Béjar).

El trayecto de la calzada romana estaba marcado en millas romanas (una milla romana equivale a mil pasos, es decir, unos 1480 m), con hitos cilíndricos de piedra monolítica, generalmente granítica, llamados marcos, miliarios o piedras miliares, de unos dos metros de altura y unos cuarenta centímetros de diámetro, muchos de los cuales se pueden ver aún en el recorrido entre Mérida y Salamanca.

Los miliarios (figura 2-11) presentan una base cúbica para su cimentación. Se colocaban cada milla romana y llevaban grabados algunos datos, como el nombre del emperador del momento de su construcción o restauración, con los títulos o cargos que este poseía, la fórmula “*a*” seguida del lugar desde donde se calculaba la distancia y/o la fórmula “*ad*” (expresada esta en millas), y las formas verbales “*fecit*”, “*reficit*” o “*restituit*”, que indican la acción de hacer, rehacer (reconstruir) o restaurar (*restituir*) el miliario en cuestión.



Figura 2-11. Izquierda: miliarios procedentes de la Vía de la Plata, colocados junto a la iglesia de Carcaboso. Derecha: miliario correo (Aldea del Cano)

2.2.4.- Integrando el patrimonio cultural en el patrimonio natural

Hemos querido incluir un apartado con un claro enfoque histórico-artístico debido al extraordinario valor del mismo y a que las actividades prácticas fuera del aula requieren diseñar un análisis geológico también de tipo histórico.

Teniendo en cuenta que las construcciones e incluso algunas esculturas se llevaron a cabo con diferentes materiales del entorno, resulta muy interesante conocer las peculiaridades de los elementos que constituyen dicho patrimonio histórico-artístico, a fin de establecer relaciones lógicas entre elementos patrimoniales culturales y naturales.

Desde un punto de vista científico, la Vía de la Plata ha sido objeto de estudio y debate académico en varios congresos (Zamora, 1991; Tarragona 2004, Astorga, 2006; Castilblanco de los Arroyos, Sevilla, 2010; Mérida, 2013) y jornadas, como las que se celebran en concreto anualmente en las localidades de Los Santos de Maimona y Fuente de Cantos, provincia de Badajoz. Son importantes igualmente el Congreso Internacional de Asociaciones Jacobeas, que en 2017, en Antequera, cumplió su decimoprimer edición, o los ya tres Fórum do Camiño do Santiago, celebrados en 2015, 2017 y 2019, el Congreso Científico Internacional sobre el legado del Camino de Santiago, que en 2017 llegó a su décima edición, o los de carácter religioso, como el congreso celebrado en Cori (Italia) a finales de 2017, así como el 1^{er} Congreso Internacional sobre el Camino Mozárabe de Santiago, celebrado en Baena en 2010 y su segunda edición celebrada en Mérida en 2013.

El alcance y arraigo de la Vía de la Plata ha quedado plasmado en los últimos años en la enseñanza, de una manera al menos indirecta, a través del nombre dado a algunos centros educativos. Por ejemplo, sólo en Extremadura tenemos:

- Instituto de Enseñanza Secundaria “Ruta de la Plata” (Calamonte).
- Instituto de Enseñanza Secundaria “Alba Plata” (Fuente de Cantos).
- Instituto de Enseñanza Secundaria Obligatoria “Vía de la Plata” (Casar de Cáceres).
- Centro Rural Agrupado “Vía de la Plata” (Baños de Montemayor) –del que a su vez dependen los de Aldeanueva del Camino, La Garganta, Gargantilla, Segura de Toro y Valdelamatanza (provincia de Salamanca)–.
- Colegio de Educación Infantil y Primaria “Alba Plata” (Cáceres).
- Colegio –concertado– “Ruta de la Plata” (Almendralejo).

Si contásemos otras denominaciones, como las referidas al Apóstol Santiago, habría que añadir al Instituto de Enseñanza Secundaria “Santiago Apóstol” (Almendralejo).

El patrimonio histórico-artístico en torno al corredor de la Vía de la Plata en todo su trayecto, y particularmente en el tramo extremeño (tabla 2.3), se muestra como un verdadero «museo abierto» (Muñoz, 2010).

Tabla 2-3. Algunos elementos destacados de estilos arquitectónicos en la Vía de la Plata

ESTILO	EJEMPLO
Romano	<ul style="list-style-type: none"> - Acueductos en Mérida (Los Milagros, San Lázaro...). - Puentes (Alconétar y Mérida). - Arcos (Tetrápilo, en Cáparra, y de Trajano, en Mérida). - Templo de Diana, circo, teatro y anfiteatro (Mérida). - Muralla de Cáceres.
Hispano-visigodo	<ul style="list-style-type: none"> - Basílica de Santa Lucía del Trampal (Alcuéscar). - Casa Herrera (Mérida). - Xenodochium –albergue-hospital– (Mérida).
Islámico	<ul style="list-style-type: none"> - Alcazabas (Mérida y Montemolín). - Aljibe (Cáceres). - Murallas (Galisteo y Cáceres). - Torres albarranas (Cáceres).
Románico	<ul style="list-style-type: none"> - Iglesia de Santa Eulalia (Mérida). - Catedral Vieja (Plasencia). - Palacio de los Monroy (Plasencia).
Mudéjar	<ul style="list-style-type: none"> - Iglesia Nuestra Señora de la Asunción (Galisteo). - Plazas Grande y Chica (Zafra). - Monasterio de Tentudía (Monesterio)
Gótico	<ul style="list-style-type: none"> - Concatedrales (Cáceres y Mérida). - Iglesia de San Pedro (Garrovillas) - Alcázar de los Duques de Feria (Zafra).
Renacentista	<ul style="list-style-type: none"> - Iglesia de Santiago (Cáceres). - Palacio de los Golfines de Arriba (Cáceres). - Palacio Episcopal (Cáceres). - Casa de los Toledo-Moctezuma (Cáceres). - Casa de Carvajal (Cáceres). - Convento de San Francisco (Cáceres). - Coro de la Catedral Nueva (Plasencia).
Barroco	<ul style="list-style-type: none"> - Iglesia Parroquial de la Candelaria (Zafra). - Ermita de la Estrella (Los Santos de Maimona). - Ermita de la Coronada (Villafranca de los Barros). - Palacio de los Marqueses de Monsalud (Almendralejo). - Catedral (Plasencia): Retablo Mayor y Altar de las Reliquias. - Iglesia de Santa María (Baños de Montemayor).

Fuente: Elaborado a partir de Junta de Extremadura (2009).

La Vía de la Plata cuenta con Conjuntos Monumentales en Mérida, Cáceres, Galisteo, Granadilla, Plasencia y Zafra, e incluso numerosos elementos de la arquitectura civil (palacios, castillos, casas solariegas), religiosa (iglesias parroquiales, ermitas, monasterios) y popular (almazaras, molinos, fuentes), además de grandes obras públicas (acueductos, puentes, presas, termas...) todo ello en el marco de unos espacios naturales variados que aglutinan y enriquecen el conjunto patrimonial. Tanto por el patrimonio histórico-artístico propiamente romano como por el patrimonio medioambiental, la Vía de la Plata debe ser considerada un tesoro vivo que hay que conservar, pero también poner en valor para un uso sostenible.

En lo concerniente al arte romano, destacan los restos arqueológicos asociados a la calzada romana de la Plata. En las propias ciudades son relevantes los elementos sobre todo arquitectónicos civiles, como ocurre en *Augusta Emerita*, con infraestructuras civiles (acueductos y puentes, además de la propia calzada), o en Cáceres –*Norba Caesarina*–, con restos de arquitectura civil (sobre todo murallas, como la de la Puerta del Río o Arco del Cristo) y militar (campamento militar de *Cáceres el Viejo*).

La actual Mérida fue en su época romana capital de la provincia lusitana y en ella aún se conservan dos embalses (Proserpina y Cornalvo), cuatro acueductos y sus conducciones (Los Milagros –de 9 km de recorrido–, Rabo de Buey-San Lázaro –de 5 km de longitud–, más la conducción desde Cornalvo, de 29 km, y el periurbano de Las Abadías) (Alba et al., 2010), así como los puentes sobre el río Guadiana, obra magnífica, de 755 m de longitud y 60 arcos, y sobre su afluente, el Albarregas. El Museo Nacional de Arte Romano atesora probablemente el mayor conjunto de arte romano peninsular (Nogales y Álvarez, 2020).

Al norte de Cáceres, en la *mansio* de *Turmulus*, situada sobre la propia calzada romana, tenemos el Puente de Alconétar, que se construyó para salvar el cauce del río Tajo, de 290 m de longitud y que siglos después fue trasladado (entre 1969 y 1970) a una zona libre del nivel de las aguas del nuevo Embalse de Alcántara.

Como ejemplo de obra civil de extraordinario valor se encuentra el teatro romano de Mérida, construido a finales del s. I a.C., con 86 m de diámetro y capacidad para 6000 personas. Otros elementos a destacar en Mérida son el Anfiteatro, el Circo, el Templo de Diana, el Foro, la Casa del Mitreo o el Arco de Trajano. Además de los elementos arquitectónicos, las excavaciones arqueológicas llevadas a cabo durante al menos un siglo

han permitido descubrir esculturas y mosaicos, relacionados especialmente con *Augusta Emerita* y el resto de ciudades y *mansios* ubicadas en las inmediaciones de la Vía de la Plata. En una de esas ciudades, Cáparra, podemos observar el espléndido arco tetrápilo que aún se yergue después de dos milenios de historia y en el cercano pueblo de Jarilla el destruido templo de Piedras Labradas.

El arte hispano-visigodo está representado fundamentalmente en la Vía de la Plata en Alcuéscar, con la Basílica visigoda de Santa Lucía del Trampal, iglesia que fue parte de un monasterio. En Mérida quedan restos del albergue-hospital o *xenodochium*, así como del baptisterio de la Casa Herrera y también en la Basílica de Santa Eulalia, con la “Ecclesia senior” de la que no quedan vestigios o, finalmente, las pilastras visigodas reutilizadas en el aljibe de la alcazaba árabe de Mérida. En el Museo Arqueológico Provincial de Cáceres es posible admirar numerosas piezas visigodas provenientes de necrópolis o edificios religiosos de Alcuéscar, Zarza de Granadilla, Galisteo o Montánchez, entre muchas otras. Merece especial atención el muestrario del Museo de Arte Visigodo de Mérida, con pilastras, canceles, tenantes, capiteles, frisos, etc.

En las poblaciones situadas en la Vía de la Plata existen algunos ejemplos de obras de estilo islámico, como las alcazabas de Montemolín y Mérida, las murallas de Cáceres (construidas sobre las romanas), las torres albarranas de la Hierba y Bujaco en Cáceres y las murallas de Galisteo.

En cuanto al arte románico, más bien tardorrománico de tipo “cisterciense”, destacan: la Iglesia de Santa Eulalia, en Mérida, construida tras la reconquista cristiana de la ciudad, ocurrida en 1229, sobre la basílica visigoda de la Mártir Santa Eulalia; la Iglesia de Nuestra Señora de la Asunción, en Galisteo, erigida a finales del siglo XIII en las cercanías de la Puerta de Santa María. En Plasencia: la Catedral Vieja de Plasencia (Catedral de Santa María), donde destacan los capiteles románicos sobre los que descansan seis arquivoltas de la puerta occidental, parte del claustro o la torre gallonada de la Capilla de San Pablo; la Iglesia de San Nicolás, con su pila bautismal, la portada septentrional y algunos ventanales de tipo Románico tardío; la Iglesia de San Pedro, con un gran tambor absidal semicilíndrico con imposta y ventanal además de canecillos, su arco triunfal doblado y apuntado, tramo presbiteral de medio cañón apuntado y el ábside con bóveda de horno, y la portada norte, todo ello tardorrománico; la Iglesia del Salvador, con su ábside tardorrománico; la Iglesia de la Magdalena, con dos ábsides románicos, de los tres que debió tener; la Iglesia de San

Martín; la Iglesia de San Esteban, con portada románica bajo ajimez; y el Palacio de Monroy o de las Dos Torres, con su portada románica.

Respecto al patrimonio mudéjar, en la Vía de la Plata destaca el Monasterio de Tentudía en Monesterio, la torre de la iglesia parroquial de Puebla de Sancho Pérez, las plazas Grande y Chica de Zafra y los artesonados del Palacio de los Duques de Feria (actual Parador de Turismo de Zafra), la armadura ochavada del tramo central que cubre la Basílica de Santa Eulalia en Mérida, la Casa Mudéjar de Cáceres y el ábside de la Iglesia de la Asunción en Galisteo.

En cuanto al patrimonio histórico-artístico gótico, son buenos ejemplos en el entorno de la Vía de la Plata las catedrales Vieja y Nueva en Plasencia, la Concatedral de Santa María la Mayor y la Basílica de Santa Eulalia en Mérida, y la Concatedral de Santa María en Cáceres. También el Alcázar de los Duques de Feria y la portada del Hospital de Santiago en Zafra, y el templo de San Pedro en Garrovillas,

Respecto al estilo Renacentista, algunos edificios monumentales cacereños presentan elementos en balcones, arcos de medio punto y portadas. Lo mismo ocurre con los adornos de estilo Plateresco. Destacan las bóvedas y el enlosado, así como la portada plateresca de las catedrales Vieja y Nueva de Plasencia, y la fachada del Palacio Episcopal de Plasencia,

Han sido muchos los estudiosos de la Vía de la Plata en Extremadura. Los primeros, los arqueólogos, que participaron en la recuperación del patrimonio en todas las ciudades vinculadas con la calzada romana, destacando *Augusta Emerita* sobre todas las demás por motivos evidentes de variedad y notoriedad de elementos (calzadas, acueductos, puentes...). En las primeras excavaciones de esta ciudad, de origen sustancialmente romano, participaron figuras como José Ramón Mélida Alinari, Maximiliano Macías Liañez, Martín Almagro Basch o José Álvarez Sáenz de Buruaga, entre otros historiadores y arquitectos (Álvarez, 2010).

En lo que se refiere específicamente a la Vía de la Plata, de la recopilación historiográfica realizada por Muñoz (2015), podemos destacar dos figuras modernas que han realizado grandes aportaciones a la calzada romana, especialmente en el tramo extremeño. Tras los viajes realizados en 1753 por D. Luis José Velázquez de Velasco, marqués de Valdeflores, y en 1776 por D. Antonio Ponz Piquer (por encargo del ministro Campomanes), son relevantes las figuras de D. Vicente Paredes Guillén, arquitecto de profesión y

arqueólogo vocacional, nacido en Gargüera en 1840, y de D. José Manuel Roldán Hervás, investigador salmantino, autor en 1971 de probablemente la tesis más amplia realizada hasta la fecha sobre la calzada romana (Rebollada et al., 2017b).

Diversos estudiosos, entre los que sobresale Marín (2013), han realizado una interesante recuperación de la figura y obra de Vicente Paredes, uno de los investigadores que mayor contribución ha realizado al conocimiento de los elementos de la milenaria vía romana en la provincia de Cáceres.

A estos trabajos cabe añadir los de otros investigadores más recientes, principalmente los de Isaac Moreno Gallo sobre tecnología constructiva viaria romana, los de Juan Gil Montes sobre su trazado y geología y los de Diego Muñoz Hidalgo sobre historiografía general, y en menor medida otros como los de José María Fernández-Corrales sobre el poblamiento romano, o los de Salvadora Haba Quirós y Victoria Rodrigo López sobre hidrología salutífera romana (Rebollada et al., 2016; Rebollada et al., 2017a).

2.2.5.- Ordenamiento normativo y administrativo

Con independencia del ordenamiento nacional, dentro del que deben destacarse la Ley 16/1985, de 25 de junio, de Patrimonio Histórico Español, y el Real Decreto 111/1986, de 10 de enero, de desarrollo parcial de la misma, así como la propia legislación autonómica extremeña (en especial, Ley 2/1999, de 29 de marzo, de Patrimonio Histórico y Cultural de Extremadura), la Junta de Extremadura declaró, mediante Orden de 19 de noviembre de 1997, la Vía de la Plata, a su paso por la Comunidad Autónoma de Extremadura, como Bien de Interés Cultural (BIC) con categoría de Sitio Histórico.

En dicha normativa no sólo se incoa el expediente de Bien de Interés Cultural, sino que se define el recorrido de la Vía de la Plata, se enumeran los miliarios y puentes anejos como parte de la misma, y se delimita geográficamente. La normativa relativa al patrimonio lleva aparejado el uso turístico, regulado en Extremadura con la Ley 2/2011, de 30 de enero, de desarrollo y modernización del turismo de Extremadura (modificada por la Ley 6/2018).

Son 43 los actuales términos municipales afectados por la calzada romana en Extremadura. No obstante, dada la importancia cultural de la Vía de la Plata como recurso social y económico, este número se ha ampliado a 47 en la actualidad, que de sur a norte son (figura 2-12):

- En la provincia de Badajoz: Monesterio, Fuente de Cantos, Montemolín, Medina de las Torres, Calzadilla de los Barros, Burguillos del Cerro, Ribera del Fresno, Puebla de Sancho Pérez, Zafra, Los Santos de Maimona, Villafranca de los Barros, Almendralejo, Torremejía, Guareña, Mérida, Mirandilla, El Carrascalejo y Aljucén.
- En la provincia de Cáceres son: Alcuéscar, Montánchez, Casas de Don Antonio, Aldea del Cano, Cáceres, Casar de Cáceres, Garrovillas, Cañaveral, Casas de Millán, Grimaldo, Holguera, Riobos, Plasencia, Galisteo, Aldehuela del Jerte, Carcaboso, Valdeobispo, Ahigal, Oliva de Plasencia, Villar de Plasencia, Jarilla, La Granja, Guijo de Granadilla, Zarza de Granadilla, Casas del Monte, Segura de Toro, Aldeanueva del Camino, Hervás y Baños de Montemayor.

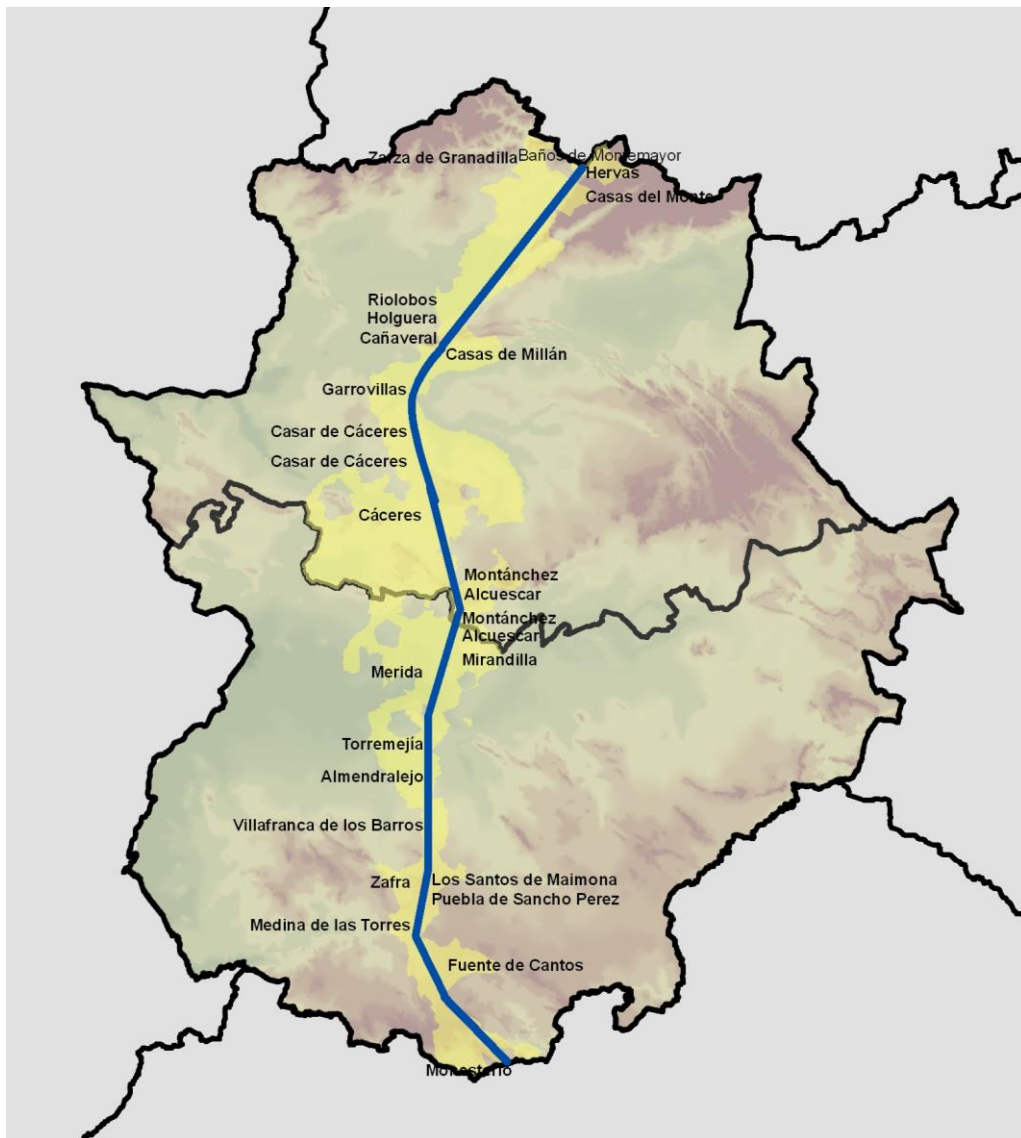


Figura 2-12. Delimitación del Bien de Interés Cultral “Vía de la Plata”.

Por otro lado, actualmente la Junta de Extremadura tiene delimitada perfectamente la ruta en varios tramos en la web <http://viaplata.juntaex.es/tramos>, donde pueden descargarse los mapas con todos los tramos del recorrido extremeño y se detallan los dos proyectos desarrollados, Alba Plata I y II, con las 38 intervenciones llevadas a cabo (figura 2-13), con los que la Junta de Extremadura ha estimulado el desarrollo patrimonial, social, medioambiental, turístico y económico de Extremadura (Lozano, 2007; Sánchez, 2014; Mestre, 2015:966; Rebollada et al., 2017a:184; Maldonado et al., 2018).

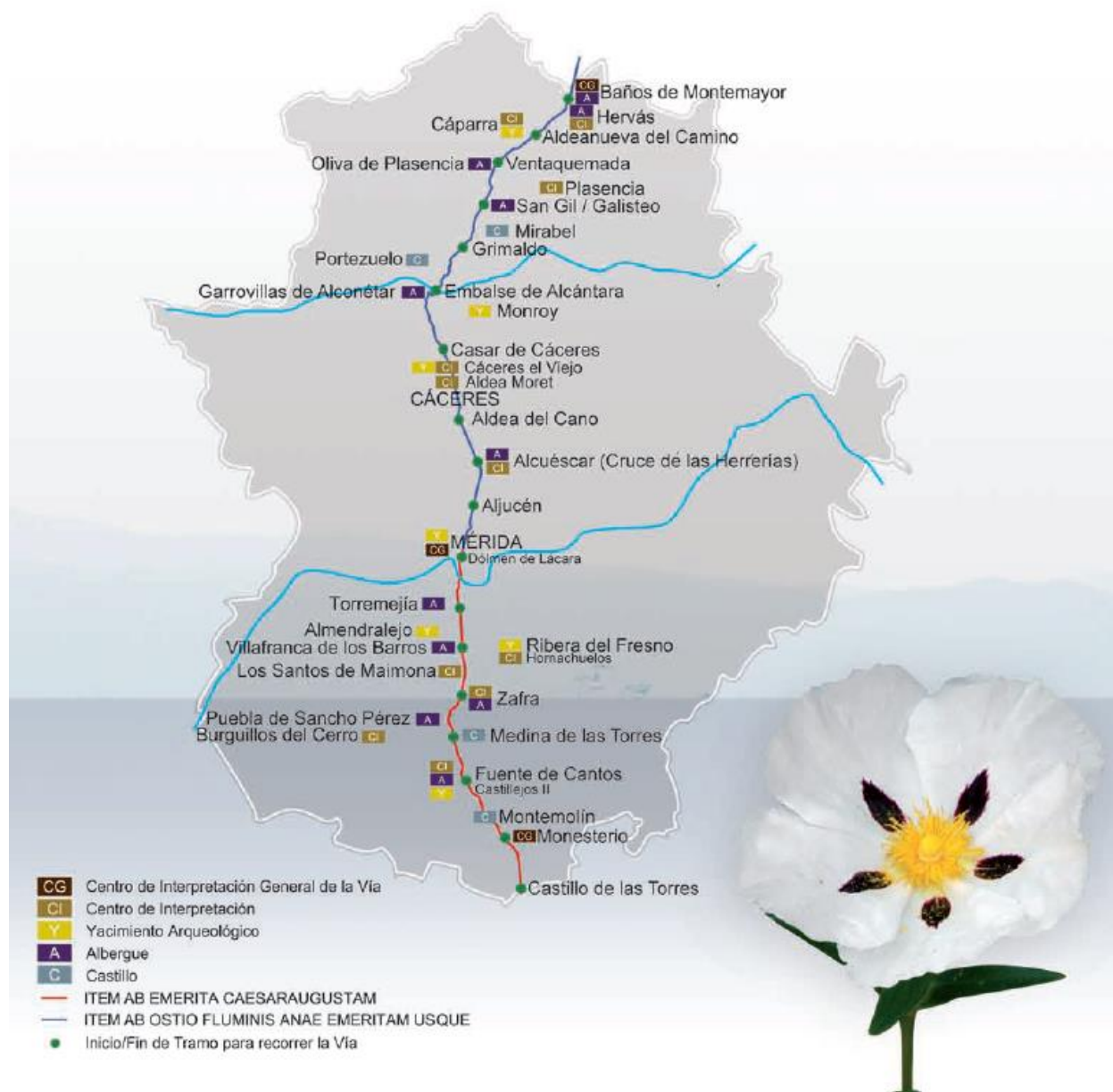


Figura 2-13.- Proyecto Alba Plata y sus intervenciones. Fuente: Junta de Extremadura.

En dicha página web se incluyen además diferentes datos útiles y consejos de uso, tipos de señalética, así como una relación de albergues y centros de interpretación, estando pendiente incorporar el patrimonio propiamente dicho de la Vía de la Plata.

A la información *on line*, la Junta de Extremadura, a través de la oficina de gestión del proyecto Alba Plata, ha incorporado un conjunto de ediciones divulgativas sobre los centros de interpretación de la Minería de Extremadura, en Aldea Moret (Cáceres), y de la Cementera de Los Santos de Maimona (figura 2-14), en lo referido al patrimonio industrial, sobre castillos (Marmionda –en Portezuelo–, Mirabel, Medina de las Torres y Montemolín) o yacimientos arqueológicos (Cáceres el Viejo, Cáparra –en Oliva de Plasencia–, Los Castillejos –en Fuente de Cantos–, Hornachuelos –en Ribera del Fresno– y la villa romana de Monroy), en lo que se refiere a patrimonio histórico-artístico. El proyecto incluye varios sub-proyectos (intervenciones): adecuación de la Vía (mediante la investigación, la musealización y la adecuación del camino), estudio de los puentes (mediante un convenio entre la Junta de Extremadura y el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, restauración del patrimonio (en total, trece intervenciones), centros de interpretación (en total, ocho centros) y albergues turísticos (en total, nueve albergues) (Cortés, 2010), algunos de cuyos datos han sido actualizados por Maldonado et al. (2018:62-66), autores que concluyeron que dichas infraestructuras son aprovechadas principalmente por los centros educativos (educación formal), a pesar de que su enfoque es esencialmente turístico (educación no formal e informal).

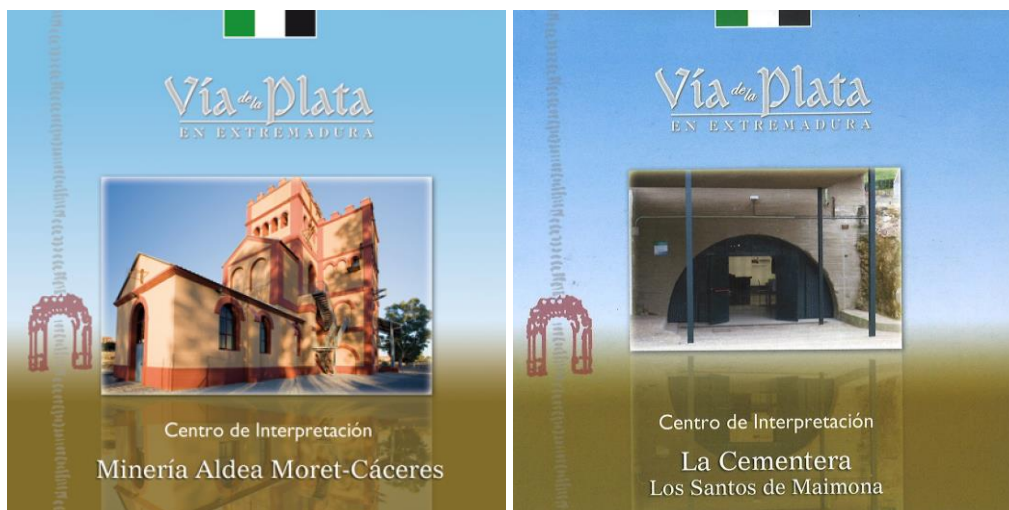


Figura 2-14. Carátulas de dos folletos de centros de interpretación con elementos patrimoniales industriales de la Vía de la Plata en Extremadura. Fuente: Junta de Extremadura.

Para finalizar decir que la Vía de la Plata es en sí misma la frontera administrativo-religiosa de las Diócesis de Coria y Plasencia, herencia de los reinos de León y Castilla, respectivamente, que también tenían este camino como frontera (Alba et al., 2010:82). De ahí que se denominara a la Vía de la Plata en una época Camino del Lindón, con una connotación fronteriza evidente y cuyo nombre perdura en algunos parajes atravesados por la Vía de la Plata.

2.2.6.- La Vía de la Plata como espacio educativo

Existe una heterogeneidad geográfica en las experiencias educativas documentadas en torno a la Vía de la Plata. En algunas comunidades autónomas, como Castilla y León, Galicia y Asturias, hay proyectos o actividades relacionadas con el Camino de Santiago, que constituyen en dichas regiones referentes culturales más arraigados que la Vía de la Plata.

Por ejemplo, en Gijón (Asturias) se ha propuesto un proyecto educativo destinado a alumnos de Primaria denominado “Ponte en Ruta”, que utiliza la propia Vía de la Plata, considerando como tal el recorrido de Sevilla a Gijón, un instrumento válido para ser utilizado tanto en clase como fuera de ella. El proyecto incluye material educativo: cuaderno (con fichas y temas), guía de orientaciones para el profesorado, cuestionario de evaluación y actividades para los alumnos.

Con esa misma denominación, Ponte en Ruta, en Extremadura la Red de Cooperación de Ciudades en la Ruta de la Plata ha creado un espacio web (<http://www.ponteenruta.com/>) con material para ser utilizado tanto en clase como fuera de ella. Las actividades propuestas están destinadas a los centros escolares de Educación Primaria, para alumnos de 3ª, 4ª, 5ª y 6ª curso. Se trabaja la comprensión de conceptos, la asociación de ideas, la intuición y la imaginación, buscando con las diferentes propuestas que de una manera amena y entretenida, a través del juego, se adentren en el sentido y significado de la Ruta Vía de la Plata.

La Comunidad Autónoma de Castilla y León destaca por los numerosos materiales docentes que tienen como base al Camino de Santiago. Bajo el título “El Camino de Santiago como aula” (Junta de Castilla y León, 2021) se presentan en dicha comunidad autónoma algunos de los siguientes materiales:

- “Camino o camiño” (Infantil).
- “El Camino de Santiago en Burgos” (Infantil y Secundaria).
- “Un CRA en medio del Camino que se siente peregrino” (Primaria).

- “Acercamos nuestro patrimonio al aula” (Internivelar).
- “Al lado del Camino: el Camino de Santiago en El Bierzo” (Infantil y Primaria).
- “El Camino de Santiago” (Primaria).
- “El Camino de Santiago desde Castilla y León” (Secundaria).
- “El duendecillo peregrino” (Internivelar).
- “Los palomares en el Camino de Santiago palentino” (Secundaria).
- “Somos parte del Camino” (Infantil y Primaria).

A modo de ejemplo podríamos citar dos proyectos desarrollados desde el Centro Rural Agrupado (CRA) La Abadía, de Carracedelo (León): el primero aborda la creación de un grupo de trabajo, con la denominación “El Camino de Santiago”, para dar a conocer dicha vía cultural, fomentando el interés del alumnado por el mismo, elaborando para ello materiales de carácter lúdico (basados en una gymkhana virtual desde Roncesvalles hasta Santiago de Compostela) aplicables al aula de Primaria; el segundo proyecto “Al lado del camino: el Camino de Santiago en El Bierzo”, coordinado por Josefa Díaz Villaverde, está destinado a alumnos de Infantil y 1^{er} ciclo de Primaria, en él se manejan contenidos lingüísticos, de conocimiento del medio, matemáticos y artísticos (Díaz et al., 2021).

También en Castilla y León destaca el Proyecto *Iter Plata*, un itinerario de 263 km., incoado como Bien de Interés Cultural por la Junta de Castilla y León, que discurre desde el Puerto de Béjar hasta Astorga, pasando por Salamanca, Zamora, Benavente y La Bañeza, sobre el que se proyectan diferentes niveles de puesta en valor y actuaciones puntuales, como la creación de aulas al aire libre en parajes de especial interés natural (Álvarez y De la Iglesia, 2013).

La Fundación Villalar-Castilla y León publicó en 2010 una unidad didáctica sobre el Camino de Santiago, destinada a alumnos de Educación Primaria, en la que se estudian los diferentes caminos que atraviesan la comunidad autónoma de Castilla y León: el Camino Francés, la Vía de la Plata, el Camino Sanabrés, el Camino Portugués, el Camino de Bayona, el Camino Valdinense, el Camino del Besaya y el Camino del Salvador (Aparicio y Carbonero, 2010).

Un proyecto de gran interés pedagógico es el denominado “Aula de patrimonio”, auspiciado por el Grupo de Ciudades Patrimonio de la Humanidad (Alcalá de Henares, Ávila, Cáceres, Córdoba, Cuenca, Ibiza, Mérida, Salamanca, San Cristóbal de la Laguna, Santiago de Compostela, Segovia, Tarragona y Toledo), que tiene como objetivo aumentar

el conocimiento entre los escolares de sus respectivas ciudades, intercambiándose visitas por medio de un grupo visitante y un grupo anfitrión (Mestre, 2015:966).

Finalmente, fuera de Extremadura, existe una iniciativa educativa del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, que en 2015 editó el cuento “Sophie en el Camino” (Nokonoko, 2015), que a través de 34 etapas da a conocer a alumnos de Primaria los aspectos educativos y culturales del Camino Francés de Santiago.

En Castilla y León y Extremadura, la Fundación Premysa (2010) desarrolló entre 2005 y 2010 diversos programas ETCOTE (Escuelas Taller / Casas de Oficios / Talleres Escuela), con seis ejes de actuación, entre los que destaca, por su potencial educativo relacionado con el conocimiento y puesta en valor del patrimonio asociado a los elementos geológicos, la restauración y rehabilitación del patrimonio histórico, artístico y cultural de carácter singular, y la dinamización y revitalización de la cultura y el turismo en la Vía de la Plata. En Extremadura los municipios de actuación pertenecen a las mancomunidades de Trasierra-Tierras de Granadilla, Valle del Ambroz, Las Hurdes, Valle del Jerte, Sierra de Gata y al municipio no mancomunado de Plasencia. Dentro de dichos programas (ETCOTE I, II, III y IV), con un presupuesto total de 9.168.654,00 €, destacan dos áreas de actuación: los servicios de ocio y culturales, con el turismo rural de la Vía de la Plata como protagonista; y los servicios de utilidad colectiva, con formación en talleres de empleo en especialidades tan vinculadas al patrimonio como la albañilería, la forja o la cantería. Además, el programa ETCOTE incluía formación complementaria de los módulos formativos, siendo en concreto la sensibilización medioambiental la que probablemente vincula mejor ciertos oficios con el patrimonio natural, industrial y, sobre todo, histórico-artístico.

2.2.6.1.- Experiencias educativas llevadas a cabo en Extremadura relacionadas con la Vía de la Plata

En Extremadura son numerosos los proyectos educativos que han utilizado como marco didáctico la Vía de la Plata.

Desde 1995 hasta la actualidad han sido varias las experiencias desarrolladas (Junta de Extremadura, 2002; Maldonado, 2010; Maldonado et al., 2018), entre las que cabe mencionar las siguientes:

- En 1995 fue premiado el proyecto titulado “*Augusta Emerita*”, del profesor José Manuel Muñoz Real (Murillo et al., 1996), para la asignatura Cultura Clásica que se impartía en

3º y 4º de la ESO. Este proyecto, incardinado en plena Vía de la Plata y de gran importancia curricular, fue el resultado de una experiencia educativa en el IES Reino Aftasí de Badajoz el curso 1994-95. Centrado en la localidad de Mérida, tenía como objetivo contribuir a la conformación de dicha asignatura para dotarla de ideas innovadoras como el estudio del arte romano a través de la prensa (de manera similar a como ya se había hecho con: latín y prensa escrita, latín y humor gráfico de la prensa, latín y poesía actual, sintaxis latina a través de la prensa, etc.).

- “La Vía de la Plata: de Mérida a Cáparra” fue un proyecto desarrollado por el IES Luis de Morales, de Arroyo de la Luz (Cáceres), que consiguió una mención especial en el Premio Joaquín Sama a la Innovación Educativa en 1997 (Muriel et al., 1998). Se trata de un proyecto transversal, que promueve una ruta cicloturista por la Vía de la Plata, desde Mérida hasta Cáparra. Coordinado por los profesores Pilar González-Quijano Díaz, Antonio López Tejeda y Antonio Muriel Bernal, sus alumnos recorrieron en cinco jornadas, entre el 28 de abril y el 2 de mayo de 1997, 182 kilómetros a lo largo de la Vía de la Plata. El proyecto aborda contenidos de Ciencias Sociales (ingeniería romana, rutas extremeñas, manifestaciones artístico-culturales, historia y valoración del patrimonio artístico), Ciencias de la Naturaleza, tanto de Biología como de Geología (elementos de los ecosistemas y sus relaciones, vegetación y fauna características de Extremadura, respeto por la naturaleza e interés racional por su conservación), Taller de Astronomía (principales astros, manejo del planisferio y otros instrumentos, orientación e interés por los fenómenos astronómicos), Educación Física (beneficios de las actividades físicas sobre la salud, hábitos de alimentación y nutrición relacionados con la actividad física en general y con el turismo ciclista en particular, disposición a la práctica habitual de ejercicio físico como medio de mejora de las capacidades físicas, la salud y la calidad de vida, valoración y asimilación del movimiento como facultad humana placentera, adquisición de hábitos motores para su incorporación a la vida cotidiana, aceptación de las propias posibilidades motrices como algo positivo y susceptible de mejora y perfeccionamiento), y, como temas transversales, la Educación Vial (normas elementales de circulación, conductas y hábitos de seguridad vial como ciclistas), Educación para la Salud (hábitos de higiene corporal) y Educación Medioambiental (cuyos contenidos están incluidos dentro de los apartados de Ciencias Sociales y Ciencias de la Naturaleza). En lo que se refiere expresamente a la geología, se observa que no existen contenidos concretos, ni en el grupo de las Ciencias de la Naturaleza ni en el de las Ciencias Sociales. A pesar de ello, resulta un proyecto

- enormemente interesante por las posibilidades que ofrece para la enseñanza y el aprendizaje de numerosos contenidos y actitudes, en diferentes campos y disciplinas.
- En 2003 el proyecto “La romanización en la provincia de Cáceres” consigue el tercer premio Francisco Giner de los Ríos a la Mejora de la Calidad Educativa (Fundación BBVA, 2003) en su 18ª edición. En dicho proyecto participaron los institutos de enseñanza secundaria San Pedro de Alcántara (Alcántara), Santa Lucía del Trampal (Alcuéscar), El Brocense (Cáceres) y Universidad Laboral (Cáceres). Para su puesta en marcha y desarrollo, el equipo pedagógico *Ars Docendi*, integrado por los profesores José María Alegre, Antonio M. Arroyo Flores, Juan Barriga Rubio y María del Pilar Galán Rodríguez, coordinaron a sus respectivos grupos de alumnos para la elaboración de unidades didácticas mediante investigación documental y trabajos de campo siguiendo la Vía de la Plata por la provincia de Cáceres. Se buscaba, de este modo, que el alumnado adquiriese conocimientos sobre la romanización, a través de las obras de ingeniería, las ciudades o la vida cotidiana, teniendo como objetivo último la conservación y divulgación del patrimonio cultural y, por extensión, de su entorno. Las unidades didácticas diseñadas fueron fruto fundamentalmente de las exposiciones que los alumnos de los cuatro centros educativos implicados en el proyecto realizaron durante las 1^{as} Jornadas de Cultura Clásica, celebradas el 24 abril de 1998. Mediante una metodología activa, creativa y participativa, los alumnos y los profesores diseñaron los materiales didácticos, para lo cual siguieron varias etapas: en la primera se realizó la presentación de comunicaciones y la exposición de trece paneles, presentados conjuntamente durante las citadas Jornadas de Cultura Clásica, donde se trataron diversos temas, como las explotaciones agrarias en época romana, las calzadas, los puentes, el urbanismo y la arqueología como fuente de conocimiento del pasado; en la segunda se elaboraron materiales curriculares, centrados en varios temas: urbanismo, religión, calzadas y puentes, epigrafía, poblados prerromanos y explotaciones agrícolas; y finalmente en la última etapa se elaboró el CD-ROM que reunía todos los contenidos del proyecto, que acabó de editarse en abril del año 2000.
 - Relacionado con la actividad física y deportiva existe un proyecto iniciado en 2010, denominado “La escuela en ruta”, que aún hoy continúa realizándose por los Institutos de Enseñanza Secundaria “Dr. Fernández Santana”, de Los Santos de Maimona, y “Alba Plata”, de Fuente de Cantos, coordinado por el Profesor Pedro Romero Jiménez. Es un proyecto similar al realizado por el Instituto de Enseñanza Secundaria “Luis de Morales” (Arroyo de la Luz) en 1997, aunque el nivel educativo de este nuevo proyecto

es 1º de Bachillerato (Muñoz, 2015). La ruta consta de cinco etapas, de Mérida a Cáparra, realizadas en el mes de abril, en las que se trabajan como temas transversales la Educación Ambiental, la Educación para la Salud o la Educación Vial, entre otras, y profundiza en valores como la ayuda, la solidaridad o la capacidad de esfuerzo. A diferencia del proyecto educativo “La Vía de la Plata de Mérida a Cáparra”, este incluye objetivos curriculares amplios para el conjunto de materias del currículo de Bachillerato. De cara al aprendizaje de la geología, en concreto, propone, por un lado, aplicar los conceptos, leyes, teorías y modelos geológicos a situaciones reales y cotidianas, relacionando la experiencia diaria con la científica, y, por otro, definir los aspectos fundamentales de la litología, geomorfología y tectónica de la comunidad extremeña, así como sus principales unidades paisajísticas, destacando su importancia como gran región natural cuya riqueza debe preservarse de forma sostenible.

- Igualmente en 2012 se lleva a cabo el proyecto “El camino mozárabe de Santiago en la escuela: Mozarito”, que tuvo como eje el denominado Camino Mozárabe de Santiago, itinerario que se adentra en Extremadura por el sureste, desde Córdoba. Dirigido por Ester Nieto Vidal, del Colegio Público “Nuestra Señora de la Antigua”, de Mérida, obtuvo el 2º premio de la vigésima convocatoria del Premio Joaquín Sama a la Innovación Educativa (Diario Oficial de Extremadura, 2014). Gracias a dicho proyecto, este centro educativo fue finalista, además, en 2015 del Premio Escuelas de la Sociedad Digital de la Fundación Telefónica (Fundación Telefónica, 2016). Dicho proyecto acerca el Camino Mozárabe de Santiago a toda la comunidad educativa, llevando a cabo para ello numerosas actividades distribuidas a lo largo de los tres trimestres, tanto en Educación Infantil como en Educación Primaria y sus diversas áreas educativas, utilizando tanto materiales impresos como digitales. El proyecto incluye una aplicación e-twinning (plataforma sobre la cual los equipos educativos de los centros escolares de los países europeos participantes, pueden comunicarse, colaborar, desarrollar y compartir sus proyectos) sobre el Camino Mozárabe, donde en el apartado “Paisaje” se incluyen algunas características geológicas básicas (litologías y morfología).
- En 2014 fue galardonado con el tercer premio de la XX edición Joaquín Sama el proyecto “El sueño de los Fratres: propuesta didáctica para la dinamización de cascos históricos”, del IES *Al-Qazeres*, de Cáceres. En este proyecto participaron los profesores Carlos Manuel Rovira Serna (Coordinador), Rafael Morales Pulgarín, Raúl García Ciriero y Juan Carlos Amarilla Pérez. Se trata de una actividad basada en un juego de

- pistas por la ciudad medieval de Cáceres, destinado a alumnos de 1º de ESO (Diario Oficial de Extremadura, 2014).
- El proyecto “*Iter per Emeritam* (tras las huellas de Augusto en Mérida)”, de los Institutos de Enseñanza Secundaria Albalat (Navalmoral de la Mata), Gabriel y Galán (Montehermoso), Gregorio Marañón (Caminomorisco) y Mario Roso de Luna (Logrosán), consiguió en 2015 el segundo premio de la XXI edición Joaquín Sama a la Innovación Educativa (González et al., 2016). El proyecto, en el que participaban los docentes Manuela María González Saavedra, Carmen Hermoso de Mendoza García y Abel Morillo León, coordinados por Manuel I. Moreno Cansado, aprovechando la celebración en 2014 del bimilenario de la muerte del emperador Augusto, consta de cuatro rutas en las que se proponen diversas actividades en torno a elementos arquitectónicos, principalmente de época romana (Acueducto de los Milagros, Puente Romano, Arco de Trajano, Templo de Diana, etc.).
 - Otro proyecto muy interesante desde el punto de vista educativo es el denominado “La escuela adopta un monumento”, un programa pedagógico transversal, nacido en Nápoles en 1992. Iniciado en 2011 para toda Extremadura, a partir del curso 2013-2014 se desarrolla en Mérida por iniciativa del Consorcio de la Ciudad Monumental, con el apoyo del Museo Arqueológico y el Centro de Profesores y Recursos de Mérida (Mosquera et al., 2014; Guillén y Hernández, 2018). Este proyecto está dirigido a alumnos de Educación Primaria, Secundaria Obligatoria y Bachillerato, y tiene como objetivo desarrollar actitudes de respeto, valoración y defensa del patrimonio a través del conocimiento del mismo. El proyecto alcanzaría su máximo desarrollo en el momento en que el alumnado participante (inicialmente 3097 alumnos y alumnas) se convirtiera en transmisor de estos valores a su propio entorno. Intervinieron inicialmente veintitrés centros públicos (tabla 2.4). Los centros participantes en el proyecto han ido en aumento a lo largo de los años. Algunos de estos centros se ubican en el entorno de la Vía de la Plata, como es el caso de los numerosos intervinientes en Mérida (CEIP Antonio Machado, CEIP Dion Casio, IES Emerita Augusta, CEIP Federico García Lorca, CEIP Francisco Giner de los Ríos, IES Sáenz de Buruaga, CEIP Maximiliano Macías, IES Albarregas, etc.), seleccionados por encontrarse cercanos a algún elemento patrimonial (García, 2014). En la actualidad va por su novena edición.

Tabla 2-4: Centros educativos de Extremadura participantes en el proyecto “La escuela adopta un monumento” durante el curso 2014/15

Centro Educativo	Localidad	Monumento adoptado
CEIP Arias Montano	Fregenal de la Sierra	Conjunto Plaza de Toros, Castillo y Mercado
CEIP Cervantes	Cáceres	Palacio de Moctezuma
CEIP El Brocense	Brozas	Iglesia de Ntra. Sra. de la Asunción
CEIP Hernán Cortés	Medellín	Sitio Histórico
CEIP María Auxiliadora	Villar del Rey	Casa o Pozo de nieve
CEIP Ntra. Sra. de Fátima	Galisteo	Cerco amurallado
CEIP Ntra. Sra. de las Nieves	La Zarza	Abrigos de la Calderita
CEIP Ntra. Sra. de Tentudía	Calera de León	Conventode de Santiago
CEIP Pedro Márquez	Alburquerque	Abrigos del Risco de San Blas
CEIP San Bartolomé	Bohonal de Ibor	Templos de Augustóbriga
CEIP San José de Calasanz	Badajoz	Alcazaba
CEIP San Martín	Garganta la Olla	Conjunto Histórico
CEIP Santísimo Cristo de las Misericordias	Salvatierra de los Barros	Museo de la Alfarería
CEIP Sotomayor y Terrazas	Jerez de los Caballeros	Iglesia de San Miguel Arcángel
CEIP Suárez Somonte	Llerena	Murallas
CRA Ambroz	Zarza de Granadilla	Palacio de Abadía
CRA Gloria Fuertes	Fuente del Arco	Ermita de Ntra. Sra. del Ara
EH Placentina	Plasencia	Iglesia de San Nicolás
IES Alagón	Coria	Puente de Hierro
IES Maestro Juan Calero	Monesterio	Conjunto noria, huerto y cocedero de altramuces
IES Quintana de la Serena	Quintana de la Serena	Recinto – Torre de Hijojejo
IES San Pedro de Alcántara	Alcántara	Puente
IES Santa Lucía del Trampal	Alcuéscar	Iglesia de Sta. Lucía del Trampal

Fuente: Junta de Extremadura (2015)

Existen otros proyectos educativos que merece la pena reseñar, aunque de carácter informal, como por ejemplo:

- “Pedalearte”, proyecto desarrollado a lo largo de los últimos años en Extremadura, consistente en realizar rutas ciclistas por entornos con un patrimonio histórico-artístico destacado, como es el caso de la Vía de la Plata.
- De similares características es el proyecto “EuroVelo” (Davies et al., 2012), una ruta ciclista internacional que en su trazado atlántico pasa por Extremadura, por la Vía de la Plata, con cinco etapas que recorren 349 kilómetros en total de norte a sur.

- “Vía Estenopeica de la Plata” es la denominación del proyecto ARCE (Agrupaciones y Redes de Centros Educativos) en el que participaron diecinueve profesores de cuatro centros educativos geográficamente dispuestos en torno al Camino Mozárabe de Santiago (veinticinco alumnos del IES Néstor Almendros, de Tomares –Sevilla–; treinta y cuatro alumnos del IES El Brocense, de Cáceres; cuarenta y dos alumnos del IES Rodríguez Fabrés, de Salamanca; y veintiseis alumnos del IES Arcebispo Xelmírez, de Santiago de Compostela), en los que se imparte Formación Profesional, Familia de Imagen y Sonido, Ciclo de Grado Medio de Laboratorio de Imagen. Cada centro construiría una cámara estenopeica (sin lentes) para fotografiar diversos lugares de la Vía de la Plata (Sevilla, Santiponce, Castilblanco de los Arroyos, El Real de la Jara, Zafra, Los Santos de Maimona, Villafranca de los Barros, Almendralejo, Mérida, Cáceres, Casar de Cáceres, Garrovillas de Alconétar, Plasencia, Cáparra, Hervás, Calzada de Béjar, Salamanca, Zamora, Montamarta, Granja de Moreruela, Tábara, Santa Marta de Tera, Rionegro del Puente, Mombuey, Puebla de Sanabria, Ourense, Oseira, Vedra y Santiago de Compostela), cuyo catálogo sería publicado en 2012 (AA.VV., 2012).

2.3.- Didáctica de las geociencias en Extremadura

2.3.1.- Antecedentes históricos de la enseñanza de las ciencias

La didáctica de las Geociencias en la Educación Secundaria se lleva a cabo a través de una retrospectiva de las investigaciones conocidas que impulsan el nuevo estado de la educación, que gira en torno al concepto de competencia. Castañeda (2012) aporta una idea según la cual los textos que han dejado huella en la educación del siglo XXI son el Informe de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo XXI, denominado “La educación encierra un tesoro”, dirigido en 1996 por Jacques Delors (Delors, 1996), y el texto del proyecto transdisciplinario de la búsqueda de una educación para un futuro sostenible, titulado “Los siete saberes necesarios para la educación del futuro”, realizado en 1999 por Edgar Morin (Morin, 2001).

Tras la publicación de estos textos quedarían atrás definitivamente los manuales para la enseñanza de las ciencias, patrocinados o elaborados por la UNESCO a partir de la II Guerra Mundial, como el clásico titulado “Sugerencias para maestros que enseñan ciencias

en países devastados” (UNESCO, 1975:9), de J.P. Stephenson (ex maestro de ciencias en la Escuela de la Ciudad de Londres y Miembro del Comité de Cooperación de la *Royal Society* con la UNESCO, para el Reino Unido), en el que se incluían 64 actividades relacionadas con las Geociencias. Viso (2010) elabora un resumen de ambos informes de la UNESCO, haciendo hincapié en las cuatro ideas conceptuales de Delors (aprender a: conocer, hacer, vivir juntos y ser) y los siete saberes de Edgar Morin de cara a configurar otros, como “cualidades humanas”, de Madeleine Walker, una mezcla de capacidades y oportunidades, de potencia y acto, posibilidades y funcionamiento, que amplían de forma progresiva el horizonte de libertad de los seres humanos (González, 2012:122).

Los fundamentos conceptuales de Delors y Morin resultan, pues, necesarios para comprender la competencia educativa como la respuesta de las nuevas inteligencias a los nuevos contextos sociales. La competencia, según es definida por DeSeCo (*Definition and Selection of Competencies*), documento seminal de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) del año 2003 (Boletín Oficial del Estado, 2015a), es de acuerdo con Pedrinaci (2013) la:

“capacidad de responder a demandas complejas y llevar a cabo tareas diversas de forma adecuada. Supone una combinación de habilidades prácticas, conocimientos, motivación, valores éticos, actitudes y emociones y otros componentes sociales y de comportamiento que se movilizan conjuntamente para lograr una acción eficaz” (p.209).

Para que la competencia sea básica los alumnos deben utilizar herramientas de forma interactiva y eficaz, funcionar en grupos sociales heterogéneos y actuar de forma autónoma, teniendo como finalidad realizarse como personas, integrarse en la sociedad y encontrar y desarrollar un empleo digno.

En el marco de la evaluación del Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA, en inglés) el concepto clave de competencia se define como “*capacidad de los estudiantes de aplicar conocimientos y destrezas en materias clave y de analizar, razonar y transmitir ideas con eficacia al tiempo que plantean, resuelven e interpretan problemas en situaciones diferentes*” (Escamilla, 2015:39). PISA es un estudio internacional llevado a cabo por la OCDE en el que se analiza el rendimiento de los estudiantes de quince años a partir de unos exámenes internacionales realizados cada tres años y cuyo fin es la valoración internacional de los alumnos, teniendo como objetivo final la alfabetización en los campos de competencia: lingüística, matemática y científica, definiendo esta última en 2003 como

“la capacidad para utilizar el conocimiento científico, identificar preguntas y extraer conclusiones basadas en pruebas para entender y poder tomar decisiones sobre el mundo natural y los cambios que la actividad humana ha provocado en él” (OCDE, 2003; Pedrinaci, 2013:209). PISA evalúa la competencia a través de tres grandes áreas (competencia científica, competencia lectora y competencia matemática). El concepto de competencia, como se puede comprobar, se asemeja a lo que se ha venido en llamar tradicionalmente “conocimiento práctico o aplicado”, que Pedrinaci (2013:212) desarrolla mediante una enumeración de capacidades (tabla 2-5) relacionadas con diferentes dimensiones competenciales: con el conocimiento de la ciencia; con la práctica de la ciencia; y con la naturaleza de la ciencia y sus relaciones con la tecnología y la sociedad.

Tabla 2-5. Dimensiones y capacidades que integran la competencia científica

DIMENSIÓN DE LA COMPETENCIA	CAPACIDADES RELACIONADAS
En relación con el conocimiento de la ciencia	Utilizar el conocimiento científico para describir, explicar y predecir fenómenos naturales.
	Utilizar el conocimiento científico para analizar problemas y adoptar decisiones en contextos académicos, personales y sociales.
En relación con la práctica de la ciencia	Identificar cuestiones científicas, formular hipótesis y diseñar estrategias para su contrastación.
	Buscar y seleccionar información relevante para el caso.
	Interpretar datos cuantitativos y cualitativos. Leer e interpretar gráficas, hacer correlaciones y diferenciar entre correlación y causalidad.
	Construir argumentaciones consistentes y valorar la calidad de una dada.
	Alcanzar conclusiones fundadas en hechos, datos, observaciones o experiencias.
En relación con la naturaleza de la ciencia y sus relaciones con la tecnología y la sociedad	Interesarse por conocer e indagar sobre cuestiones científicas y problemas socio-ambientales.
	Comprender los rasgos característicos de la ciencia y diferenciarla de la pseudo-ciencia.
	Valorar la calidad de una información científica en función de su procedencia y de los procedimientos utilizados para generarla.
	Entender cómo se elaboran los modelos y las teorías, cuál es su utilidad y por qué se modifican.
	Valorar la influencia social de los productos de la ciencia y la tecnología, y debatir sobre cuestiones científicas y tecnológicas de interés social.
Responsabilizarse con la adopción de medidas que eviten el agotamiento de los recursos naturales o el deterioro ambiental y favorezcan un desarrollo sostenible.	

Fuente: Elaborado a partir de Pedrinaci (2013)

La competencia como concepto se recoge en 2013 en la LOMCE y en 2020 en la LOMLOE, además de recogerse en la normativa educativa básica extremeña (Ley de Educación de Extremadura de 2011 –Diario Oficial de Extremadura, 2011–). Esta última utiliza como fuente el “Acuerdo para la Mejora de la Calidad de la Educación en el siglo XXI en Extremadura”, documento que incluye referencias claras a los aspectos competenciales educativos tanto del profesorado como del alumnado.

Entre ellas destacamos las referidas a la incentivación de la competencia del profesorado en TIC o del alumnado en competencias básicas, que serían ampliamente desarrolladas en la legislación extremeña al tratar sobre el currículo en los diferentes niveles educativos (Infantil, Primaria, Secundaria y Bachillerato).

2.3.2.- Historia de la Enseñanza de las Geociencias y su repercusión en España

El interés de la Humanidad por los recursos geológicos se remonta a la Prehistoria, existiendo muchas culturas cuya historia está íntimamente fundamentada en el uso de determinados recursos naturales abióticos, como los paisajes geológicos, o más concretamente la piedra o el mineral, a partir de los cuales se afianzó un modelo que ha permitido (y sigue permitiendo) por lo general nuestro gran desarrollo como especie.

Por este motivo, debe entenderse que el conocimiento de los recursos geológicos siempre ha debido ser un patrón destacado de nuestros ancestros, entendiendo que ello incluye todo lo referido con la transmisión y el aprendizaje de dicho conocimiento, crucial en nuestra Historia.

Probablemente debido a la influencia de la religión (Orrego, 2015) la Geología sufre una lenta modernización (Julivert, 2014), que no cristaliza hasta los trabajos de Nicolás Steno en el siglo XVIII (Cutler, 2013), los de James Hutton (*Theory of the Earth*, de 1788) y sobre todo los de Charles Lyell (*Principles of Geology*, de 1830-33, y *Elements of Geology*, de 1838, este último publicado en España en 1847 gracias a la traducción que hiciera Joaquín Ezquerro del Bayo –Alsina (2006)–, reeditado por la SGE en 1999 y por el IGME en 2003).

Al obstáculo religioso de la teología natural se añade la influencia del positivismo de finales del S. XVII (García, 1998), que impuso la observación directa, es decir, cuantificable, que resultaban de difícil aplicación a las geociencias en particular, debido a no poder observarse directamente, como resulta obvio, muchos fenómenos ni procesos geológicos.

Paradójicamente fue precisamente el positivismo inherente a la filosofía krausista (o del racionalismo armónico), implantado en España un siglo después, lo que llevaría junto con otras circunstancias históricas al desarrollo conceptual esencialmente pedagógico de Julián Sanz del Río primero y Francisco Giner de los Ríos después, cristalizando en la ILE. Esta institución tuvo una gran importancia en la didáctica de las ciencias, materializándose en una serie de establecimientos como la Junta para la Ampliación de Estudios, el Centro de Estudios Históricos, las residencias de estudiantes, el Instituto Escuela, el Museo Pedagógico, el Instituto de Reformas Sociales y la Universidad de Verano de Santander, así como en proyectos innovadores durante la Segunda República, como las Misiones Pedagógicas (Cáceres, 2019), un hito en la historia de la reforma educativa española.

Según uno de los padres de la geología, James Hutton (1726-1797), la historia de la Tierra debe interpretarse como una serie de procesos naturales, aún operativos o de reciente actividad. Se introduce de ese modo la idea del uniformitarismo, fundamental no sólo de las geociencias sino también de la propia Teoría de la Evolución. Recordemos, además, que la teoría Plutonista o Vulcanista que defendía Hutton, al contrario de la Neptunista de Werner, se basaba en interpretaciones de las observaciones previas en campo. Los hitos científicos habidos entre el siglo XIX (teoría celular, teoría de la evolución, genética mendeliana) y el XX (genética molecular y tectónica de placas) marcaron el nuevo rumbo del desarrollo de las ciencias naturales (Hernández, 2009). Tal y como señala esta autora:

“La incorporación de estos hitos científicos en España se hizo de varias maneras: experimentación, publicaciones en libros de texto o revistas científicas especializadas, a través de discursos y foros de debate o por algún acontecimiento relevante de tipo social o político.” (p. 145)

La socialización llegó a la educación española en el siglo XIX a través del Plan de Instrucción Pública o del Duque de Rivas de 1836, el Plan Pidal de 1845 o de Gil de Zárate, por la que se consolidaron los Institutos de Bachillerato, dinamizando además las capitales de provincia y de la ulterior primera Ley General de Instrucción Pública (LIP) o Ley Moyano de 1857, que polarizó definitivamente la estructura de la enseñanza (instrucción básica para la mayoría e instrucción mejorada para la élite social y económica), en sintonía con las ideas liberales afrancesadas de la época, lo que encajaba, por otro lado, con las características económicas, sociales y políticas de la sociedad española del momento (De Puelles, 2008; Romero et al., 2016).

Berengueras y Vera (2015) realizan un relato pormenorizado de la normativa educativa española: a la Ley Moyano le seguirían la Ley de Reforma de la Enseñanza Media de 1938; la Ley de Ordenación de la Universidad de 1943; la Ley de Educación Primaria de 1945; la Ley de Formación Profesional Industrial de 1949; la Ley de la Ordenación de la Enseñanza Media de 1953, cuyos objetivos eran, por un lado, acoger en el sistema educativo a los numerosos niños y niñas nacidos a partir de finales de la década de los años 50 (despegue de natalidad) y, por otro, adaptarse a las nuevas necesidades económicas y demandas sociales provocadas por la etapa desarrollista de los 60; la Ley de Construcciones Escolares de 1953 y la Ley de Formación Profesional Industrial de 1955.

A dicha norma le seguiría la ley Villar Palasí-Holchleitner o Ley General de Educación y Financiamiento de la Reforma de 1970 (LGE), que según De Puelles (2008) surgiría para romper el sistema bipolar de la anterior:

“en respuesta a la demanda creciente de democratización de la educación y a las necesidades de una sociedad dinámica, urbana e industrial que poco o nada tenía que ver con la sociedad a la que respondía la ley Moyano” (p.10).

No obstante, dicha norma no tuvo en cuenta al profesorado ni la formación que este precisaba para acometer la reforma educativa que se pretendía.

Tras el infructuoso intento de aprobación en 1980 de la Ley Orgánica por la que se regula el Estatuto de Centros Escolares (LOECE), que no entraría en vigor por diversas circunstancias, llegarían la LODE de 1985 (reguladora del derecho a la educación derivado de la Constitución de 1978), y la Ley de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE) de 1990, cuyo logro principal fue extender la escolaridad obligatoria y gratuita hasta los dieciséis años de edad, aunque tampoco esta ley supo establecer los mecanismos adecuados para una formación inicial ni continua del profesorado, tanto de Secundaria como de Primaria.

Este proceso habría de esperar hasta la entrada en vigor de la Ley Orgánica de Educación (LOE) de 2006, a la que le habían precedido la Ley Orgánica de Participación, Evaluación y Gobierno de los Centros Escolares (LOPEG) de 1995 y por poco tiempo la Ley Orgánica de la Calidad de la Educación (LOCE), de 2002, pues esta apenas había retocado levemente la ley de 1990.

Así hasta llegar a las leyes de educación de ámbito autonómico, como las publicadas en Andalucía, Canarias, Cantabria, Castilla-la Mancha, Cataluña y Extremadura con posterioridad a la publicación de la LOE de 2006. En 2013 llegaría la LOMCE, sustituida en 2020 por la LOMLOE, de gran impacto educativo, social y legal.

Por tanto, hemos tenido en España hasta diez leyes educativas fundamentales, ocho en concreto en la etapa constitucional moderna (figura 2-15): LIP (1857), LGE (1970), LOECE (1980), LODE (1985), LOGSE (1990), LOPEG (1995), LOCE (2002), LOE (2006), LOMCE (2013) y LOMLOE (2020).

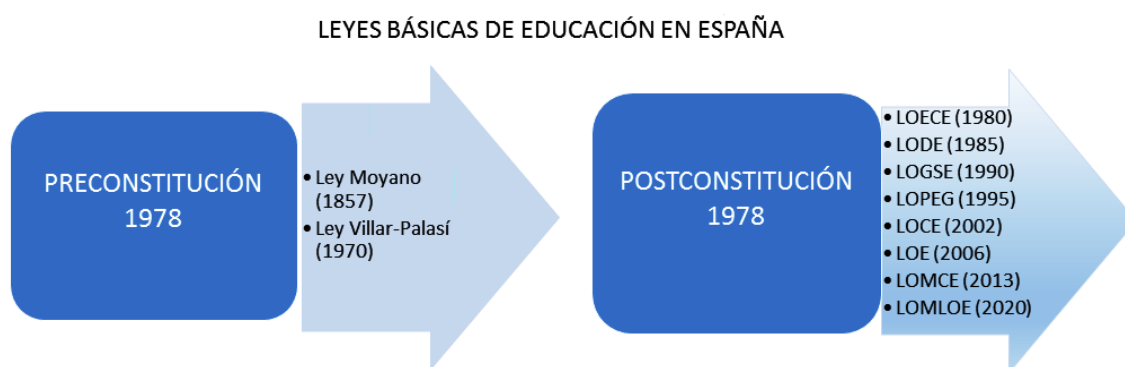


Figura 2-15.- *Leyes educativas españolas*

A la espera del desarrollo normativo de la LOMLOE, las actuales normas de desarrollo de las Comunidades Autónomas (una inflación normativa sin precedentes en la historia de la educación de España) están referidas a la LOMCE. Entre dichas normas en Extremadura se encuentran los Decretos de 2014 y 2015, por los que se aprueban los *curricula* de Primaria, Secundaria y Bachillerato.

A pesar de las numerosas leyes habidas hasta el momento, Romero (2011:12-14) enumera una propuesta amplia de mejoras del sistema educativo:

- Consenso o pacto educativo.
- Mayor inversión en educación.
- Mayor control del estado de la enseñanza.
- Reforma de los currículos de Primaria y Secundaria.
- Eliminación definitiva de la promoción automática.
- Recuperación de la autoridad del profesor.

- Tolerancia cero con la indisciplina escolar.
- Refuerzo educativo para los que verdaderamente lo necesiten.
- Introducción de itinerarios profesionales desde 2º de ESO.
- Reforma del bachillerato.
- Disminución progresiva de la ratio (número de alumnos por aula).
- Incorporación definitiva de las nuevas tecnologías.
- Evaluación externa del sistema educativo.
- Fomento del aprendizaje de idiomas.
- Fomento de la cultura del esfuerzo.

Hernández (2009) señala varios inconvenientes para la difusión de los trabajos de ciencias naturales en el siglo XIX:

- Un ambiente poco propicio para el desarrollo de las ciencias.
- Escasa implantación de las ciencias naturales en el sistema educativo.
- La censura existente sobre las publicaciones (por ejemplo, el Reglamento sobre Imprenta de 4 de enero de 1834).
- El desinterés social hacia los estudios de ciencias naturales, a excepción de los agrícolas.

El calado de las ciencias biológicas en la enseñanza media en España fue más profundo que el de las geológicas, que no llegó hasta los primeros trabajos de Salvador Calderón, hacia 1829, y los de otros (Augusto García Linares, Lucas Fernández Navarro, Eduardo Hernández-Pacheco...) ya casi a finales de siglo. En cualquier caso, estos trabajos fueron fundamentalmente mineralógicos y petrológicos.

García (2008) apunta que, salvo excepciones, el marco teórico en el que tradicionalmente se desarrolló la actividad científica y académica en España fue fijado por la comunidad escolástica, no teniendo éxito los intentos de la comunidad ecléctica de profesar la filosofía experimental en el campo de las ciencias de la naturaleza. Los maestros españoles quedaron al margen de la natural evolución del pensamiento y profesaron una ciencia muerta, proviniendo de ello el atraso en materias científicas habido en España hasta principios del siglo XX. Señala este autor:

“La escasez de resultados científicos... entre finales del siglo XVI y finales del XIX no es atribuible a una ineptitud intrínseca de los españoles para las ciencias, como

a veces se sostuvo, ...sino a que, desconociendo las claves del nuevo pensamiento científico profesaron una «ciencia muerta». La historia parece evidenciar que el desconocimiento de la finalidad, estructura y métodos de las ciencias dificulta enormemente el aprendizaje de las mismas y anula la creatividad científica. Es muy probable que las dificultades que tienen actualmente nuestros alumnos para entender algunos contenidos específicos de las ciencias sean debidas a que no se les enseña adecuadamente ni «las reglas del juego científico», ni el marco teórico en el que están inmersos esos contenidos”. (p.138)

Por otro lado, García (1998:328) señala algunos obstáculos epistemológicos al aprendizaje escolar que en la actualidad se producen en general en las geociencias:

- Imposibilidad de observación directa asociada a la dificultad de experimentación.
- Inmutabilidad o fijismo.
- Globalidad, idea que permite relacionar e integrar los fenómenos y procesos geológicos.
- Actualismo-uniformitarismo, que tiende a la interpretación peligrosa y abusiva de determinados fenómenos geológicos.
- Enseñanza de hechos acabados, que evita en cierta medida el debate o la controversia en el aula.
- Superficialidad con que se asimilan conceptualmente los modelos y las analogías.

Fundamental y lapidaria, finalmente, es la conclusión de Calonge (2013):

“La escasa representación de los contenidos geológicos en los libros de texto de Secundaria ha condicionado a la baja el número de estudiantes que cursan estas materias. A ello hay que añadir el carácter optativo de las asignaturas con contenidos geológicos en el Bachillerato (“Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente”) y el escaso peso que se otorga a dichas asignaturas en las pruebas de acceso a la universidad, lo que está originando que dejen de impartirse en muchos centros. A esta progresiva disminución de los contenidos geológicos que se imparten en los centros pre-universitarios (frecuentemente no se imparten) hay que añadir la reducción de horas destinadas a contenidos geológicos, el número elevado de contenidos incluidos en los programas, el perfil del profesorado que imparte estos contenidos con falta de formación geológica, etc.” (p. 11)

Gracias a trabajos como los de Lucas Fernández Navarro (1869-1930), Juan Dantín Cereceda (1881-1943), Celso Arévalo Carretero (1885-1944), Orestes Cendrero Curiel (1886-1946), Juan Carandell Pericay (1893-1937), Enrique Tomás Rioja Lo Bianco (1895-1963), José Royo Gómez (1895-1961), Vicente Sos Baynat (1895-1992) o Manuel de Terán Álvarez (1904-1984), conocemos en qué se basaban los contenidos geológicos concretos que se impartieron en España entre mediados del siglo XIX y 1936 (Sos, 1988; Casado, 2011; Ripollés, 2014). Resulta interesante su evolución como disciplina, desde las ciencias naturales hasta su emancipación (no del todo absoluta) como ciencia en el siglo XIX. Deben exceptuarse los manuales docentes sobre Mineralogía, que siempre tuvieron una independencia lógicamente por razón de la materia, una de las primeras conocidas y desarrolladas antes incluso de la aparición de la Orictología (rama de la Historia Natural que trata acerca de los fósiles o los restos hallados o encontrados en la corteza terrestre) y la Geognosia (término en desuso que designa a la parte de la Geología que estudia la estructura y composición de las rocas que forman la Tierra) y, por supuesto, de la Geología como tal.

Pardo (2004) analiza las actividades que proponen un número significativo de libros de texto elaborados para enseñar Geología en diferentes cursos de la Educación Secundaria Obligatoria, concluyendo la falta de creatividad de la mayoría de ellos y la escasez de las actividades prácticas propuestas (De Carvalho, 2012) y, por consiguiente, también la escasez de procedimientos de enseñanza y aprendizaje. Un último trabajo de investigación ha sido el realizado por Edson Roberto de Souza para su tesis doctoral titulada *O potencial didático das imagens geocientíficas em livros de textos do ensino secundário: representação da dinâmica interna da Terra*, resumido a propósito del uso del documento “Alfabetización en Ciencias de la Tierra” en 60 libros de texto de Secundaria españoles y el potencial didáctico de sus ilustraciones, donde generaliza señalando deficiencias técnico-estéticas, un mal uso del lenguaje científico y errores conceptuales (Souza et al., 2017:339), conclusiones que vienen a refrendar, si cabe aún más, los datos aportados por Calonge (2013) y que vienen a coincidir esencialmente con las de otros investigadores en materia medioambiental (Hernández et al., 2018).

Jean-Louis Guereña efectuó en 1988 un importante repaso de las cerca de 300 investigaciones realizadas sobre la enseñanza secundaria en España, citando algunos trabajos de Fraga Vázquez sobre Ciencias Naturales en Galicia, o el trabajo de Felicidad Sánchez Pascua sobre el Instituto de Segunda Enseñanza de Badajoz y Emilia Domínguez Rodríguez

sobre el instituto homónimo de Cáceres (Guereña, 1988; Rebollada et al., 2017b; Redondo, 2018).

2.3.3.- Las Geociencias en el sistema educativo: de la Enseñanza de la Geología a la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra

La Geología es una ciencia para cuya enseñanza y aprendizaje se recomiendan, más que se requieren, ciertos útiles (materiales geológicos como fósiles, minerales y rocas, fundamentalmente, bien naturales o artificiales a modo de sucedáneos o imitaciones lo más fidedignas posibles, aplicaciones informáticas u otras herramientas digitales ofrecidas a través de webs u otros soportes entroncados con las TIC). Existe consenso en que, como ocurre en otra de las Ciencias de la Naturaleza por antonomasia, la Biología, resulta imprescindible una toma de contacto con el medio, el entorno, para conocer de primera mano el funcionamiento de sus componentes y procesos, lo que se denomina “contexto funcional” (Krepel y Durall, 1981:7).

Tal es así, que raro es que un alumno no realice una excursión fuera del aula, “al campo”, como se suele decir, para de esta manera comprender mejor los conceptos y proposiciones que el docente ha ido transmitiendo sucesivamente con carácter previo en el aula.

En este sentido, Gómez et al. (2011:1) señalan una idea ampliamente conocida en la docencia de las ciencias naturales, cual es la importancia del trabajo de campo “*como única manera de observar el objeto de estudio en su contexto*”. En la enseñanza de las Ciencias Naturales el contexto funcional del material educativo se encuentra casi siempre lejos del aula, por lo que el trabajo de campo en sentido estricto se convierte en una parte fundamental en la formación del alumno para la completa comprensión de los procesos geológicos.

Si bien el propio sistema educativo debería disponer de los recursos necesarios para el desarrollo didáctico de la Geología, son en realidad los investigadores y docentes los encargados de ofrecer tales recursos a los discentes. Así, por la experiencia que conocemos, la mayor parte de los docentes de esta materia apuestan por una didáctica mixta, mediante dos vías:

- 1^a) Enseñanza en el centro educativo, en la que aplican habitualmente un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la transmisión de teoría dentro del aula, para el cual utilizan ocasionalmente materiales y recursos externos, propiamente

geológicos, como minerales, fósiles, rocas u otros recursos físicos similares, siendo cada vez más común, sin embargo, el uso de otros recursos como apoyo en la didáctica, como son los tecnológicos o virtuales (Internet y software educativo). Existe una variante a este modelo de enseñanza-aprendizaje: la utilización del laboratorio de ciencias en los centros educativos, donde el aprendizaje es más práctico y rompe aparentemente con el modelo tradicional del aula.

- 2ª) Enseñanza en el medio, siempre que ello sea posible, realizando con sus alumnos visitas fuera del aula, bien a museos, centros de interpretación, exposiciones, etc., o bien a lugares en los que poder observar algunos fenómenos, procesos o elementos naturales geológicos, que permitan a sus alumnos afianzar el conocimiento en materia geológica gracias al significado que adquiere el mismo y que dicho procedimiento práctico facilita enormemente.

Para contextualizar la Didáctica de la Geología en el sistema educativo conviene señalar que el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), que comenzó a gestarse con la Declaración de la Sorbona de 1998 y se concretó con la denominada convergencia del EEES o “Plan Bolonia” de 1999, está prácticamente implantado en la UE. Con él se pretende conseguir una Europa del Conocimiento basada en un marco educativo común que, en teoría, favorezca la compatibilidad y la comparación de los sistemas de educación superior y, con ello, la competitividad, la movilidad y el desarrollo y cohesión social de los países implicados.

Este modelo especula con conceptos tales como aprendizaje autónomo, el profesor como facilitador o gestor del aprendizaje, la consecución de competencias, el trabajo coordinado, la formación a lo largo de la vida y las TIC (González y Moreno, 2012). Sobre las TIC en concreto, el trabajo de Cabero et al. (2013) es redefinido por Castellano y Pantoja (2017:216-217), quienes enumeran las funciones y posibilidades que ofrecen estas tecnologías, por permitir:

- Ampliar la oferta informativa.
- Crear entornos más flexibles para el aprendizaje.
- Eliminar las barreras espacio-temporales entre el profesor y los estudiantes.
- Incrementar las modalidades comunicativas.
- Potenciar los escenarios y entornos interactivos.

- Favorecer tanto el aprendizaje independiente y el autoaprendizaje como el aprendizaje colaborativo y en grupo.
- Romper los clásicos escenarios formativos, limitados a las instituciones escolares.
- Ofrecer nuevas posibilidades para la orientación y la tutorización de los estudiantes.
- Facilitar una formación permanente.

Según señala la profesora Antonia Andrade Olalla sobre las ideas planteadas en 2005 por el profesor Juan Freire (Andrade, 2007), el EEES debería ser una oportunidad de mejora de la calidad de la docencia universitaria, un cambio de paradigma (de un sistema basado en la enseñanza del profesor a un sistema basado en el aprendizaje del estudiante), un contrato entre el profesor y los alumnos (a través del *European Credit Transfer and Accumulation System*, ECTS) y una apuesta por una formación integral (en cuanto a contenidos científicos y capacidades).

No obstante, el EEES ha recibido numerosas críticas, entre las que destacamos la de González y Moreno (2012), quienes señalan, refiriéndose a los países deficitarios (originalmente Portugal, Italia, Grecia y España, al que habría que añadir actualmente a Irlanda, conocidos peyorativamente en la terminología anglosajona con el acrónimo PIGS – Portugal, Ireland, Greece and Spain–):

“La crisis económica y su azote europeo que afecta particularmente a los países periféricos conocidos como PIGS (!), el giro neoliberal de la ideología dominante y la política de recortes presupuestarios que afectan de lleno a la educación pública en nuestro país imposibilitan la aplicación de un modelo educativo ideado en época de abundancia”. (p. 134)

Francisco Javier Perales Palacios, en el XXV Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales celebrado en Santiago de Compostela en 2012 bajo los auspicios de la Asociación Española de Profesores e Investigadores en Didáctica de las Ciencias Experimentales (APICE), refiriéndose a la didáctica de las ciencias experimentales en general en Educación Primaria, señala al profesorado como víctima del sistema educativo, debido al adelgazamiento del currículo de las asignaturas de ámbito científico en los planes de estudio de las titulaciones de maestro, lo que unido a la práctica ausencia de mecanismos de selección para el acceso a las facultades de educación, ha impedido el adecuado relevo

generacional en el área de ciencias (Perales, 2012:4). Creemos que esta idea, por desgracia, es también extrapolable a la Enseñanza Secundaria.

Tanto el informe PISA, de la OCDE, como el Informe Rocard (Rocard, 2007) sobre la enseñanza de las ciencias en Europa, indican que “*los estudiantes perciben la educación científica como irrelevante y difícil*” (Zamalloa et al., 2013:3759).

El informe PISA se enmarca en una tradición de estudios escolares llevados a cabo desde mediados del siglo XX por la IAEEA (*International Association for the Evaluation of Educational Achievement*), organización de los Estados Unidos de Norteamérica responsable del TIMSS (*Trends in International Mathematics and Science Study*), que comenzó su andadura en 1995 y cuya metodología sigue en gran medida el estudio PISA. El TIMSS está, a su vez, muy influenciado por la NAEP (*National Assessment of Educational Progress*). Para conocer las políticas y prácticas adoptadas en el día a día del trabajo de los directores y profesores de los centros de enseñanza de los 48 países y economías implicados, tanto de la OCDE (Alberta –Canadá–, Australia, Austria, Bélgica, la Comunidad Flamenca de Bélgica –que también participó como una entidad subnacional–, Chile, Colombia, República Checa, Dinamarca, Inglaterra, Estonia, Finlandia, Francia, Hungría, Islandia, Israel, Italia, Japón, Corea, Letonia, Lituania, Méjico, Países Bajos, Nueva Zelanda, Noruega, Portugal, Eslovaquia, Eslovenia, España, Suecia, Turquía, y Estados Unidos de América) como adheridos o asociados (Brasil, Bulgaria, Ciudad Autónoma de Buenos Aires –Argentina–, Croacia, Chipre, Georgia, Kazajstán, Malta, Rumania, Rusia, Arabia Saudí, Shanghai –China–, Singapur, Sudáfrica, Taipei –China–, Emiratos Árabes Unidos y Vietnam) se elaboró el Estudio Internacional sobre Enseñanza y Aprendizaje (TALIS, en inglés), que en su informe de 2018 concluye que se debe:

- Mejorar la formación inicial y continua del profesorado.
- Dar más apoyo a los profesores y profesoras noveles.
- Ofrecer más formación basada en el aprendizaje entre iguales.
- Formar más al profesorado para atender a alumnado diverso.
- Mejorar las competencias digitales del profesorado.
- Renovar el cuerpo docente durante la próxima década.
- Reducir el número de alumnos por clase.

Los estudios internacionales más destacados se incluyen en la tabla 2-6.

Tabla 2-6. *Estudios internacionales más destacados que se llevan a cabo para la evaluación educativa*

INSTITUCIÓN	ESTUDIOS	DESTINATARIOS	PERIODICIDAD	ÚLTIMA PRUEBA
OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico)	PISA	Alumnos que cumplen 16 años en el año de realización	3 años	2018
	TALIS	Profesores y directores de Educación Secundaria	---	2018
	PIAAC	Población adulta (16 a 65 años)	10 años	2018
IAEEA (International Association for the Evaluation of Educational Achievement)	PIRLS	4º EP	5 años	2016
	TIMSS	4º EP	4 años	2019
	ICILS	2º ESO	---	2018
	TEDS-M	Futuros profesores de Primaria y Secundaria	---	2012

Fuente: *Elaborado a partir del Instituto Nacional de Evaluación Educativa (<http://www.educacion.gob.es/inee>)*

La red de información educativa en Europa (EURYDICE) define la competencia científica como la capacidad para utilizar el conocimiento científico, identificar preguntas y extraer conclusiones basadas en evidencias, con el fin de comprender y contribuir a la toma de decisiones sobre el mundo natural y los cambios que la actividad humana produce en él (EURYDICE, 2012). Desde 2006 PISA diferencia entre conocimiento de las ciencias (comprensión de conceptos y teorías científicas fundamentales) y conocimiento sobre ciencia (entendimiento de la naturaleza de la ciencia en tanto que actividad humana, así como la potencia y limitaciones del conocimiento científico).

Respecto a PISA, Vilches y Gil (2010) recopilan lo señalado por otros autores, concluyendo que dicho programa evalúa el conocimiento científico a través de tres grandes dimensiones, superando –lo que constituye un primer e importante mérito– el habitual reduccionismo conceptual de las actividades de evaluación ordinarias: los procesos o destrezas científicas, los conceptos y contenidos científicos y el contexto en el que se aplica el conocimiento científico (tabla 2-7).

Tabla 2-7.- Dimensiones y destrezas científicas de PISA

DIMENSIÓN	DESTREZAS CIENTÍFICAS DE PISA
Procesos o destrezas científicas	<ul style="list-style-type: none"> - Reconocer cuestiones científicamente investigables. - Identificar las evidencias necesarias en una investigación científica. - Extraer o evaluar conclusiones. - Comunicar conclusiones válidas. - Demostrar la comprensión de conceptos científicos.
Conceptos y contenidos científicos	<ul style="list-style-type: none"> - Que aparezcan en situaciones cotidianas y tengan un alto grado de utilidad en la vida diaria. - Que se relacionen con aspectos relevantes de la ciencia, seleccionando aquellos que con más probabilidad mantengan su importancia científica en el futuro. - Que sean aptos y relevantes para detectar la formación científica del alumnado. - Que sean idóneos para ser utilizados en procesos científicos y que no solo respondan a definiciones o clasificaciones que únicamente deben ser recordadas.
Contexto	<ul style="list-style-type: none"> - Las ciencias de la vida y la salud. - Las ciencias de la Tierra y del medio ambiente. - Las ciencias y el desarrollo tecnocientífico.

Fuente: Elaborado a partir de Vilches y Gil (2010)

El Informe Rocard señala varios factores como causa de la falta de interés de la juventud hacia la ciencia, entre otros una forma de enseñar muy abstracta, sin apoyo en la observación y la experimentación. A ello ayuda la inseguridad del profesorado en la docencia de la Geología, dato este que ya había sido apuntado poco antes por Chris King, presidente de la Asociación Británica de Profesores de Ciencias de la Tierra, en 2006 (Zamalloa et al., 2013:3759).

Las Geociencias como materia curricular han ido perdiendo en los últimos años una de sus características más definatorias, cual es la salida de campo, tan simbólica como necesaria. Para Gómez et al. (2011):

“La literatura existente sobre enseñanza en el campo muestra la preocupación por optimizar el rendimiento educativo durante una salida de campo y garantizar su interactividad. Esto tiene una especial relevancia, ya que las salidas de campo suponen un gasto significativo y a menudo sufren los primeros recortes cuando aparecen restricciones presupuestarias. Así, mejorar la eficacia de la enseñanza en el campo en Ciencias de la Tierra es una prioridad tanto desde el punto de vista educativo como desde el presupuestario”. (p. 1)

En la línea de retomar no sólo el prestigio que tuvo en su momento la Geología, sino también con el ánimo de legar a la sociedad las bases de su conocimiento, atesorado a lo largo de su fundación como ciencia moderna entre 1830 y 1833, años de la edición de

Principles of Geology, de Charles Lyell, se crea el proyecto *Earth Science Literacy Principles*, auspiciado por la *National Science Foundation* y la *American Association for the Advancement of Science*, en el que participan las más importantes sociedades científicas americanas relacionadas con las Ciencias de la Tierra y su enseñanza.

En España es conocido como Alfabetización en Ciencias de la Tierra, habiendo sido promovido desde la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Dicho proyecto establece diez ideas clave (tabla 2-8, más explícita en el anexo V) que todo ciudadano debería conocer al acabar la ESO (Pedrinaci et al, 2013):

“La presente propuesta participa de esa perspectiva alfabetizadora y sintetiza el conocimiento fundamental que todo ciudadano debería tener sobre la Tierra y su funcionamiento, concretándolo en 10 ideas clave y en los conceptos y principios que sustentan cada una de ellas. Puesto que se trata de un conocimiento básico y fundamental, coincide con aquello que debería saber todo estudiante al finalizar la Educación Secundaria Obligatoria (ESO).” (p.118)

Tabla 2-8.- *Ideas-clave para la alfabetización en Ciencias de la Tierra*

Idea clave 1	La Tierra es un sistema complejo en el que interaccionan las rocas, el agua, el aire y la vida.
Idea clave 2	El origen de la Tierra va unido al del Sistema Solar y su larga historia está registrada en los materiales que la componen.
Idea clave 3	Los materiales de la Tierra se originan y modifican de forma continua.
Idea clave 4	El agua y el aire hacen de la Tierra un planeta especial.
Idea clave 5	La vida evoluciona e interacciona con la Tierra modificándose mutuamente.
Idea clave 6	La Tectónica de Placas es una teoría global e integradora de la Tierra.
Idea clave 7	Los procesos geológicos externos transforman la superficie terrestre.
Idea clave 8	La Humanidad depende del planeta Tierra para la obtención de sus recursos y debe hacerlo de forma sostenible.
Idea clave 9	Algunos procesos naturales implican riesgos para la Humanidad.
Idea clave 10	Los científicos interpretan y explican el funcionamiento de la Tierra basándose en observaciones repetibles y en ideas verificables.

Fuente: Pedrinaci et al. (2013)

En esta línea una aportación muy interesante en materia curricular es GeoSchools (Calonge et al., 2012), proyecto de la UE subvencionado por el Programa de Aprendizaje Permanente (*Long Life Learning Program*) que tiene como principal objetivo el definir el “Marco de referencia de principios de alfabetización geocientífica” que deberían impartirse

en los centros europeos para la enseñanza obligatoria de los cinco países participantes (Austria, España, Italia, Grecia y Portugal) (Calonge et al., 2014:99).

GeoSchools pretende encontrar una manera eficaz de hacer participar a los estudiantes y profesorado de Enseñanza Secundaria en nuevas fórmulas de llevar a cabo el proceso de enseñanza-aprendizaje en los centros europeos. Pero tiene también otros fines:

- Poner de relieve la importancia de enseñar contenidos geológicos en la Enseñanza Secundaria.
- Reducir la brecha entre los conocimientos científicos y los conocimientos geocientíficos impartidos en la enseñanza obligatoria.
- Proponer acciones para actualizar los conocimientos geológicos de los profesores y la actitud de los estudiantes a la hora de valorar y apreciar la Geología.
- Mejorar los métodos de enseñanza aplicados a la enseñanza de la Geología en los centros europeos y apoyar la educación para la sostenibilidad.
- Impulsar y consolidar la investigación en el ámbito de la didáctica geocientífica.
- Fomentar vocaciones geocientíficas, para contribuir a que la sociedad, en todos sus niveles y estamentos, sea más culta, próspera y avanzada en el conocimiento.

Para ello GeoSchools realiza un análisis comparativo de los currículos, normaliza el glosario de términos geológicos, investiga las preferencias de los estudiantes y propone materiales docentes y rutas geológicas (Calonge et al., 2012:49-50).

Para finalizar, decir que pese a la aparente apatía con que la enseñanza de la Geología se ha podido desarrollar en lo que a salidas de campo se refiere, ha habido iniciativas que, no estando formalmente dentro del currículo, sí han permitido tanto a profesores como a alumnos mantener el interés y la dinámica didáctica de esta materia en las aulas españolas. Iniciativas ya consolidadas, como la Olimpiada de Geología (auspiciada en España por la AEPECT y apoyada por la SGE –en Extremadura también por la AGEx–), con fases regionales/autonómicas, nacional e internacional, que se celebran en otros tantos países); el Geolodía (Crespo-Blanch et al., 2016), coordinado desde la SGE y con un importantísimo desarrollo en los últimos años; las experiencias didácticas actualmente en desarrollo dentro de geoparques y otros espacios naturales, a partir sobre todo de la tesis doctoral de Luis Carcavilla Urquí y su posterior publicación por parte del IGME en 2007; el GEOCAMP, un portal de apoyo a las actividades de campo en Geología (Brusi et al., 2011b), al estilo de la web *earthlearningidea* (King et al., 2013); la tutoría entre iguales (Moliner et al., 2012), la

aplicación “Geo_GPS” para teléfonos móviles y tabletas (Vacas et al., 2011), aplicaciones móviles (Aulinas et al., 2016), redes sociales (Morales, 2012) o la gamificación. Sobre gamificación son muy interesantes los trabajos de Rodríguez et al. (2014), sobre la utilidad didáctica de una gymkhana geourbana llevada a cabo por la ciudad de Madrid, y los de diversos autores (Brusi, Cornellà, Fernández-Lozano, López-Carrillo, etc.) incluidos en el número monográfico 28.1 de la revista Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, dedicado íntegramente al uso de los juegos en el aprendizaje geológico (AEPECT, 2020). Todos estos modelos han sabido explotar el potencial tan arraigado que tienen las Ciencias Geológicas respecto a su enseñanza y aprendizaje fuera de las aulas, por medio de salidas de campo.

Como consecuencia, quizá, de todo lo anterior, tanto en la LOMCE como en la LOMLOE la Geología parece estar más cerca del lugar que le corresponde en lo que a currículo se refiere, gracias entre otras cosas a las reivindicaciones realizadas por numerosas instituciones de índole geológica: AEPECT; IGME; Asociación Española para el Estudio del Cuaternario (AEQUA); Conferencia de Decanos de Geología; Ilustre Colegio Oficial de Geólogos (ICOG); sección española de la *International Commission on the History of Geological Sciences* (INHIGEO-IUGS); Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE) –organismo encargado de elaborar el Informe ENCIENDE (Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica escolar para edades tempranas en España)–; sección española de la *Commission on Geoscience Education* (COGE-IUGS); Real Sociedad Española de Historia Natural (RSEHN); Sociedad Española de Geomorfología (SEG); Sociedad Española de Mineralogía (SEM); Sociedad Española de Paleontología (SEP); Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero (SEDPGYM); y SGE, que proponían un currículo sobre la enseñanza de las Ciencias de la Tierra en la Educación Secundaria (obligatoria y postobligatoria) que fuera coherente y formativa, estuviera actualizada, tuviera en cuenta las demandas sociales y educativas y contara con el máximo respaldo de las organizaciones científicas, profesionales y de enseñanza (Pedrinaci, 2014:36).

En la LOMCE (figura 2-16) –ya traspuesta a la Comunidad Autónoma de Extremadura, mediante el Decreto 103/2014 (currículo de Educación Primaria) y, para Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, el Decreto 127/2015, modificado por el Decreto 98/2016 (Diario Oficial de Extremadura, 2016), a su vez modificado por el Decreto 112/2018 en ciertos aspectos del Bachillerato– la presencia de la geología en mayor o menor grado queda englobada en las siguientes asignaturas:

- Primaria (dos asignaturas): Ciencias de la Naturaleza; Ciencias Sociales.
- Secundaria Obligatoria (nueve asignaturas): Biología y Geología; Geografía e Historia; Cultura Científica; Física y Química; Ciencias Aplicadas a la Actividad Profesional; Educación Física; Filosofía; Tecnología; Valores Éticos (existe información más detallada en el anexo IV).
- Bachillerato (tres asignaturas): Biología y Geología; Geografía; Geología.

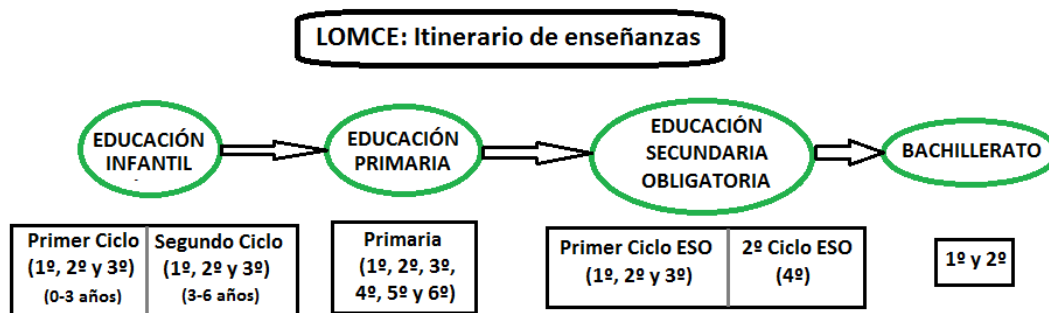


Figura 2-16. *Itinerario de enseñanzas. Fuente: Elaborado a partir del Ministerio de Educación y Formación Profesional.*

La promulgación de la LOMLOE requerirá la trasposición de normas de desarrollo que podrían modificar esta situación curricular.

Es importante resaltar el papel que las salidas de campo juegan, a nivel curricular, desde Primaria y Secundaria Obligatoria (sobre todo en 3º y 4º): es una demanda generalizada por parte de los docentes el uso de dicho procedimiento (salida fuera del aula) en todos los niveles, dadas sus bondades en el aprendizaje significativo de los tipos de materiales y, sobre todo, de los procesos geológicos.

El término “Geología”, como hemos venido indicando, ha ido teniendo sus homónimos en “Ciencias Geológicas” (o “Geociencias”) y su equivalente “Ciencias de la Tierra” (King, 2008; Calonge et al., 2012). En especial este último, probablemente el más aglutinador de lo que hoy en día se entiende como Geología, materia que permite comprender el medio terrestre en la totalidad de su concepción. Por ello resulta pertinente hacer mención al desarrollo sostenible en el ámbito didáctico de la Geología: la UNESCO señala que “*la Educación para el Desarrollo Sostenible permite que cada ser humano*

adquiera los conocimientos, las competencias, las actitudes y los valores necesarios para forjar un futuro sostenible” (López, 2013:128; UNESCO, 2017).

Educar para el desarrollo sostenible significa incorporar los temas fundamentales del desarrollo sostenible a la enseñanza y el aprendizaje, por ejemplo, el cambio climático, la reducción del riesgo de desastres, la biodiversidad, la reducción de la pobreza o el consumo sostenible.

Es, pues, un paradigma que engloba las variadas modalidades educativas que ya existen y las que quedan por idear. Por otro lado, la Educación para el Desarrollo Sostenible exige métodos participativos de enseñanza y aprendizaje que motiven a los alumnos y les doten de autonomía, a fin de cambiar su conducta y facilitar la adopción de medidas en pro del desarrollo sostenible.

2.3.4- Experiencias didácticas formales fuera del aula en la Enseñanza de las Geociencias

No es hasta finales del siglo XIX cuando surge un interesante movimiento cultural que trata de divulgar el patrimonio histórico-artístico y los valores naturales entre la población en general y los escolares en particular. En España, en clara conexión con los planteamientos de la ILE, diversos científicos, maestros y profesores trataban de poner en marcha excursiones e itinerarios didácticos que permitieran aumentar la cultura popular y, con ello, favorecer la protección y conservación del patrimonio cultural y natural más próximo a los ciudadanos (Díez y Vegas, 2011). Con la premisa “conocer es amar, y amar es proteger” la docencia tuvo un cierto calado en la sociedad científica española (que no en la sociedad en general) del siglo XIX y comienzos del XX.

De aquel periodo hay varias experiencias inéditas enmarcadas en los materiales propios del currículo y la docencia del momento. No es hasta mediados de siglo XX cuando aparecen esporádicamente algunos trabajos, siempre desde el localismo, sobre el uso de los recursos de la ciudad como herramienta didáctica de la Geología. Es el caso del primer trabajo al que hemos tenido acceso, de Francisco Hernández-Pacheco, de 1954, sobre los adoquines de Madrid (Hernández-Pacheco, 1954), debiendo pasar varias décadas hasta que aparezcan las primeras investigaciones pormenorizadas en este sentido, entre las que destaca la tesis doctoral realizada en Madrid por Sandra Martín Moreno en 1994 (Martín, 1994) y la más reciente de David Martín Freire Lista (Freire, 2016), así como los numerosos trabajos

que con el epígrafe “geomonumental” o similar (por ejemplo, Pérez et al., 2008; o Fort et al., 2010) han venido a aportar interesantes ideas sobre el uso didáctico de tales elementos arquitectónicos en geociencias (tabla 2-9).

Tabla 2-9. *Importancia de las rutas geo-monumentales*

¿POR QUÉ SON IMPORTANTES LAS RUTAS GEOMONUMENTALES?
Permiten conocer tanto el comportamiento como la preservación de los materiales geológicos utilizados en el patrimonio arquitectónico e histórico-artístico que nos ha sido legado.
Suponen una novedosa metodología educativa, prácticamente carente a nivel institucional, muy adecuada para la trasferencia de información (cognitiva) y la educación en valores (actitudinal).
Permiten el conocimiento de otros “patrimonios” menos conocidos, pero de inestimable valor, como el histórico, el natural y el industrial.
Muestran al ciudadano cómo las ciencias experimentales (física, química, geología y biología) y la tecnología pueden contribuir a la conservación del legado arquitectónico.
Suponen un importante potencial turístico, conocido como turismo geológico o geoturismo, que puede retroalimentar la economía del sector terciario en determinadas zonas.
Permiten al visitante profundizar en las rutas de manera inclusiva hasta donde desee, captando su atención e impulsándole a conocer transversalmente otros aspectos de los monumentos reales, confluyentes en la valoración y el respeto hacia el patrimonio en general y hacia el arquitectónico en particular.

Fuente: Elaborado a partir de Pérez et al. (2008).

También destacan los trabajos del grupo de investigación de la Universidad Complutense de Madrid “Alteración y Conservación de los Materiales Pétreos del Patrimonio” (Varas et al., 2010), las rutas referenciadas en “madri+d” (<http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/patrimonio/rutas/geomonumentales/>) o la tesis doctoral realizada al respecto sobre materiales de construcción utilizados en Extremadura, de María Isabel Mota López (Mota, 2015), auspiciada por el Instituto Tecnológico de Rocas Ornamentales y Materiales de Construcción, centro de investigación radicado en Cáceres.

Todo este ímpetu innovador en la educación española de principios del siglo XX se vio interrumpido con la Guerra Civil de 1936-39 y la posterior dictadura franquista, durante la cual el sistema educativo fue cedido a la Iglesia, para la defensa de la patria y el nacional-catolicismo, siendo perjudicadas no sólo las Ciencias Geológicas (especialmente en cuestión de origen del Universo, del Sistema Solar y la Tierra, etc.), sino también las Sociales (por la tergiversación de determinada información socio-histórica, especialmente la referida a la religión) y las Biológicas (en lo referido a origen y evolución de los seres vivos y reproducción humana), sin olvidar a la Física y a la Química, que se convirtieron en materias fundamentalmente teóricas (Rebollada et al., 2015).

A medida que en la década de los 50 la Iglesia Católica va perdiendo hegemonía educativa, se observa una mejora en el aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza (por ejemplo, uso de maquetas del cuerpo humano y de animales, colecciones de minerales, rocas y fósiles, etc.), además de un cambio en la metodología docente, que empezaba a dar protagonismo al alumno en la experimentación, básicamente aún dentro de incipientes laboratorios.

Después del incremento en equipamiento que sufrieron todos los centros docentes, especialmente los públicos, a partir de los años 70, especialmente en los laboratorios, fueron los elementos audiovisuales y multimedia los que tomaron protagonismo, ya en los 80, pues supusieron una segunda revolución en cuanto a medios didácticos se refiere. De aquella época son los proyectos Atenea y Mercurio.

Es destacable lo señalado por Escolano Benito en 2006 (Sanchidrián y Arias, 2013:261) sobre el necesario reciclaje del profesorado hacia una reforma que conllevaba el uso generalizado de nuevos medios, cuyo ensayo se realizaría a través de los Institutos de Ciencias de la Educación (ICE), cuyo testigo recogerían posteriormente los Centros de Profesores y Recursos (CPR).

Respecto a los medios didácticos, Velasco y Blanco (2009) distinguen recursos educativos internos y externos al aula. Sorprende, sin embargo, que dentro de los externos se incluya únicamente al medio natural y no las salidas que utilizan la ciudad como área de enseñanza y aprendizaje.

Como apunte de interés histórico, en Estados Unidos se habían estado publicando trabajos interesantes tiempo atrás, por lo que puede decirse que dicho país fue pionero en investigaciones analíticas sobre el efecto sobre el aprendizaje de las salidas de campo. Por ejemplo, en su tesis doctoral de 1987 Marilyn Lisowski (Lisowski, 1987) enumera una serie histórica de investigaciones realizadas en Estados Unidos por otros autores, referentes a salidas de campo desde el año 1935 (Rebollada et al., 2017b). Entre las obras relacionadas con la Geología figuran las siguientes:

- Raths (1936): sobre terrenos carboníferos en el estado de Virginia.
- Benz (1962): sobre la Tierra y las ciencias en general, evaluándose mediante diapositivas.

- Glenn (1968): genérica, utilizando igualmente diapositivas para evaluar el conocimiento después de una salida de campo.

Concluye Lisowski que las salidas de campo producen en los alumnos que las realizan una mejora del aprendizaje, una mayor retención de los conocimientos y, por tanto, una mejora en las pruebas de evaluación cognitivas respecto a alumnos que no realizan estas salidas de campo.

No obstante, algunos de aquellos trabajos se centran sobre todo en torno a la Naturaleza o la Ecología (lo que hoy consideramos Medio Ambiente), mientras que las geociencias se veían representadas pobremente en algunos de los cuestionarios de conocimiento que aquellos autores utilizaban, como los de Drenchko, Brady o Kean y Enochs (Rebollada et al., 2017b:36-37), investigando en algunos casos con profesores de primaria acerca de aspectos geológicos.

Por otro lado, Chris King, uno de los más destacados innovadores en la geoeducación en Europa, premiado en 2018 por la IAPG (International Association for Promoting Geoethics) con la medalla *ad hoc*, realizó en 2008 una interesante retrospectiva de las investigaciones educativas publicadas en el ámbito de las Geociencias, con el objeto de agruparlas y así plantear mejoras tanto en el currículo educativo como en el desarrollo profesional de los docentes, así como investigaciones específicas en nuevas líneas de trabajo (King, 2008).

Tradicionalmente las prácticas de campo en España se han evaluado, en la educación reglada –formal–, a través de informes elaborados por los alumnos en los que éstos recogían y sintetizaban el trabajo desarrollado durante los diversos talleres, excursiones o cursillos. Sin embargo, la salida de campo no tiene porqué ser un fin en sí misma, sino un medio de conseguir el objetivo de aprendizaje de ciertos conceptos que en Geología pueden resultar algo abstractos (tiempo y ciclo geológicos, tectónica de placas...).

De hecho, así se enfocan la mayoría de las experiencias investigadoras en educación formal, pues no pasan de meras descripciones del entorno en el que se desarrollan dichas salidas de campo. Brusi et al. (2011a) abundan en el hecho de provocar una reflexión sobre el uso de la evaluación de competencias en el trabajo de campo en Geología, tema este en el que la LOMCE hace especial hincapié, suponiendo que seguirá en dicha línea la LOMLOE.

2.3.4.1.- Aspectos positivos y ventajas de las salidas de campo en la enseñanza de las Geociencias.

Numerosos estudios han demostrado la gran influencia de las salidas al campo sobre los alumnos tanto en aspectos cognitivos como actitudinales. Son muchos los factores que convierten en insustituible el papel didáctico de las salidas de campo, como la mejora de la asimilación de contenidos conceptuales, de procedimientos científicos, así como de actitudes y valores favorables hacia la ciencia, la protección del medio o el trabajo en grupo (Zamalloa et al., 2014).

Remarcan estos autores que el modelo de salida de campo suele estar relacionado con la “observación dirigida”, a caballo entre el modelo de transmisión y el autónomo (inductivo), lo que puede dar lugar a la reproducción de errores si el aprendizaje se fundamenta en el guion de la práctica. Tal es así, apuntan dichos autores, que son numerosos los investigadores que abogan por orientar las salidas de campo geológicas mediante el aprendizaje basado en la resolución de problemas.

A pesar de las limitaciones de orden administrativo, económico, geográfico, meteorológico y organizativo, según Cañal (2011) las ventajas de las salidas de campo serían (tabla 2-10):

Tabla 2-10. *Ventajas de las salidas de campo*

TIPOS	VENTAJAS
Cognitivas	- Posibilitan el desarrollo de procesos de enseñanza y aprendizaje significativos al potenciar la observación, el planteamiento de dudas y la interpretación de la información que se obtiene directamente.
	- Permiten el razonamiento práctico, confrontando la teoría con la práctica: se corroboran conceptos y se construyen otros.
Actitudinales	- Logran que el alumnado se acerque a la realidad al haber un contacto directo con el medio físico-social.
	- Estimulan en el alumnado el trabajo investigativo, propiciando su interés al tiempo que favorece su disfrute y recreo.
	- Rompen con la monotonía de la clase y permiten tanto una mayor socialización del grupo como el desarrollo del lenguaje y la autoestima.

Fuente: Cañal (2011).

La preparación de la visita, junto con la evaluación posterior es uno de los aspectos que tiene mayor influencia en el éxito de la salida, pero en el que en ocasiones menos se incide, siendo además necesario rentabilizar la salida de campo mediante la programación de lo que habría que hacer tanto antes como después de la misma (Pedrinaci, 2012:88).

Esta idea ya había sido expresada por algunos educadores de la ILE, entre los que destaca Carlos Vidal Box, que fuera auxiliar de cátedra de Eduardo Hernández-Pacheco, quien decía: “*El profesor nunca se improvisa ni aparece súbitamente como consecuencia de la obtención del título universitario*”.

Cuando el profesorado que realiza salidas de campo lleva a cabo normalmente actividades previas, estas suelen consistir fundamentalmente en la explicación de los contenidos que se van a trabajar durante la salida de una manera transmisora y sin evaluar en la mayoría de los casos los conocimientos del alumnado (Gaona y Cumbreira, 1993; Rodrigo et al., 1999). Prepararse y habilitarse para la logística (programar la excursión, incluyendo transporte, permisos, arreglos, sustitutos, reclutamiento de vigilantes y coordinación del sitio), la gestión (supervisión y guía de estudiantes y otros adultos incluidos en la excursión) y la pedagogía (facilitar una experiencia de aprendizaje antes, durante y después de la salida) resultará ser un buen camino para mejorar la productividad de las intervenciones fuera del aula.

Además es adecuado conocer previamente lo que el alumnado realmente sabe y determinar qué conceptos clave y principios geológicos fundamentales necesita saber, en especial en lo relativo a las edades geológicas (García et al., 1993; Casas et al., 2016:218). Por otro lado, y no menos importante, es la constatación por parte de diferentes investigadores (Falk, Orion, Holfstein...) de la existencia de una relación directa entre la preparación de la visita por parte del alumnado y el aprendizaje que ha realizado e incluso con el nivel de satisfacción respecto a la salida de campo (Aguilera, 2018).

Falk en concreto llegó incluso a desarrollar un parámetro (“*novelty factor*”) para poder evaluar el resultado de las salidas de campo. Además, Morcillo et al. (1998), en unas encuestas de investigación que realizaron al profesorado, hacían mención a este factor dependiente de varios aspectos, como el nivel de aprendizaje previo, el entrenamiento con el área de salida y los aspectos psicológicos (empoderamiento de la metodología) (Rebollada et al., 2017b:40) (tabla 2-11).

Tabla 2-11. *Caracterización de las prácticas de campo*

Tipología de prácticas de campo	Descripción	Relación Docente -Estudiante
Motivadora	Estimula a los alumnos a estudiar uno o varios temas	Enseñanza expositiva centrada en el docente. Los estudiantes redescubren los conceptos y hechos que el profesor pretendía desde el principio.
Entrenamiento	Aprenden o perfeccionan alguna habilidad técnica (uso de mapas, de brújula, etc.)	Docente definidor de reglas y sintetizador, estudiante investigador dirigido.
Ilustrativa	Introduce o refuerza conceptos vistos en el aula	Centrada en los estudiantes. Estos participan en la planificación y el desarrollo de la actividad.
Inductiva (descubrimiento guiado)	Ayuda a que los alumnos resuelvan problemas guiándoles en sus observaciones e interpretaciones	Los estudiantes son protagonistas, orientados por el profesor. Se sigue un recorrido preestablecido, en el que todas las actividades son guiadas secuencialmente por el docente o por el guion.
Investigativa	Trabaja con problemas que son investigados con bastante autonomía por los estudiantes en el campo	Salidas integradas en una investigación escolar. No se conocen, a priori, los resultados que pueden obtener. Profesor tutor – estudiante investigador.
Actitudinal	Fomenta relaciones con los compañeros y el medio	El grado de participación del estudiante promueve valores frente al cuidado de la naturaleza.

Fuente: Elaborado a partir de Morcillo et al. (1998).

Abundado más en esa misma línea, Brusi et al. (2011a:9) indican que han de trabajarse previamente los objetivos de la visita, los aspectos logísticos e incluso la recopilación de información, mejorándose de esta manera los aspectos metodológicos y actitudinales, pasando de una actividad ilustrativa a una salida de campo motivadora. Aún son escasos los trabajos que se dirigen a la formación inicial y conocimiento específico de los profesores en relación a las salidas de campo en geociencias, asunto que se ha demostrado relacionado con el conocimiento didáctico del contenido del profesor, y que puede estar influenciado por sus propias emociones (Borrachero, 2015).

En la tesis doctoral titulada “Emociones y aprendizaje en las actividades prácticas de Biología en Educación Primaria y en el Grado de Maestro en Educación Primaria”, José María Marcos Merino pone de manifiesto asociaciones entre el aprendizaje de Biología, las emociones académicas y el valor subjetivo que atribuyen los alumnos a su aprendizaje. Lo

que le lleva a concluir que las emociones académicas y el valor subjetivo otorgado por los alumnos hacia los procesos de enseñanza-aprendizaje podrían ser determinantes en su efectividad, y donde el desarrollo de metodologías activas en las clases de ciencias podría evitar el descenso en la motivación hacia las ciencias a lo largo de la escolarización (Marcos, 2020).

Sin embargo, es profusa la bibliografía sobre actividades didácticas enfocadas en las salidas de campo (Zamalloa et al., 2014; Casas et al., 2016) más que en el profesorado o el alumnado.

2.3.4.2.- Desventajas de las salidas de campo en la Enseñanza de las Geociencias.

El objetivo de una salida de campo geológica es utilizar el medio (preferiblemente natural) como hilo conductor e integrador de las observaciones geocientíficas realizadas desde las distintas disciplinas explicadas en el aula, que han podido ser complementadas mediante talleres o experiencias en laboratorio. En otras palabras, que los alumnos tomen contacto con la realidad geológica y descubran por sí mismos y sobre el terreno algunos de los aspectos tratados en las clases. Tal como señalaba el gran geógrafo y profesor D. Carlos Vidal Box en 1961 respecto a las bondades de los métodos activos o didáctica experimental realizada con participación activa del alumnado (Fonfría et al., 2005):

“No se concibe, en efecto, un auténtico profesional de las Ciencias Naturales que carezca de afición al campo y que este gusto e interés no sea capaz de transmitírsele a sus alumnos, sembrando en ellos la semilla del amor a la montaña, al campo, al mar” (p. 4).

Por otro lado, Zamalloa et al. (2014:444) nos recuerdan que *“los obstáculos para conseguir un aprendizaje significativo de las ciencias en general se acrecientan en el caso de la Geología”*. En este sentido, citan a C.M.García, autor que señala en 1998 que dicho hándicap se debe a la imposibilidad de una observación directa de los fenómenos geológicos, la inmutabilidad de lo que se observa o la incapacidad del alumnado por integrar la geología en el funcionamiento global del planeta. Una idea que también ha puesto de manifiesto Carceller (2012:280): *“Sabido es que en la ESO una gran parte de los estudiantes percibe la geología como algo poco atractivo, bastante aburrido y muy lejano a su medio más próximo (al menos para aquellos que viven en zonas urbanas)”*.

Estos mismos autores hacen mención a las dificultades, aún hoy existentes, para la comprensión de las escalas espacio-temporales, sin olvidar la percepción de la Geología como una ciencia de contenidos poco atractivos. Estos autores en concreto han sido los que quizá mejor han sabido sintetizar los problemas con los que se enfrentan las geociencias a la hora de sus propuestas didácticas en España (Zamalloa et al., 2014). Fuera de España, otros autores han realizado investigaciones similares, aunque específicamente sobre conceptos previos geológicos (Johnson et al., 2014; Guffey et al., 2016; Kripop y Otieno, 2016 y Rebollada et al., 2017b:38).

Carcavilla et al. (2010:95-96) señalan una serie de dificultades para la enseñanza de las geociencias, tanto dentro como fuera del aula:

- Las grandes magnitudes físicas involucradas en determinados procesos geológicos.
- El ámbito geográfico en ocasiones difícilmente abarcable.
- Afloramientos poco o nada espectaculares o atractivos.
- La necesidad de abstracción para comprender no sólo el tiempo geológico, sino numerosos procesos y otros conceptos para los cuales además es necesario dominar la dimensión espacial con cierta agilidad.

En la misma línea, pero focalizando el problema en los docentes, algunos autores han estudiado los efectos de la inseguridad general presente en la enseñanza y el aprendizaje de la geología, que pueden ser mayores en aspectos básicos como el tiempo geológico, como se ha venido señalando en España por parte de Emilio Pedrinaci y otros investigadores desde hace años (López-Gay, 2017).

En 2009 Whitmeyer y Mogk (Rebollada et al., 2017b:38) ponen de manifiesto, además, que durante las últimas décadas muchos departamentos universitarios de Geociencias (ponen el foco en Estados Unidos) han realizado más trabajos teóricos y de laboratorio que de campo, apuntando entre otras las siguientes razones: mayor tiempo requerido para la salida de campo, mayor coste, más responsabilidad por parte del profesor y, finalmente, mayor dificultad de acceso a algunos lugares para la realización de las prácticas en el campo. Esta problemática desgraciadamente es común en muchos otros países, como España.

En lo que a formación universitaria de los futuros docentes se refiere, Vicente et al. (2012) observan el poco tiempo dedicado a la Geología en las asignaturas de ciencias y que

las prácticas relacionadas con las Ciencias de la Tierra son las peor valoradas. Tal y como señalan Lacreu et al. (2012:288), las actividades encuadradas dentro de la denominación Geología Urbana en Argentina, se desarrollaron con vistas a la formación de profesores, para que éstos a su vez pudiesen hacerlo con sus alumnos. Estos autores nos recuerdan que estas propuestas nacieron en España en los años 80, durante los primeros simposios sobre Enseñanza de la Geología, donde varios autores (Anguita, San Miguel, Astudillo, Díaz Martínez, García Cruz, Lemus, Bach, Bidarte, etc.) propusieron trabajos de campo en sus ciudades, creando una corriente que aún hoy perdura y que se ve reflejada en las abundantes comunicaciones a este respecto presentadas en los simposios bienales que organiza AEPECT.

2.4.- Otros recursos educativos

Para poner en marcha una intervención educativa uno de los pilares fundamentales suelen ser las unidades didácticas, en las que se apoyan las salidas fuera del aula, se realicen o no en un entorno urbano. En los currículos de Enseñanza Primaria y Secundaria (y en ocasiones también en Bachillerato) se utilizan libros de texto, mientras que en las etapas universitarias es habitual que el profesorado utilice diferentes trabajos científicos y/o didácticos de apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Lo habitual es que en los temarios de geociencias se incluyan aspectos relacionados con la materia sólida, la estructura terrestre y el factor tiempo, condicionante este último de diversos procesos geológicos y biológicos (evolución), que en ocasiones quedan impresas en las rocas (estructuras, fósiles...), permitiendo explicar con mayor facilidad los fenómenos y recursos geológicos, además de mejorar las interpretaciones de la interacción del ser humano con el medio ambiente, incluyendo los riesgos a los que estaría expuesto.

2.4.1.- Libros de texto

Uno de los materiales fundamentales para la enseñanza es el libro de texto. En los libros de texto de una década a esta parte se utiliza el concepto de competencia como la capacidad de aplicar de forma integrada los contenidos propios de cada enseñanza y etapa educativa, con el fin de lograr la realización adecuada de actividades y la resolución eficaz de problemas compuestos, existiendo tres áreas para su análisis (competencia científica, competencia lectora y competencia matemática).

Recordemos que la competencia fue introducida normativamente por la Ley Orgánica de Educación (2006), se mantuvo en la LOMCE (2013) y vuelve a aparecer en la LOMLOE (2020), así como por supuesto en la Ley de Educación de Extremadura (2011) y en el Acuerdo en que esta última se apoya (Junta de Extremadura, 2007).

La incorporación de las competencias educativas en las normas españolas tiene su antecedente en programas como DeSeCo-OCDE (1998-2002) y Educación y Formación 2010 (UE), que amplía las competencias clave en el marco curricular de los países miembros (Viso, 2010:70-72).

Así, las competencias en materia de Ciencias de la Tierra quedarían encuadradas como “competencias básicas en ciencia”. La LOMCE establecía los contenidos, los criterios de evaluación y los estándares de aprendizaje de cada materia, que es la manera de identificar lo que los alumnos deben saber y cómo deben saber hacerlo.

Por ejemplo, aún hoy algunos libros de texto sobre geociencias, en especial en Educación Secundaria, siguen siendo poco creativos, al utilizar un formato clásico en cuanto a contenidos, actividades y evaluación. Las actividades, en concreto, suelen ser muy escasas, generalmente de indagación o experimentación, mientras que la evaluación (autoevaluación, realmente) desaprovecha todo el potencial que podrían ofrecer los libros de texto en esta línea.

En referencia a la utilidad y sentido del material didáctico incluido en los libros de texto, Pardo (2004:57) señala: “...*los libros son el conocimiento que hay que aprender más que un material con el que hay que aprender*”.

La mayoría de los libros de texto, por otro lado, han venido realizando un gran esfuerzo en los últimos años para incorporar los denominados “estándares de aprendizaje”, que están directamente relacionados con los criterios de evaluación, siendo ambos, estándares y criterios, mediante los cuales se desarrollan las actividades pertinentes en la materia. En su Disposición Transitoria 2ª bis la LOMLOE ha relegado a una segunda fila los estándares de aprendizaje tal y como estaban planteados por la LOMCE, al producir, según señala en el Preámbulo, un efecto indeseado en el currículo.

Por lo tanto, una intervención educativa debe tener muy presente su encuadre dentro de la asignatura y nivel al que va dirigida, debiendo diseñarse de acuerdo al programa

correspondiente (Primaria, Secundaria...), no apoyándose especialmente en libros de texto con una componente antropocéntrica acentuada (Hernández et al., 2018).

De manera complementaria a los libros de texto formales, en algunos casos se han elaborado libros específicos para la enseñanza de las Geociencias, como los realizados para el Geoparque Villuercas Ibores Jara o para las comarcas de La Serena y La Siberia. En estos libros o manuales didácticos de apoyo a la enseñanza sobre esos territorios se incluyen contenidos específicos sobre Geociencias, destacando en ese sentido los elaborados dentro de la estrategia docente del Geoparque Villuercas Ibores Jara.

2.4.2.- Herramientas tecnológicas para la enseñanza de las Geociencias

Para el desarrollo del proceso de enseñanza/aprendizaje de las Geociencias en entornos urbanos o periurbanos se pueden utilizar, además de las metodologías habituales del aula, diversas herramientas y técnicas, entre las que destacan las TIC: *webquests* (búsqueda de información de recursos existentes en Internet y su posterior organización, transformación y producción de nueva información); *e-learning*; *m-learning* (usa recursos tecnológicos móviles, como teléfonos móviles, PDA (Personal Digital Assistant) o Tablet-PC); *snapshots*; realidad aumentada; itinerarios virtuales; MOOC (Massive Open Online Course) o COMA (Curso Online Masivo en Abierto), gamificación, MOODLE (Module Object-Oriented Dynamic Learning Environment), etc.

Son cada vez más numerosas las experiencias con TIC aplicadas a la enseñanza de las geociencias. Entre todas ellas podemos destacar las siguientes:

- Maroto et al. (2008): Desarrollo de una webquest como estrategia metodológica para la realización de una ruta por La Pedriza (Madrid) con alumnos de 3º de ESO.
- Aznar (2010): Taller enfocado al diseño de unidades didácticas en la plataforma MOODLE, enfocadas de forma colaborativa hacia diferentes contenidos geológicos.
- De Murga (2011): Desarrollo de una webquest a un itinerario geológico por Hospitalet de Llobregat (Barcelona) con alumnos de Bachillerato.
- Ortiz et al. (2012): Aplicación de la enseñanza geológica virtual (*e-learning*) a alumnos de Ingeniería de Minas, Ingeniería Geológica y Grado en Tecnologías Mineras de la Universidad Politécnica de Madrid.

- González y Moreno (2012): Creación de una página Web (www.uhu.es/itigeovir/) que muestra, desde la perspectiva de los alumnos de la Universidad de Huelva, el trabajo que realizan en el campo, donde incluyen numerosos itinerarios geológicos con las prácticas que realizan cada año.
- Arribas et al. (2013): Desarrollo de un filtro de geoturismo en realidad aumentada para telefonía móvil, sobre el patrimonio geológico de la ciudad de Segovia, enfocado sobre todo a la enseñanza formal y no formal.
- Pampliega (2013): Tutorial sobre el uso de Google Earth para el diseño e itinerarios geológicos.
- Pérez et al. (2013): Diseñan excursiones geológicas virtuales mediante un servidor GIS (Geographical Information System).
- Fernández y Gutiérrez (2016): Generación de modelos fotorealísticos (3D) de minerales, rocas, estructuras geológicas y fósiles mediante aplicaciones móviles.
- King et al. (2013): Web (<http://www.earthlearningidea.com>) desarrollada el año Internacional del Planeta Tierra (2008), donde se incluyen propuestas de enseñanza de la materia Ciencias de la Tierra.
- García y Antón (2018): Aplicaciones desarrolladas por el Grupo de Geología de la Universidad de Educación a Distancia (UNED), destacando las guías interactivas y los itinerarios geológicos virtuales con visualización 3D (*SketchUp*).
- Cornellà et al. (2020): Incluyen algunos ejemplos de uso de la gamificación para la enseñanza de la geología.
- Brusi y Cornellà (2020): Uso de Terra sísmica”, una *Escape room* (sala de escape) para el aprendizaje sobre terremotos.
- Fernández-Lozano et al. (2020): Diseñan un pasapalabra, para crear un modelo de aprendizaje autónomo de conceptos geológicos, que incluye el empleo de competencias digitales y el fomento de la participación de los estudiantes.

Diversas instituciones educativas y científicas españolas, como la UNED y el ICOG (a través de la Escuela de Geología Profesional), han puesto a disposición pública TIC geológicas. Estas han consistido fundamentalmente en MOOC (“Cartografía geológica: guía tridimensional interactiva de prácticas”, “Cristalografía aplicada”, “Formación del profesorado en salidas de campo – Recursos didácticos TIC”, “Cursos para un mejor seguimiento online del alumnado”, etc.) y webinar.

2.4.3.- Mapas conceptuales como apoyo a la Enseñanza de las Geociencias

Son particularmente útiles las redes semánticas o mapas conceptuales elaborados por los propios alumnos, guiados por el profesor (figura 2-17). La invención del método se remonta a los años 60 del siglo XX, cuando el profesor Joseph Novak desarrolla conjuntamente con sus estudiantes de la Universidad de Cornell un proyecto de investigación sobre psicología del aprendizaje que desemboca en su desarrollo definitivo años después.

Novak, mientras estudiaba el desarrollo cognitivo en niños, creó los mapas conceptuales como instrumento de medición para determinar el grado de desarrollo y el tipo de aprendizaje alcanzado por un determinado individuo en un momento dado. Hay dos tipos básicos de aprendizaje, el memorístico (que es superficial, basado en la repetición de estímulos y poco duradero) y el significativo (resultado de relacionar nuevos conceptos con la estructura cognitiva del individuo, es un aprendizaje sólido y persistente a largo plazo).

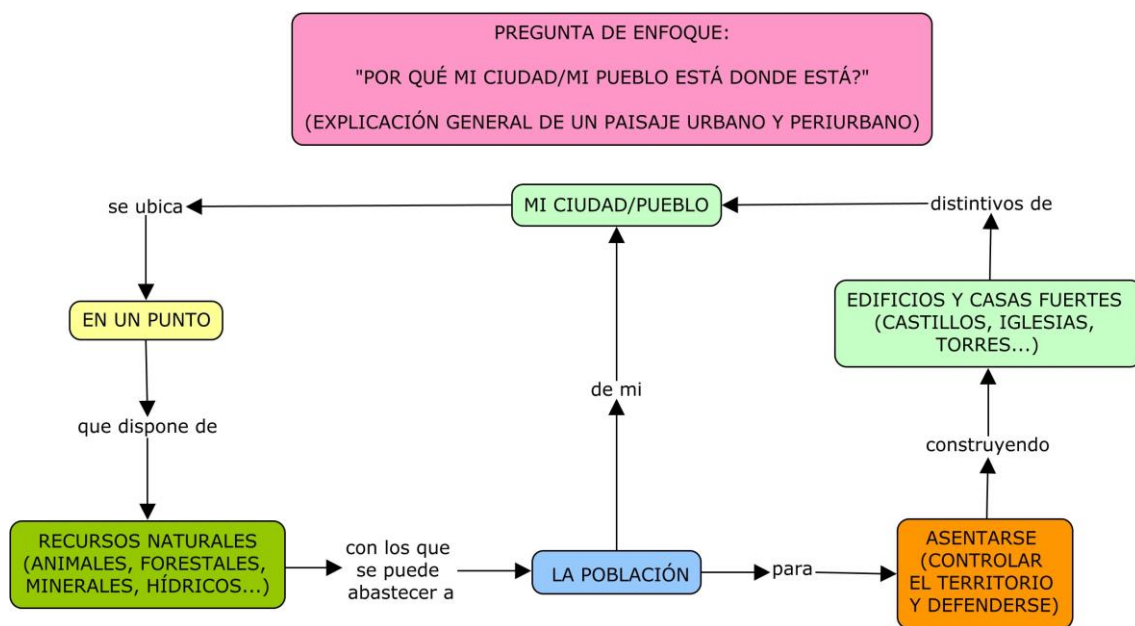


Figura 2-17. Mapa conceptual estándar que puede utilizarse en cualquier intervención educativa en el medio urbano

En ciertos casos, como apoyo de una intervención educativa (salida de campo o excursión didáctica) el profesor puede utilizar expresamente los mapas conceptuales elaborados por otros investigadores, método que algunos autores explican con detalle para la formación inicial de maestros (Redondo y Mellado, 1997; Alonso et al., 2013:48), observando entre otras ventajas una mayor motivación por el estudio del tema y una mejor comprensión de los conceptos científicos.

Estos mapas pueden desarrollarse hasta varios niveles de elaboración en su diseño, aunque lo más habitual es proponer mapas con un único nivel de elaboración (figura 2-18).

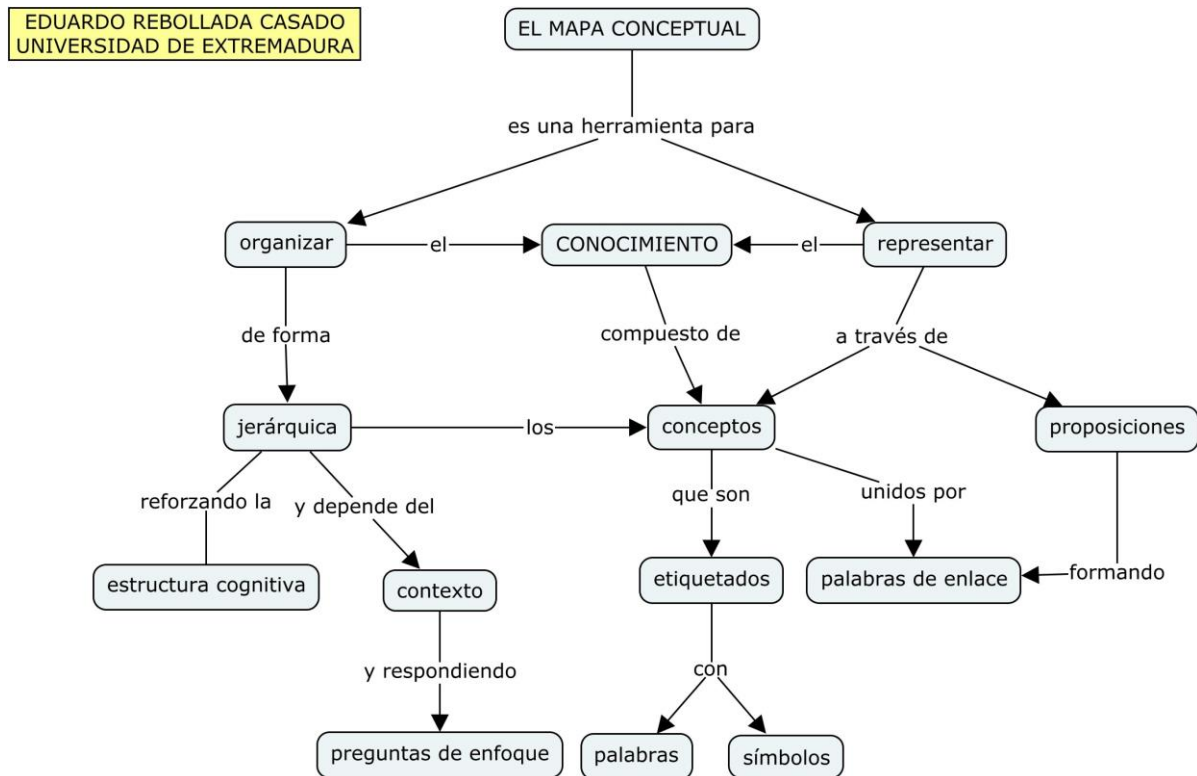


Figura 2-18. *Mapa conceptual sobre el "Mapa conceptual"*

En las experiencias educativas previas que tuvimos ocasión de llevar a cabo entre 2014 y 2015 (Rebollada, 2015) con alumnos de la Facultad de Formación del Profesorado de la Universidad de Extremadura, el apoyo que la didáctica de las materias geocientíficas tuvo en los mapas conceptuales fue muy relevante, hasta el punto de ser clave para su utilización estandarizada en el diseño experimental utilizado para la presente tesis doctoral.

Entre el diverso software disponible para elaborar mapas conceptuales (Free Mind, EDRAW Mindmap, Inspiration...) destaca uno, el CMap Tools, desarrollado por el *Institute for Human and Machine Cognition* de Florida bajo la supervisión de Alberto J. Cañas y Joseph D. Novak y un equipo interdisciplinar de investigadores, psicólogos y desarrolladores (Novak y Cañas, 2010). Cmap Tools (<http://cmap.ihmc.es/>) es una herramienta que se lleva desarrollando desde el año 1990 y permite la conectividad a la World Wide Web para proveer nuevas posibilidades de aprendizaje y conocimiento colaborativo.

Gracias a su diseño hipertextual, Cmap Tools permite realizar enlaces entre los conceptos del mapa que se elabora y otros recursos virtuales como fotos, imágenes, gráficos,

videos, cartas, tablas, textos, páginas webs u otros mapas conceptuales situados en cualquier lugar en Internet. Los enlaces a estos recursos aparecen como iconos debajo de los conceptos que conforman el mapa conceptual, de manera que el usuario puede decidir a qué enlace quiere acceder. Este software puede considerarse como uno de los recursos TIC más interesantes y útiles para representar el conocimiento en la educación científica.

Al dotar de significado a los enlaces, por estar incluidos en un mapa conceptual, se evita el problema del usuario que no sabe hacia dónde va, qué va a encontrar en el nuevo sitio al que accede y qué caminos relacionados puede visitar, avanzando en la línea de lo propuesto para la futura Web 3.0 (Echarri y Puig, 2008; Rebollada et al., 2017b:45).

Moreira ha sido un autor muy prolífico en cuanto a investigaciones en este ámbito. En 2010 compendia otros anteriores, resumiendo las aplicaciones de los mapas conceptuales en tres ámbitos (recursos de enseñanza, instrumentos de evaluación y auxiliares en la planificación de los programas de estudio), diferenciando los dos procesos principales que caracterizan a los mapas conceptuales –diferenciación progresiva y reconciliación integradora–, explicando además los once pasos del proceso de creación de los mapas conceptuales (Moreira, 2010) (tabla 2-12).

Tabla 2-12. *Pasos que deben seguirse en el proceso de creación de mapas conceptuales*

PASOS EN LA CREACIÓN DE MAPAS CONCEPTUALES	
1	Identificar los conceptos clave (entre 6 y 10)
2	Ordenar los conceptos: el más inclusivo en la parte superior
3	El número de conceptos debe ser limitado, aunque siempre pueden añadirse algunos específicos
4	Conectar los conceptos con líneas. Sobre estas se rotulan una o más palabras clave que conectan los conceptos
5	Usar flechas si se quiere dar un sentido a las relaciones
6	Evitar palabras triviales entre conceptos
7	Incluir ejemplos agregados al mapa, a ser posible en su parte inferior
8	Reconstruir el mapa cuando inicialmente este carece de simetría o los conceptos están mal situados
9	Recordar que no existe un único modo de jerarquizar conceptos ni, por lo tanto, de elaborar un mapa conceptual
10	Despreocuparse por la posible secuenciación del mapa y fijarse en la importancia que debe tener la jerarquización
11	Compartir el mapa con otros colegas que lo examinen y cuestionen

Fuente: Moreira (2010:54):

Mendoza (2013) resume así la utilización de los mapas conceptuales:

“...revelan diversas posibilidades, o sea, diferentes caminos para el aprendizaje de los contenidos, construyendo subsunsores integradores de los conceptos específicos de la materia y enseñanza, favoreciendo el aprendizaje significativo.” (p. 119)

Esta autora determina tres casos como ejemplos de análisis de la calidad descriptiva de los mapas conceptuales: bueno (mayor comprensión del tema), regular (poca comprensión del tema) y deficiente (nula comprensión del tema) (tabla 2-13).

Tabla 2-13. *Categorías de análisis de la calidad del mapa conceptual*

CATEGORÍAS	CARACTERÍSTICAS	INFORMACIONES IMPORTANTES
BUENO Indica mayor comprensión del tema.	Contiene informaciones conceptuales relevantes; está bien jerarquizado, con el concepto inclusor en la parte superior, después los intermedios y por último los más específicos.	Palabras de enlace adecuadas, con relaciones cruzadas y proposiciones correctas.
REGULAR Indica poca comprensión del tema.	Presenta algunos conceptos centrales del tema, pero con una jerarquía apreciable.	Las palabras de enlace y los conceptos no están claros. Puede realizar enlaces cruzados o no. Incluye muchas informaciones con detalles y repeticiones de conceptos.
DEFICIENTE Indica ausencia de comprensión del tema.	No presenta los conceptos centrales del tema; muy pobre en conceptos sobre el contenido trabajado.	Jerarquía básica, demostrando secuencias lineales y conocimientos muy simples.

Fuente: Mendoza (2013).

Los mapas conceptuales se engloban dentro de los métodos visuales para ordenar información y se basan en el aprendizaje visual como método de enseñanza/aprendizaje. Los organizadores gráficos tienen como objetivo ayudar a los estudiantes, mediante el trabajo con ideas y conceptos, a pensar y a aprender más efectivamente. Además, permiten identificar ideas erróneas y visualizar patrones e interrelaciones en la información, factores necesarios para la comprensión e interiorización profunda de conceptos. Por tanto, las técnicas del aprendizaje visual ayudan a los estudiantes a depurar el pensamiento, reforzar la comprensión, integrar nuevos conocimientos e identificar errores conceptuales e incomprensiones. La estructura del mapa elaborado por el estudiante (presencia de conceptos

y consistencia de los enlaces) permite la identificación por parte del docente de los errores conceptuales y percepción de los estudiantes, de sus incomprensiones, para elaborar a tiempo soluciones correctivas, sobre todo con las ideas fundamentales.

La creación y la utilización de los mapas conceptuales influye positivamente en la visualización y el desarrollo de la representación conceptual, la formación de conceptos, las capacidades de la percepción, el rol de la reflexión y de la intuición, las habilidades espaciales, la solución de problemas, siendo un excelente medio para el aprendizaje integrador. No en vano, los mapas conceptuales son, conjuntamente con el trabajo abierto, la motivación, el medio, la creatividad, la inclusión y la adaptación curricular, las variables más relevantes de la educación en el aula y que determinan el aprendizaje significativo.

Dicho de otro modo, la elaboración de diagramas visuales ayuda a los estudiantes a procesar, organizar, priorizar, retener y recordar nueva información, de manera que puedan integrarla significativamente a su base de conocimientos previos. Concretamente, los mapas conceptuales son esquemas para la representación del conocimiento mediante los cuales se hacen evidentes tanto los conceptos como la forma en que se enlazan estos para formar proposiciones. Constituyen redes en las que los nodos son los conceptos y los enlaces contienen las palabras (proposiciones) que relacionan a los conceptos (Ojeda et al., 2007, Carranza, 2017). Estos pueden usarse para mostrar relaciones significativas entre los conceptos enseñados en una sola clase, en una unidad de estudio o en un curso entero. Son representaciones concisas de las estructuras conceptuales que están siendo enseñadas y como tales, probablemente facilitan el aprendizaje de esas estructuras (Moreira, 2010; Rodríguez y Moreira, 2018).

Como resumen Toigo et al. (2012), investigadores familiarizados con la elaboración de mapas conceptuales, apuntan varias ventajas de esa técnica como estrategia didáctica:

- Auxilian a los profesores a identificar dificultades, errores o concepciones alternativas de los alumnos.
- Pueden auxiliar a los profesores a planificar la enseñanza.
- Promueven la evolución conceptual.
- Favorecen el desarrollo del lenguaje verbal, de la socialización y del cambio de significados.

Son habituales los trabajos de investigación anglosajones sobre mapas conceptuales aplicados a las geociencias, como los de McConell et al. (2003) o Clark y James (2004). Sin embargo, entre los pocos trabajos en castellano que enfoquen la elaboración de mapas conceptuales a las Ciencias de la Tierra destacan los siguientes (Rebollada et al., 2017b:44):

- González (1992) incluye algunos mapas conceptuales de carácter geológico, concretamente mineralógico, en un trabajo genérico sobre el uso de mapas conceptuales en las ciencias experimentales.
- Redondo y Mellado (1997) dan a conocer uno sobre el paisaje realizado por alumnos de la Facultad de Educación de la Universidad de Extremadura.
- Montiel y Gouveia (2007) publican mapas conceptuales sobre morfología glaciar, terrazas aluviales, morfogénesis, etc.
- Calvo et al. (2008) plantean un uso interdisciplinar de los mapas conceptuales.
- Ribeiro de Assis et al. (2012) proponen la utilización del mapa conceptual para facilitar el aprendizaje sobre la Tierra y el Universo, destacando Ribeiro de Assis igualmente por su tesis doctoral aplicada a las Ciencias Naturales en Enseñanza Primaria (Ribeiro de Assis, 2014).
- Guirado et al. (2014) utilizan los mapas conceptuales para comprender la deriva de los continentes.
- Rebollada (2015) emplea los mapas conceptuales como apoyo en la didáctica de las geociencias en salidas de campo con alumnos de la Facultad de Formación del Profesorado de la Universidad de Extremadura, dentro de una experiencia educativa centrada en la ciudad de Cáceres.

2.5.- La investigación cuantitativa a través de cuestionarios aplicados a la evaluación del proceso de Enseñanza-Aprendizaje en Geociencias.

El uso de los cuestionarios cognitivos constituye un procedimiento muy interesante, bajo nuestro punto de vista, para la adquisición de información y medición del aprendizaje cognitivo. En nuestra investigación en concreto ha sido un procedimiento especialmente relevante, puesto que ha permitido la obtención de información sobre los conocimientos geocientíficos antes, durante y después de las intervenciones educativas llevadas a cabo, lo que sirvió posteriormente para evaluar objetivamente los cambios producidos en los aspectos cognitivos de la materia.

En las investigaciones cuantitativas que utilizan como herramienta los cuestionarios, concretamente en lo referido al tratamiento de los datos, se suelen utilizar indicadores técnicos para estimar la calidad del instrumento que se emplea. Los indicadores habitualmente utilizados para describir las características métricas de los reactivos (ítems) de un test objetivo son: la confiabilidad, el nivel de dificultad, el poder de discriminación y el funcionamiento de sus distractores.

Los tests se componen de una serie de ítems, siendo estos las unidades básicas de información de los instrumentos de evaluación. Aunque existe mucha literatura de aplicación de tests, en especial en psicometría, todas coinciden en que la redacción de cada ítem debe ser exhaustiva y su formulación debe tener en cuenta al menos la comprensión del sujeto, siendo necesario adaptar el lenguaje y el tipo de elección de respuestas a su nivel cultural. En la tabla 2-14 se indican las normas básicas de redacción que debe seguir la elaboración de los ítems de un cuestionario que pretenda evaluar convenientemente aspectos cognitivos del aprendizaje.

Tabla 2-14. *Normas de redacción de ítems en cuestionarios cognitivos*

Respecto al encabezado del ítem	Respecto a las respuestas
<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar preguntas breves y fáciles de comprender (sin ambigüedades), identificando y formulando claramente el problema. - Evitar formular preguntas en las que una de las alternativas de respuesta sea tan deseable que difícilmente pueda rehusarse. - Evitar palabras que induzcan una reacción estereotipada. - Escribir de manera tal que permita redactar opciones de respuesta breves. - Evitar redacciones negativas o el uso de la interrogación “por qué”. - Evitar preguntas que obliguen a hacer cálculos complejos o esfuerzos de memoria. 	<ul style="list-style-type: none"> - Usar de 3 a 5 opciones de respuesta. - Colocar los números, caso de que se utilicen, en el orden natural. - Utilizar sentencias lógicas únicas. - Tratar de que solo haya una respuesta correcta y que sea la mejor. - Tratar de que las respuestas correctas deben serlo por aspectos relevantes. - Hacer posibles y no absurdas las opciones equivocadas. - No proporcionar indicaciones involuntarias de cuál es la respuesta correcta. - Hacer que las opciones correspondan gramaticalmente con el enunciado. - Evitar incluir la carga emocional en la respuesta. - Evitar o controlando el uso abusivo de la opción “todas las anteriores” y se use con cuidado “ninguna de las anteriores”. - Tratar de que las opciones tengan una extensión similar. - Buscar que el lugar de la opción correcta haya sido elegido al azar por parte del evaluador.

Siguiendo las instrucciones facilitadas por Marín y Pérez en 1985 (Borrachero, 2015:62) la secuencia a seguir para la elaboración del cuestionario debe ser:

- Determinar con precisión el tipo de información necesaria.
- Seleccionar los aspectos más relevantes para obtener dicha información.
- Decidir la modalidad del cuestionario más adecuada.
- Efectuar una primera redacción.
- Someterla a crítica por algunos expertos.
- Ponerla a prueba con un grupo experimental (grupo de control).
- Reelaborar y establecer procedimientos para su aplicación.

2.5.1.- Índices de medición de la consistencia en cuestionarios cognitivos aplicados a la evaluación de la Enseñanza-Aprendizaje en Geociencias

Díaz y Leyva (2013), en su discusión sobre la diferencia entre validez y confiabilidad, y tomando como referencia entre otras las investigaciones de Pérez et al. (2008), señalan que en la medida en que las actividades de la evaluación y el diseño del instrumento se aproximan a la realidad, mayor será la validez de dicho control, y que cuanto más teórico, reproductivo y alejado de la práctica esté un control, mucho menor será su validez. Afirman que:

“La confiabilidad es la estabilidad en los resultados de un control, ya sea al repetirlo, o al ser calificado por distintos profesores. Significa que hay constancia en los resultados obtenidos y que, por tanto, es representativo del grado de aprovechamiento alcanzado por el estudiante en el tipo de control realizado.

La validez y la confiabilidad están estrechamente relacionadas. Un control que cumpla con las exigencias de la validez, tiene un alto grado de probabilidad de ser confiable, sin embargo, no necesariamente ocurre así a la inversa.” (p. 271-272)

A partir del trabajo de Nunnally de 1970, Quero (2010:249) resume las siguientes fuentes de inconsistencia de los tests: instrucciones no estandarizadas, errores en el registro de puntajes de respuesta, errores debidos al ambiente de medición, errores debidos al muestreo del contenido y errores debidos a fluctuaciones en los encuestados.

Dentro de la Teoría Clásica de los Tests, el método de consistencia interna es el camino más habitual para estimar la fiabilidad de pruebas, escalas o cuestionarios (tests)

cuando se utilizan conjuntos de ítems o reactivos que se espera midan el mismo atributo o campo de contenido. Para medir la confiabilidad (consistencia de los puntajes, es decir, la capacidad de los cuestionarios para obtener resultados similares si se aplica a cada alumno más de una vez), se viene utilizando la consistencia interna mediante el principal coeficiente de estimación utilizado a lo largo y ancho de la literatura, el estadígrafo ideado por Lee J. Cronbach en el año 1951 y que lleva su nombre -Alfa de Cronbach-, donde a mayor valor de Alfa, mayor fiabilidad.

El Alfa de Cronbach puede ser calculado mediante las varianzas de los diferentes ítems que componen el cuestionario, o multiplicar el promedio de todas las correlaciones observadas en los ítems por el número de ítems que componen una escala, y luego dividir el producto entre el resultado de la suma de 1 más el producto de la multiplicación del promedio de todas las correlaciones observadas por el resultado de la resta de 1 al número de ítems. Para realizar estos cálculos se utilizan habitualmente aplicaciones informáticas específicamente diseñadas, como el software estadístico Stata, HLM, MLwiN, Mplus, R y SPSS (*Statistical Package for the Social Science*), este último el utilizado en esta investigación.

El mayor valor teórico de Alfa es 1, no existiendo consenso en el valor mínimo considerado aceptable (algunos autores dan confiabilidad a partir de 0,6, mientras la mayoría apunta a valores cercanos a 0,8 como mínimo). El Alfa de Cronbach es más fidedigno cuando se calcula a un test de no más de 20 ítems. Por otro lado, no está indicado para medir la dimensionalidad del test (no se debe emplear para tests multidimensionales): para estos casos podrían calcularse coeficientes estratificados, es decir, Alfa calculados en dominios o sub-tests.

Existen otros coeficientes, como las fórmulas KR-20 y KR-21, de Kuder y Richardson de 1937 (Quero, 2010:249). El primero se utiliza con índices de dificultad cuando estos son diferentes y el segundo, cuando estos índices son iguales. De esta forma, se utilizarán las varianzas de las puntuaciones y las proporciones de aciertos para el KR-20 y la suma de las medias de los ítems y la varianza de las puntuaciones para el coeficiente KR-21. Por ejemplo, el paquete estadístico SPSS calcula ambos de la misma forma que el Alfa de Cronbach, ya que estos son un caso excepcional de este último. Simplemente tiene en cuenta si la variable es o no dicotómica.

No obstante, según señala Muñiz (2010:62), cuando se ofrece un coeficiente de fiabilidad de un test en el marco de la Teoría Clásica, como es el caso del Alfa de Cronbach, se está presuponiendo que ese test mide con una fiabilidad determinada a todas las personas evaluadas con el test, cuando sin embargo hay evidencia empírica más que suficiente de que los tests no miden con la misma precisión a todas las personas, dependiendo la precisión en gran medida del nivel de la persona en la variable medida. Por ejemplo, la dificultad de los ítems depende en gran medida del tipo de muestra utilizada para calcularlos. Y esto parece claramente aplicable al caso de los tests o cuestionarios cognitivos. De hecho, algunos autores no consideran adecuado el uso del Alfa de Cronbach en pruebas de conocimiento (Oviedo y Campo-Arias, 2005; Rus, 2019).

En trabajos de tipo práctico y de campo como el nuestro, hay que tener en cuenta no sólo la calidad del conjunto de la intervención educativa. Legutko puso de manifiesto en una investigación realizada en 2005 mediante una intervención educativa que incluía pre-tests y pos-tests (Akinyanju et al., 2011), que el aprendizaje significativo tras las actividades fuera del aula no fue el esperado. Legutko no cuestiona la calidad de los tests utilizados, sino enfatiza una idea que Rudman planteaba en 1994: que existen debilidades en el diseño de las salidas de campo y que ello puede ser la causa de que las investigaciones sobre intervenciones fuera del aula (salidas de campo) no respondan a las expectativas deseadas por parte de los docentes y del sistema educativo.

Además de la influencia evidente del diseño de la intervención educativa, parece lógico pensar que la elección de la muestra, el planteamiento de los cuestionarios en cuanto a contenidos y las condiciones en que se cumplimentan las pruebas (grado de libertad, distractores, etc.) pueden ser muy influyentes en la consistencia interna de la prueba, estadísticamente hablando.

Debido a los problemas anteriores, en el análisis de los datos es cada vez más común valorar la calidad del instrumento utilizado para la obtención de aquellos. Esto se realiza generalmente mediante dos índices: Dificultad y Discriminación, que son los más utilizados en este tipo de investigaciones. Este procedimiento para determinar la calidad de la puntuación habida en las pruebas mediante cuestionarios es propio de la Teoría de Respuesta a los Ítems (Muñiz, 2010:64).

El índice de facilidad o dificultad de un ítem mide el nivel de dificultad del mismo, permitiendo discernir si un ítem es fácil o difícil, en función de la proporción de respuestas

correctas sobre el total. Este indicador es muy útil para conocer si el cuestionario de la prueba se planteó correctamente, es decir, que el nivel de conocimiento fuera el adecuado.

La fórmula sería: $P_i = A_i/N_i$, donde P_i es el índice de facilidad, A_i es el número de aciertos y N_i el número de aciertos más el número de errores.

Este índice toma valores comprendidos entre 0 (muy fácil) y 1 (muy difícil), siguiendo el baremo creado por Pérez, Acuña y Arratia (Pérez et al., 2008; Mendoza, 2013; Mendoza et al., 2019; Salazar et al., 2019; Rus, 2019; Velasco y Gómez, 2020): altamente fácil, medianamente fácil, dificultad media, medianamente difícil y altamente difícil (tabla 2-15).

Tabla 2-15. Baremo de evaluación del Índice de Facilidad / Dificultad

P	Evaluación del reactivo
> 0,86	Altamente fácil
0,74 – 0,86	Medianamente fácil
0,53 – 0,73	Dificultad media
0,33 – 0,52	Medianamente difícil
< 0,33	Altamente difícil

Por otro lado, el índice de discriminación, también llamado de homogeneidad, permite medir la capacidad de discriminar a personas de distinto nivel educativo, por parte del ítem analizado. De esta forma, se espera que los estudiantes con mejores calificaciones sean los que contesten correctamente una mayor proporción de ítems y a la inversa. Una discriminación no aceptable supondría una posible contestación al azar por parte de los alumnos. Su fórmula es la siguiente:

$$D_i = (GA_{aciertos} - GB_{aciertos}) / N_{grupomayor}$$

donde D_i es el índice de discriminación, $GA_{aciertos}$ es el número de aciertos en el ítem i del 27% de alumnos con las puntuaciones más altas, $GB_{aciertos}$ es el número de aciertos en el ítem i del 27% de alumnos con las puntuaciones más bajas del test, y, por último, $N_{grupomayor}$ es el número de personas en el grupo más numeroso. El baremo utilizado se ha obtenido de Backhoff et al. (2000), quienes proponen los siguientes niveles: excelente, buena, regular, pobre y pésima (tabla 2-16).

Tabla 2-16. Baremo para el Índice de Discriminación

Discriminación	Calidad	Recomendaciones
> 0,39	Excelente	Conservar
0,30 – 0,39	Buena	Posibilidades de mejorar
0,20 – 0,29	Regular	Necesidad de revisar
0,00 – 0,20	Pobre	Descartar o revisar a fondo
< 0,00	Pésima	Descartar definitivamente

Los valores extremos significarían lo siguiente:

- D = -1: Todas las personas del GA contestan incorrectamente un reactivo y todas las personas del GB contestan correctamente.
- D = 0: Ambos grupos contestan por igual.
- D = 1: Todas las personas del GA contestan correctamente un reactivo y todas las personas del GB contestan incorrectamente.

El resto de alumnos (el 46%, correspondiente al núcleo de la distribución normal) no se considera para el cálculo del Índice de Discriminación. El valor porcentual del núcleo de la distribución central es más garantista que el utilizado habitualmente, del 68%, por lo que el cálculo del índice de discriminación resulta a priori un buen parámetro de cómputo y análisis estadístico (figura 2.19).

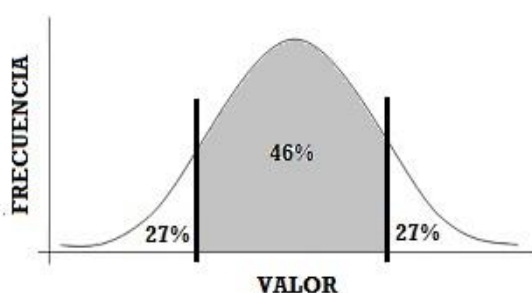


Figura 2-19. Distribución “normal” adoptada para el cálculo del índice de discriminación

En ocasiones se utiliza el punto de correlación biserial y el coeficiente de correlación biserial, a los cuales se los denomina coeficientes de discriminación. Con estos coeficientes se tienen en cuenta todos y cada uno de los alumnos evaluados mediante el test, no sólo el 54% de ellos (el 27% más alto y el 27 más bajo). El coeficiente de correlación biserial proporciona una estimación de la correlación entre las competencias del test y las del ítem.

El punto de correlación biserial, por otro lado, se utiliza para saber si los alumnos más capacitados son los que obtienen las respuestas correctas (Salazar et al., 2015:303).

Una prueba es válida cuando permite afirmar que "...deja a cada uno en su sitio", midiendo lo que pretende medir. La validez de una prueba supone la existencia de una clara relación entre las puntuaciones alcanzadas por los alumnos y las logradas en el criterio de validez; siendo mayor la validez de la prueba cuanto más alta sea dicha relación.

De los tres tipos de validez que Hernández enumera en 2010 (Ávila, 2013:83-84), validez relacionada con el contenido, con el criterio y con el constructo, las investigaciones suelen abordar exclusivamente la primera (validez relacionada con el contenido), que busca conocer el grado en que el instrumento abarca en toda su magnitud los conceptos a medir. Digamos que los índices de dificultad y discriminación, o cualquier otro análisis semejante, no son en sí mismos prueba de validez, sino que esta se verifica con el examen cuidadoso de la formulación de los ítems y su relación con otros criterios (Morales, 2009).

Las pruebas objetivas, que son las mayormente utilizadas en la evaluación cognitiva en ciencias, presentan tanto ventajas como inconvenientes (tabla 2-17).

Tabla 2-17. *Ventajas e inconvenientes de las pruebas objetivas*

VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> - Ser de fácil aplicación y corrección, por lo que tienden a utilizarse en pruebas realizadas a un número elevado de individuos. - Tener posibilidad de abarcar amplios dominios de aprendizaje. - Permitir detectar errores conceptuales e informar sobre la calidad de los aprendizajes complejos. - Estar menos afectada la corrección de la prueba por aspectos subjetivos inherentes al corrector. - Posibilitar la identificación y cuantificación del nivel de cumplimiento de los objetivos propuestos a los alumnos con la posterior posibilidad de replanteo de los mismos o refuerzo de temáticas no consolidadas. - Admitir la aplicación de múltiples análisis estadísticos cuyos resultados posibilitan las diversas tomas de decisiones posteriores.
INCONVENIENTES	<ul style="list-style-type: none"> - Considerar que este tipo de pruebas evalúa esencialmente conocimientos memorísticos en detrimento del razonamiento. - Elegir la mejor opción en una respuesta refuerza más el pensamiento selectivo que los procesos mentales dirigidos a la construcción del conocimiento. - El azar puede resultar un elemento de distorsión en la evaluación del conocimiento, ya que puede primar en la elección de la respuesta por encima del razonamiento acerca de la cuestión planteada. - Utilizar pruebas breves o estereotipadas pueden facilitar la copia entre estudiantes. - La preparación y el diseño puede: resultar costoso por su propia presentación, ser compleja su elaboración ya que exige gran dedicación de recursos humanos y materiales.

Las pruebas objetivas, como la mayoría de las utilizadas en la evaluación cognitiva en ciencias, deben cumplir cuatro requisitos: ser fáciles de aplicar, de captar, de corregir y de calificar. Además, ofrecen las siguientes ventajas:

- 1ª) Permiten evaluar el aprendizaje cuando se han abarcado numerosos temas.
- 2ª) Son confiables en cuanto a su calificación, puesto que cualquier evaluador obtendría idénticos resultados.
- 3ª) Se califican con mucha facilidad.
- 4ª) Abarcan la muestra adecuada de contenidos curriculares.

De ahí que este tipo de pruebas, junto con otros procedimientos, como prácticas y trabajos parciales o finales, sean cada vez más habituales en la evaluación en geociencias, siempre que se sigan las normas básicas de redacción y planteamiento de preguntas y de posibles respuestas.

2.6.- Estadística general aplicada a la investigación del proceso de Enseñanza-Aprendiza en Geociencias

Muchas ciencias aplicadas se arrogan el protagonismo de la estadística, una rama de las Matemáticas. La estadística se ocupa de los métodos científicos que se utilizan para recolectar, organizar, resumir, presentar y analizar datos, así como para obtener conclusiones válidas y tomar decisiones razonables con base a este análisis. Podemos definir la estadística como el estudio científico de fenómenos naturales basado en datos numéricos que se apartan de las leyes de la causalidad exacta. En palabras de Ronald A. Fisher, la estadística puede ser considerada como el estudio de las poblaciones, como el estudio de la variación y como el estudio de los métodos para sintetizar los datos. Esta cita es de 1946, de su libro “Statistical methods for research workers”, y pese a su antigüedad sigue siendo considerada válida hoy en día.

Para comprender la importancia de los estudios estadísticos debe hacerse hincapié en que el hecho de repetir los experimentos y, por tanto, las observaciones, demuestra que el objeto del estudio no es el resultado individual, sino la población de posibilidades. Y como el propósito es conocer las poblaciones, lo inmediatamente natural es el estudio de las variaciones y, por supuesto, reducir el estudio exclusivamente a los datos pertinentes, discriminándolos de los que no lo son. Esta síntesis suele llevarse a cabo mediante la especificación (elección de la forma matemática de la población), la estimación (elección de

los estadísticos que se adapten para estimar los parámetros desconocidos de la población) y la distribución (bondad de adaptación).

El examen estadístico de un conjunto de datos es similar al método científico (inductivo-deductivo): se define una hipótesis (o solución tentativa al problema de investigación), sus consecuencias lógicas se argumentan deductivamente, se comparan con las observaciones disponibles y si estas están de acuerdo con las deducciones, la hipótesis quedaría justificada, a la espera de disponer de nuevas observaciones. El método estadístico de las ciencias empíricas no busca la certeza de sus juicios, sino la certeza estadística, que está expresada en términos de probabilidad o grado de confianza, y se fundamenta en la teoría de la probabilidad, una idealización de la realidad de la regularidad estadística que acompaña a los fenómenos aleatorios cuando se estudia la frecuencia relativa de ocurrencia de un suceso, ideas que ya fueron puestas de manifiesto por el pensamiento filosófico a partir del siglo XVII (Ruiz, 2000), con Bacon, Hume, Popper.... En palabras de K.Pearson “la prueba es la demostración de la probabilidad abrumadora”. La inducción nunca puede producir certeza. Por lo tanto, la predicción científica no afirma que algo ciertamente ocurrirá, sino que tan sólo ello puede ocurrir con un determinado grado de probabilidad.

Cualquier conclusión a la que se llegue del estudio y análisis de las observaciones contendrá elementos de incertidumbre. La incertidumbre es inherente a cualquier proceso en el que se extrapolan conclusiones de un subconjunto al conjunto. Cuando se cuestiona una muestra, se puede pensar en la población: en tal caso, las cuestiones se pueden plantear como hipótesis y esto es así porque en la naturaleza hay variabilidad, es decir, que una medida realizada en diferentes experiencias da valores diferentes por tres motivos:

- Error de medida: diferencia entre el valor auténtico y el valor realmente medido, tratándose de un error implícito dependiente de varios factores.
- Error de muestreo: diferencia entre el valor que debería tener una variable en una población y el valor realmente medido en diferentes unidades; se fundamenta en la individualidad biológica de los “muestreadores”.
- Error experimental: debido a la falta de uniformidad en las condiciones de las experiencias.

Para conocer el valor esperado de una variable, de manera que ello permita realizar predicciones fiables, se utilizan dos procedimientos: la deducción analítica o deductiva, que

permite avanzar de lo general a lo particular, y el estudio de toda la población estadísticamente (inductivamente), desde las proposiciones particulares a la generalización.

Los primeros conceptos que debe comprender un análisis estadístico son los de población y muestra (la representatividad potencial de la población). Si la muestra es representativa de la población, el análisis de aquella permite inferir conclusiones válidas acerca de esta, siendo la estadística inferencial o inductiva la que se ocupa de analizar la validez de las conclusiones (basadas en hipótesis). Se denomina inferencia estadística al estudio de las inferencias que se hacen acerca de una población, empleando muestras obtenidas de ella, y de las indicaciones de la exactitud de tales inferencias, mediante el uso de la teoría de la probabilidad. Por tanto, las inferencias van más allá de las observaciones que forman una muestra dada.

La Estadística descriptiva o deductiva, por el contrario, se utiliza para describir una muestra dada sin sacar ninguna conclusión de la población a la que pertenece. Existen diferentes maneras de obtener una muestra de un conjunto (población): al azar (no es un procedimiento probabilístico), aleatorio simple (de manera que todos los individuos tienen la misma probabilidad de formar parte de la muestra), por conglomerados (grupos tan heterogéneos como la población de la que procede), estratificado (grupos homogéneos) y sistemático (se elige una muestra de entre varias opciones muestrales).

Otro aspecto de importancia lo constituye la variable, que puede ser continua (adopta cualquier valor), discreta (adopta sólo determinados valores) o constante (adopta solo un único valor). Algunas variables pueden ser interdependientes, univariantes o multivariantes. La variable es la denominación que se le da al dato a analizar y para lo cual es recomendable su organización, bien en clases o categorías (su cantidad sería la frecuencia de dicha clase) y cuya disposición tabular se conoce como tabla de frecuencias, que se representan mediante histogramas o polígonos de frecuencias. De dichos histogramas es habitual hacer surgir las curvas de frecuencias, con formas características (simétrica, sesgada o uniforme). La forma en la que se categoriza una variable es fundamental en el análisis estadístico inferencial.

Osgood et al. (1957) distinguen dos tipos de inferencias: las generales, en que el problema de investigación se toma como más general; y las específicas, en las que el problema de investigación se toma de modo más restrictivo. A la hora de encontrar explicación para los objetivos que plantea una investigación se procura cruzar las variables

más significativas, analizando las tablas de contingencia, para encontrar posibles relaciones entre dichas variables. Uno de los tests más utilizados es el de Chi-cuadrado, que permite verificar la existencia o no de relaciones de dependencia entre las variables. En su cálculo subyacen dos hipótesis: hipótesis nula (H_0), que consideraría a las variables independientes (sin relación entre sí), y la hipótesis alternativa (H_1), para la cual las variables estarían relacionadas, es decir, no son independientes entre sí.

A la hora de analizar los datos es posible utilizar los denominados estadísticos. Un estadístico es el valor calculado de una muestra observada con propósito de caracterizar a la población de la cual se toma la muestra. Ejemplos de estadísticos son las denominadas medidas de tendencia central o promedios (figura 2.20), que son valores típicos o representativos de conjuntos de datos:

- Media aritmética: suma de frecuencias individuales respecto a la cantidad total de casos, siendo la suma de las desviaciones respecto de las medias aritméticas igual a 0.
- Mediana: valor central o la media de los valores centrales de un conjunto ordenado de datos.
- Moda: valor que se presenta con más frecuencia, pudiendo haber una, más de una o ninguna.

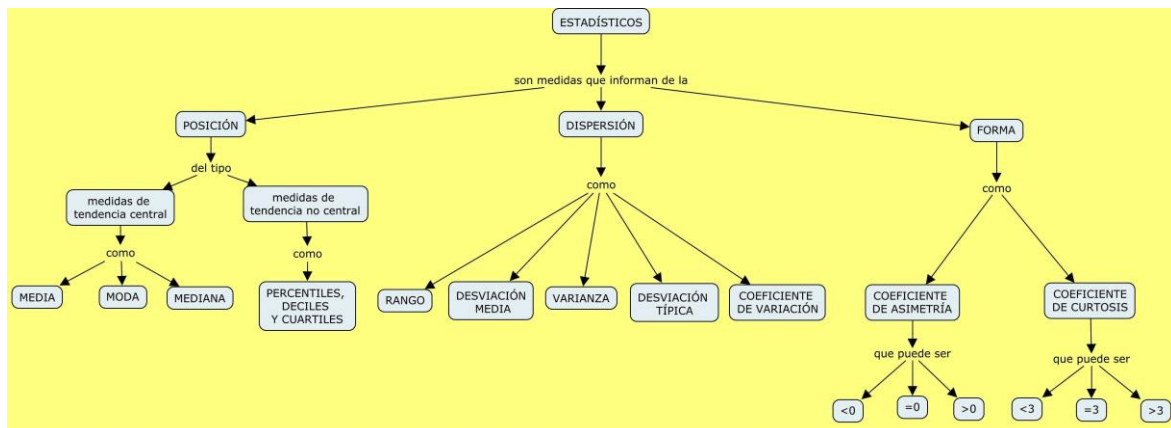


Figura 2-20. Variables utilizadas en Estadística Descriptiva

En las distribuciones unimodales, la media, la mediana y la moda están relacionadas empíricamente: $MODA = 3 MEDIANA - 2 MEDIA$.

A estos se añaden otras medidas de tendencia no central, como cuartiles, deciles, percentiles, que son valores que representan la subdivisión equivalente del conjunto. Por

ejemplo, en una distribución existen tres cuartiles, que subdividen al conjunto en cuatro subconjuntos iguales.

Existen otro tipo de medidas, que en lugar de informar sobre la posición lo hacen sobre la dispersión o variación de los datos. Se trata de la desviación media (promedio de las desviaciones de los datos respecto de la media del conjunto), la desviación estándar o típica (raíz cuadrada de la media de las desviaciones respecto de la media), el rango (diferencia entre el mayor y el menor valor), la varianza (cuadrado de la desviación media) y el coeficiente de variación (relación en % entre la desviación media y la media). Desviación típica y varianza, a la par que la normalidad de la muestra, resultan claves a la hora de aplicar los contrastes de hipótesis (figura 2-21). En una distribución normal, la varianza (significa discrepancia o divergencia), por ejemplo, disminuye cuando las muestras crecen. A veces un buen estadístico pasa de ser consistente a eficiente: en el caso de la varianza, sería eficiente si su valor tiende al mínimo posible.

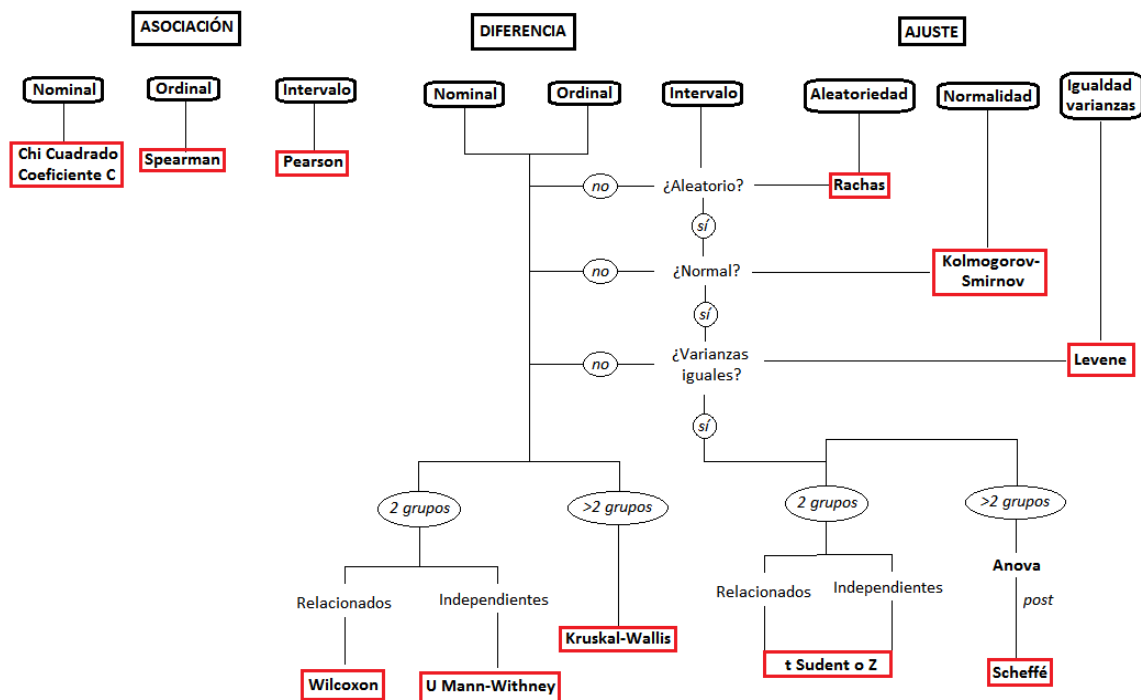


Figura 2-21. Pruebas de contraste más comunes

Tanto las medidas de posición (tendencia central) como de dispersión según G.U. Yule se caracterizan porque: deben definirse de manera objetiva, deben usar todas las observaciones y no alguna de ellas, deben tener un significado concreto, deben ser sencillas

de calcular, deben prestarse fácilmente al cálculo algebraico y deben ser poco sensibles a las fluctuaciones muestrales (García et al., 1996).

Finalmente, existen otro tipo de estadísticos que permiten analizar los histogramas y, sobre todo, las curvas de frecuencias. Se trata del sesgo y la curtosis, ambos muy intuitivos. El sesgo permite conocer el grado de asimetría de una distribución de datos. La curtosis, por otro lado, indica la forma gráfica respecto a la gráfica de distribución normal (ideal), pudiendo ser leptocúrtica (los valores se concentran en una banda estrecha), platicúrtica (los datos se distribuyen a todo lo largo) y mesocúrtica (curva de distribución normal).

De acuerdo a la teoría de las grandes muestras se supone que los estadísticos derivados de una muestra de tamaño dado están distribuidos de determinada manera. Las distribuciones más comunes son la normal, la binomial, la de Poisson (o de sucesos raros) o la Chi-cuadrado. El uso estadístico de la distribución normal comenzó con los matemáticos y astrónomos Laplace y Gauss, razón por la cual se la conoce también como distribución de Gauss-Laplace y su gráfica curva de Gauss.

La teoría del muestreo es el estudio de la relación que existe entre una población y las muestras que se obtienen de esa población. La teoría del muestreo también sirve para determinar si las diferencias que se observan entre dos muestras se deben a variaciones casuales o si son diferencias realmente significativas. Para determinar el carácter de dichas observaciones, es decir, las concordancias entre lo esperado y lo observado, se usan las llamadas pruebas de significancia o contrastes de hipótesis, fundamentales en la teoría de decisiones.

Matemáticamente es posible demostrar que ciertos estadísticos o funciones de observación muestral, si es cierta una hipótesis formulada, tienen unas distribuciones probabilísticas conocidas, lo que permite fijar una zona de su campo de variabilidad que contenga una pequeña masa de probabilidad (región crítica), por ejemplo, un 5%.

Si la hipótesis que se quiere contrastar es cierta, el estadístico con el que se opera tendrá la distribución demostrada matemáticamente. En caso contrario, no. Si es cierta la hipótesis establecida, el estadístico utilizado tomará un valor con las cantidades muestrales obtenidas que no debería caer en la región crítica del 5% de probabilidad señalada. Si cayera en ella esto se atribuiría no a que haya funcionado la escasa probabilidad del 5%, sino a que la hipótesis establecida es falsa. Al medir el riesgo que se asume, por ejemplo del 5%, el

valor considerado raro y que no debía haber aparecido puede haber surgido porque a veces los sucesos raros o poco probables también pueden ocurrir. En esta tesis doctoral se han utilizado niveles de significancia (región crítica) del 5%.

Según recuerdan Díaz et al. (2019:2), Pearson, Galton y Fisher son los fundadores de los métodos modernos de estadística inferencial. Karl Pearson, estimulado por el trabajo de Sir Francis Galton (que ideó el concepto de regresión y la teoría de la correlación), comenzó a trabajar en el estudio simultáneo de dos caracteres, en el análisis de la regresión y la correlación, y en la aportación de la distribución muestral Chi-cuadrado con objeto de obtener una medida de la bondad del ajuste (García et al., 1996). La figura de Pearson va indisolublemente asociada a la de sus discípulos, entre los que destacan G.U. Yule y W.S. Gosset, este último cuyo pseudónimo “Student” hizo famoso con su “t de Student”. Esta prueba paramétrica se utiliza si la variable en estudio sigue una distribución normal (Torres et al., 2020).

Pero sin lugar a dudas el discípulo más sobresaliente fue Ronald Aylmer Fisher, quien adoptó el análisis de la varianza como una herramienta de la investigación experimental, siendo su formulación de las pruebas de significación y estimación de parámetros las aportaciones más significativas y con mayor trascendencia para el análisis de datos.

Como apunta Osmar Darío Vera en su tesis doctoral, Fisher concibió las pruebas de significación para confrontar una hipótesis nula con las observaciones (Vera, 2015): para él un valor p indicaba la fuerza de la evidencia contra la hipótesis nula. Esta hipótesis H_0 , se refiere al valor supuesto de un parámetro y para ponerla a prueba se organiza un experimento aleatorio asociado a H_0 . El experimento termina con datos de una muestra y un estadístico relacionado con el parámetro (Díaz et al., 2008).

La colaboración entre Neyman y Pearson daría lugar a la teoría de las pruebas de hipótesis, que, según ellos, mejoraba el planteamiento de las pruebas de significación de Fisher. Sin embargo, en la actualidad no existe una única metodología de la inferencia, lo que origina una serie de debates sobre la correcta aplicación de la estadística en diferentes ciencias.

A este respecto, muchos investigadores mezclan las dos metodologías anteriores, práctica que ha ocasionado algunas críticas, descritas por Díaz y de la Fuente (2004) y que son otra prueba de la dificultad de comprensión del tema.

Rogers y Shoemaker (Borges, et al., 2001:173) enumeran en 1971 los factores por los que el contraste de significación de hipótesis (figura 2-22) se ha extendido tanto entre la comunidad académica:

- Ventaja relativa con respecto a otros procedimientos.
- Compatibilidad.
- Baja complejidad.
- Posibilidad de ensayos.
- Posibilidad de observación.

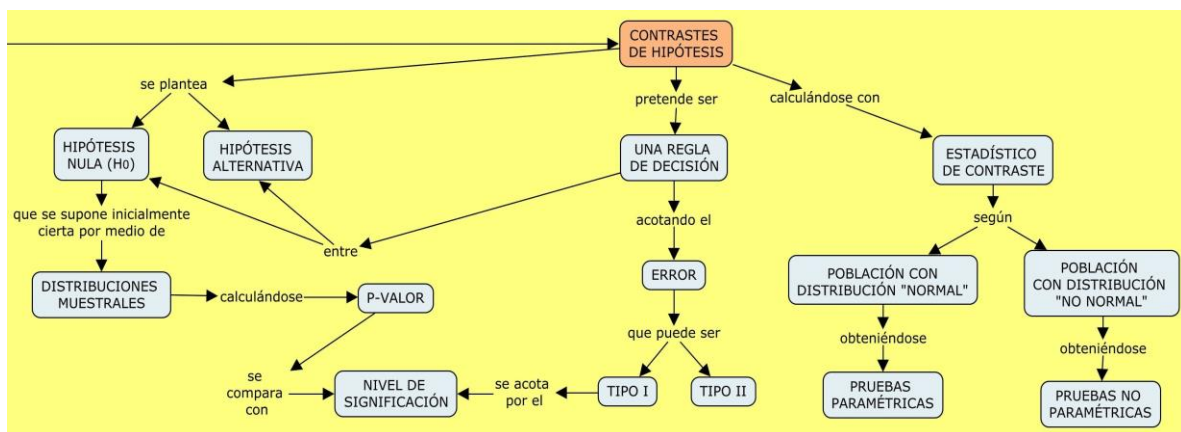


Figura 2-22. Contrastes de hipótesis

Sin embargo, este método de análisis estadístico, cuyo uso se popularizó desde la década de los 40 del siglo XX, comenzó a ser cuestionado a partir de la década de los 90 con la aparición de organismos fiscalizadores del mismo, habiendo desde entonces numerosos críticos, aunque también defensores. Se puede decir, para finalizar, que las conclusiones que puede ofrecer el método no deben servir para manifestar la verificación unánime de las hipótesis nulas, sino para avanzar en la línea de investigación que se pueda derivar de dicha conclusión. Así se avanza en ciencia.



“Las salidas se consideran ejes o hilos conductores de las programaciones de ciencias sociales o de ciencias naturales porque lo que los niños y las niñas descubren es la base del trabajo posterior en clase, donde se explicitan los conocimientos y se comparte, se resitúa y se profundiza la experiencia”

(Pilar Benejam, 2002)

Imagen del autor

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.- Introducción

Para poder diseñar en detalle la intervención educativa ha sido imprescindible, a partir del marco teórico referenciado, el planteamiento de una serie de preguntas, iniciándose de este modo la investigación educativa propiamente dicha, que sigue el modelo de intervención recogido en la figura 3.1.

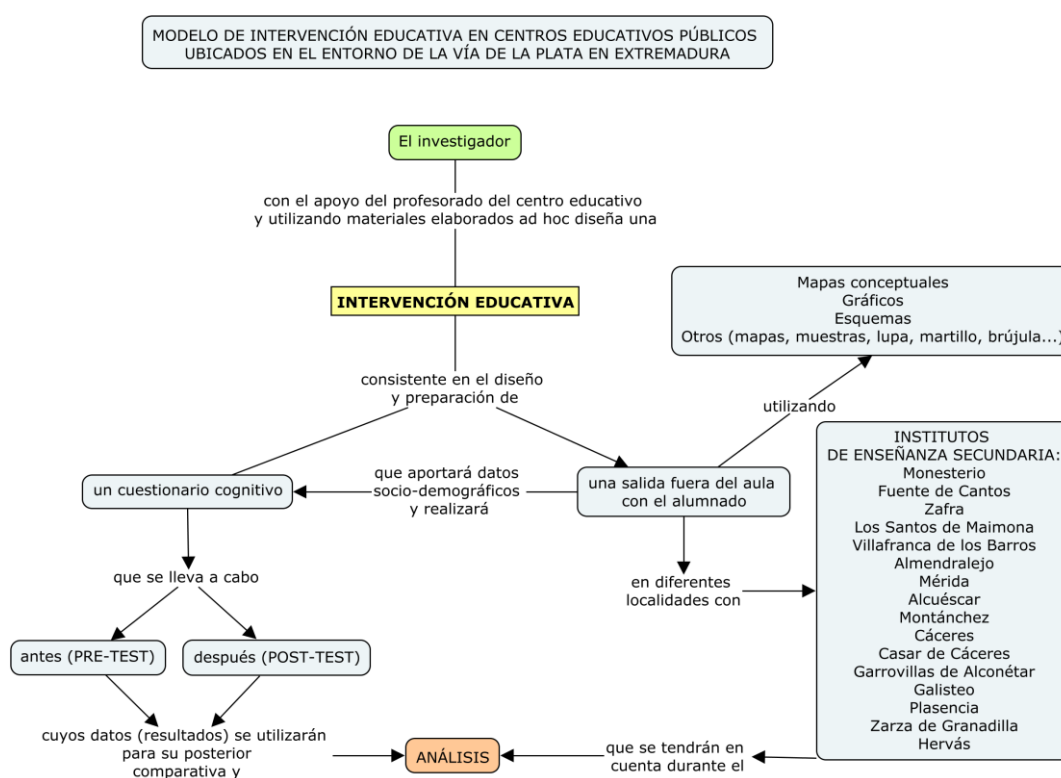


Figura 3-1. Esquema de la investigación llevada a cabo.

Dichas preguntas fueron:

1. ¿Por qué no suele utilizarse la ciudad como lugar de referencia para las salidas didácticas geocientíficas fuera del aula?
2. ¿Cómo puede conseguirse que un docente enseñe Geología a través del medio más inmediato en el que trabaja, el urbano?
3. ¿Es posible plantear una propuesta didáctica ex-aula en cualquier ciudad o entorno urbano o sólo en aquellas que cuentan con elementos geológicos transfigurados o

utilizados en edificios monumentales u otros elementos arquitectónicos patrimoniales?

La secuencia metodológica seguida se ha articulado en siete pasos que atienden distintos procesos científicos, teniendo en cuenta que estos pasos secuenciales son aplicables a intervenciones educativas en las que la indagación se utiliza dentro de una metodología donde la salida fuera del aula es uno de sus pilares, como ha sido la presente investigación:

1. Formulación de preguntas investigables.
2. Priorización de la observación.
3. Análisis de las observaciones.
4. Formulación de una explicación basada en las observaciones.
5. Conexión entre la explicación y los modelos y conocimientos científicos.
6. Comunicación y justificación de la explicación.
7. Reflexión sobre el proceso en su conjunto.

La investigación ha sido llevada a cabo por el investigador principal con el apoyo de los equipos docentes de los centros educativos, que han intervenido activamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Para la primera toma de contacto el director de la tesis doctoral envió una carta a la dirección de cada centro educativo seleccionado (anexo VI), solicitando su colaboración y apoyo a la investigación. Pasados unos días el investigador contactó por escrito (anexo VI) y por teléfono con los equipos directivos de dichos centros educativos, siendo remitido a los responsables de los departamentos de ciencias, quienes finalmente se vincularon directa o indirectamente con el proyecto de investigación, creando o definiendo un equipo específico de apoyo, que fue con el que en último término pudo contar el investigador principal para el inicio y desarrollo de la actividad.

En el planteamiento realizado a los equipos docentes para promover su participación se hizo hincapié en los siguientes aspectos:

- La nula interferencia de la investigación en la programación docente, ya que la intervención educativa quedaría plenamente integrada en el currículo oficial, como actividad formal en sí misma y encuadrada en las materias objeto de estudio (Ciencias Naturales, Ciencias de la Tierra, Geología).

- La consideración del posible interés y relevancia de las salidas propuestas por el entorno urbano o periurbano de los centros docentes, utilizando los elementos del patrimonio próximo como vehículos de enseñanza y aprendizaje de las Geociencias.
- El fomento del propio sentido e interés de la salida fuera del aula, evitando que el alumnado se vea inmerso en la salida de campo sin haber podido formarse una idea motivadora previa.
- La garantía de confidencialidad, tanto de alumnos como de centros y equipos docentes, pues el propio carácter de la investigación huye de comparativas personales y corporativas.
- El tipo de análisis que ofrece la investigación, absolutamente objetiva, mediante el uso de cuestionarios cognitivos y por supuesto nada invasiva con el alumnado.
- La presentación de una nueva propuesta metodológica de intervención educativa, acorde a cada centro educativo y aplicable al currículo a través de las correspondientes programaciones anuales.
- El manejo de nuevos conocimientos en diferentes situaciones (fuera del aula) poniendo énfasis en las relaciones entre diferentes materias y desarrollando abiertamente la interrelación Ciencia-Tecnología-Sociedad, materias que enmarcan el desarrollo científico y propician la toma de decisiones y posturas entre los ciudadanos.

Una vez garantizada la participación de un numeroso equipo docente se procedió a explicar más detenidamente la investigación, definiendo una metodología de trabajo, dando instrucciones a tal efecto (anexo VII), haciendo hincapié en las diferentes sesiones a llevar a cabo. Debemos añadir que la implicación de todos los equipos docentes fue absoluta.

3.2.- Diseño metodológico

La metodología de investigación que hemos seguido ha partido de una revisión bibliográfica en varias líneas y cada una con un perfil de búsqueda específico atendiendo a los siguientes aspectos: recursos geocientíficos (incluyendo los de Extremadura), Vía de la Plata (incluyendo su trayecto por Extremadura) y didáctica de las geociencias (incluyendo igualmente la enseñanza de las Geociencias en Extremadura). En este último campo hemos incorporado aquellos procedimientos genéricos aplicables a investigaciones del aprendizaje

fuera del aula, concretamente la evaluación de los mismos desde un punto de vista meramente cuantitativo mediante cuestionarios de conocimientos (cognitivos).

En la tabla 3-1 aparece una selección de algunas ediciones y editores de mayor relevancia en la revisión bibliográfica llevada a cabo, que hemos dividido en dos grandes bloques: recursos geocientíficos y su didáctica y Vía de la Plata y su aprovechamiento educativo.

Tabla 3-1. *Revisión bibliográfica llevada a cabo en la presente investigación.*

<p>Los recursos geocientíficos y su didáctica (incluyendo Extremadura)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ediciones monográficas publicadas por entidades científicas y publicaciones periódicas (Geogaceta, Revista de la Sociedad Geológica de España, Memorias y Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, <i>De Re Metallica...</i>). - Tesis doctorales y otras publicaciones universitarias de carácter geocientífico (Universidad de Extremadura y otras). - Publicaciones y ediciones temáticas sobre geología de la Junta de Extremadura. - Revistas educativas especializadas (Enseñanza de las Ciencias, Investigación en la Escuela, Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, <i>Journal of Geoscience Education...</i>). - Monográficos y colecciones del IGME (cartografía, historia de la Geología, Cuadernos del Museo Geominero...). - Actas de los Simposios sobre Enseñanza de la Geología (AEPECT). - Actas de los Congresos Geológicos de España. - Actas de los Congresos Internacionales sobre Patrimonio Geológico y Minero. - Publicaciones divulgativas (AGEx, Diputación Provincial de Cáceres, Diputación Provincial de Badajoz...). - Actas de los Congresos Españoles sobre Cuevas Turísticas.
<p>La Vía de la Plata y su aprovechamiento educativo (con especial referencia a Extremadura)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Revistas especializadas en Historia e historia de la caminería. - Actas de los Congresos de Los Santos de Maimona (Badajoz). - Publicaciones universitarias (Universidad de Extremadura y Universidad de Salamanca).

En especial se han considerado los recursos bibliográficos existentes sobre nociones y experiencias previas referidas a las salidas de campo para la didáctica de las Ciencias Geológicas, puesto que para un mismo problema, la enseñanza y sobre todo el aprendizaje de las geociencias, muchos docentes y pedagogos han realizado propuestas variadas en dicho sentido.

Posteriormente a la fase preliminar de revisión bibliográfica en el diseño de la investigación hemos desarrollado la siguiente fase metodológica, consistente en el

planteamiento de hipótesis, la selección de la muestra y desarrollo de las herramientas de comprobación, que ha incluido el diseño de un cuestionario.

Respecto a las hipótesis, se han planteado las preguntas que han dado pie a la formulación de las mismas, relacionadas con la didáctica de las Ciencias Geológicas en diferentes entornos urbanos.

La hipótesis general se refiere a la mejora de los conocimientos, comparada esta con una prueba cognitiva previa (pre-test) y posterior (post-test) a la salida fuera del aula. En el apartado del análisis, como hipótesis específicas habíamos planteado las variaciones de las mejoras cognitivas en cuanto a número de aprobados y calificaciones, en función del curso (3º y 4º) y el género del alumnado (femenino o masculino), todas ellas una vez realizada la experiencia educativa fuera del aula.

Teniendo en cuenta las hipótesis se ha llevado a cabo el diseño de una prueba tipo cuestionario, integrada en una intervención educativa que conjuga aspectos relacionados con la investigación educativa fuera del aula y una indagación previa por parte del docente y los discentes, utilizando tanto los materiales curriculares de los diferentes centros como otros específicamente elaborados al efecto para la investigación.

El desarrollo metodológico ha seguido cuatro fases (figura 3-2):

- Fase 1.- Revisión de materiales curriculares existentes y adecuación y diseño de materiales educativos a utilizar tanto en clase como en la salida fuera del aula.
- Fase 2.- Elaboración de un instrumento de recogida de datos (cuestionario cognitivo) y validación del mismo para detectar las ideas previas de los alumnos y los sesgos en cuanto a su adecuación a la normalidad de la muestra, a través de índices matemáticos (facilidad y discriminación).
- Fase 3.- Realización de actividades docentes por los alrededores de los centros educativos, previas, durante y posteriores a las salidas de campo.
- Fase 4.- Toma de datos por medio de los cuestionarios, análisis y tratamiento de los datos, valoración y elaboración de conclusiones.

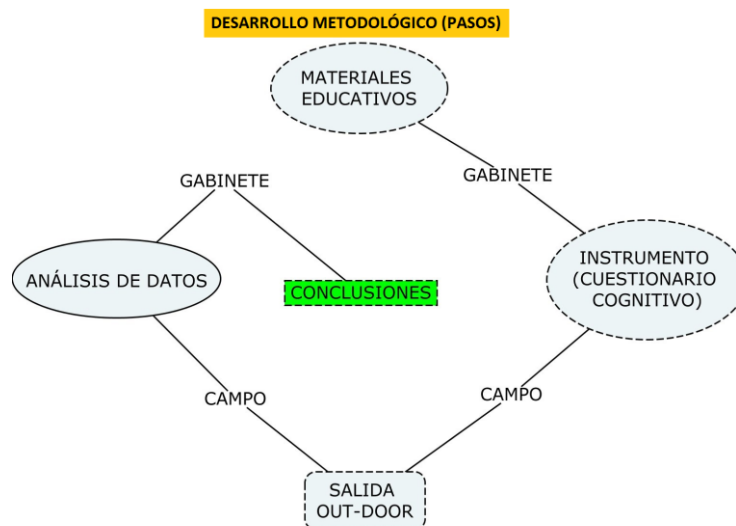


Figura 3-2. *Desarrollo metodológico seguido.*

Al mismo tiempo fue necesario el diseño de distintas sesiones específicas para llevar a cabo con los docentes y alumnos:

1ª) Sesión (Preparación de la salida):

Previamente a la salida y durante al menos cuatro horas de formación en el centro educativo, el responsable docente dirige y promueve las siguientes acciones:

- Plantea los objetivos.
- Detecta las ideas previas (preconcepciones) en el alumnado.
- Promueve actitudes pro-geocientíficas.
- Impulsa la cumplimentación del primer cuestionario cognitivo (pre-test) por parte del alumnado.
- Elabora materiales docentes adaptados al nivel curricular de 3º y/o 4º de ESO.

2ª) Sesión (Realización de la salida):

Correspondiente a la salida de campo propiamente dicha, y es llevada a cabo tanto por los alumnos y el profesorado como por el investigador. En ella se contempla la realización de las siguientes acciones:

- Realización de la salida previamente diseñada de acuerdo a criterios objetivos (itinerario, fichas de los elementos a estudiar, planos o mapas, herramientas a utilizar, tiempo destinado, etc.).

- Desarrollo de la actividad educativa propiamente dicha fuera del aula, utilizando materiales didácticos, y ceñida al diseño de la salida, previamente elaborado por el profesor o investigador.

3ª) Sesión (Posterior a la salida):

Esta sesión se desarrolla íntegramente en el centro educativo y dedicada a:

- Cumplimentar el segundo cuestionario (post-test).
- Dedicar dos/tres horas impartidas en el centro para afianzar los contenidos tratados a modo de autoevaluación.

Para la puesta en marcha de la intervención educativa ha sido necesario preparar diverso material y elaborar el instrumento de evaluación cognitiva (cuestionario).

A propósito de las actividades educativas precursoras de esta investigación, incluyendo las referidas al Geolodía, nos propusimos un replanteamiento de formato, de lo no formal e informal hacia la educación formal, reconsiderando las intervenciones realizadas y promoviendo una intervención educativa que finalmente se llevó a cabo en tres fases, siguiendo el esquema recogido en la figura 3-3:

1. Análisis previo de los conocimientos (pre-test).
2. Intervención propiamente dicha (elaboración de materiales y diseños curriculares para la didáctica fuera del aula).
3. Comprobación de los resultados mediante un post-test.

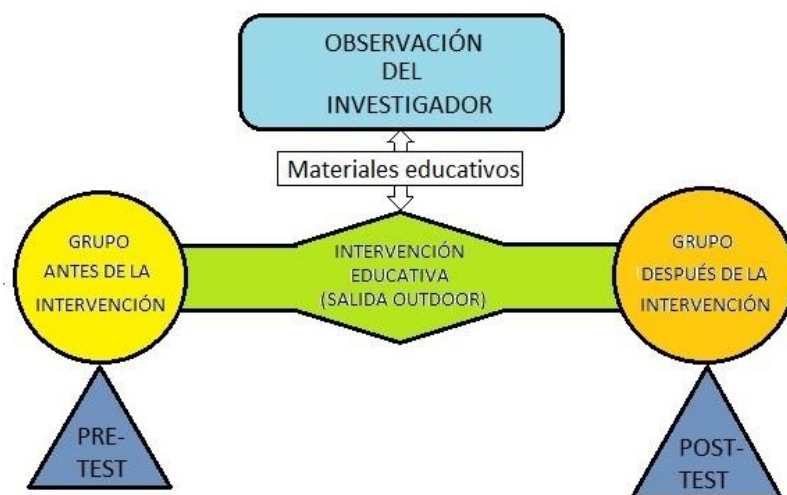


Figura 3-3. Esquema general de la investigación.

La intervención educativa propone la adquisición o refuerzo de los contenidos conceptuales (geocientíficos) por parte de los alumnos, aunque también propone un cambio de actitud del alumnado hacia el patrimonio como marco de enseñanza-aprendizaje de contenidos interdisciplinares de otras materias, sus posibles relaciones y la actitud del profesorado y alumnado respecto a dicha visión holística del patrimonio, rompiendo con la dinámica lúdica habitual que se viene concediendo a este en su exposición pública, a modo de “actividad menor”, tradicionalmente encuadrable dentro de la educación informal.

La salida fuera del aula, aun siendo el pilar fundamental de la metodología docente aplicada en la investigación llevada a cabo, no ha sido la única actividad, puesto que para la consecución de los objetivos que la intervención propone resultan necesarias otras acciones (tabla 3-2), como las clases introductorias o la realización de informes y su posterior exposición ante el conjunto de la clase.

Tabla 3-2. Integración de la intervención educativa en la programación de la/s asignatura/s.

MODELO DE PROGRAMACIÓN		ACTIVIDAD (METODOLOGÍA DOCENTE)				
		Clase introductoria	Salida de campo	Trabajo de laboratorio y clase	Elaboración de informe	Exposición pública
Conocimientos	- Historia de la Tierra y ciclo geológico - Aprovechamiento de los recursos geológicos - Riesgos geológicos	X	X	X	X	
Habilidades	- Uso de cartografía y otras herramientas - Descripción de visu de rocas y minerales - Toma de muestras y datos		X	X	X	X
Actitudes	- Interés por la geología y el patrimonio (geológico y minero)		X	X	X	X

Basándonos en el currículo oficial vigente para Educación Secundaria Obligatoria (*Decreto 98/2016*, que figura como anexo III), se han seleccionado del temario aquellos contenidos relacionados con ocho ideas-clave (tiempo geológico, estructura de la Tierra, evolución, ciclo de las rocas, tectónica de placas, modelado, materiales y riesgos). La selección (figura 3-4) ha sido necesaria por dos motivos:

1º) Por ser más útil el uso de ideas que se enlazan unas a otras y rentabilizar mejor el tiempo dedicado a las explicaciones.

2º) Por ser necesarias para completar una irregular distribución de contenidos curriculares a lo largo de la Enseñanza Secundaria, donde las bases se asientan en 1º ESO (Universo y Sistema Solar; Tierra, hidrosfera, atmósfera, biosfera; relieve terrestre-modelado; manifestaciones de la energía interna de la Tierra), no impartándose en 2º ESO y reduciéndose significativamente en 3º ESO, hasta casi desaparecer en 4º (con tres bloques: la evolución de la vida; la Tierra, un planeta en continuo cambio; ecología y medio ambiente), más aún si se tiene en cuenta que en este último curso la materia es optativa.

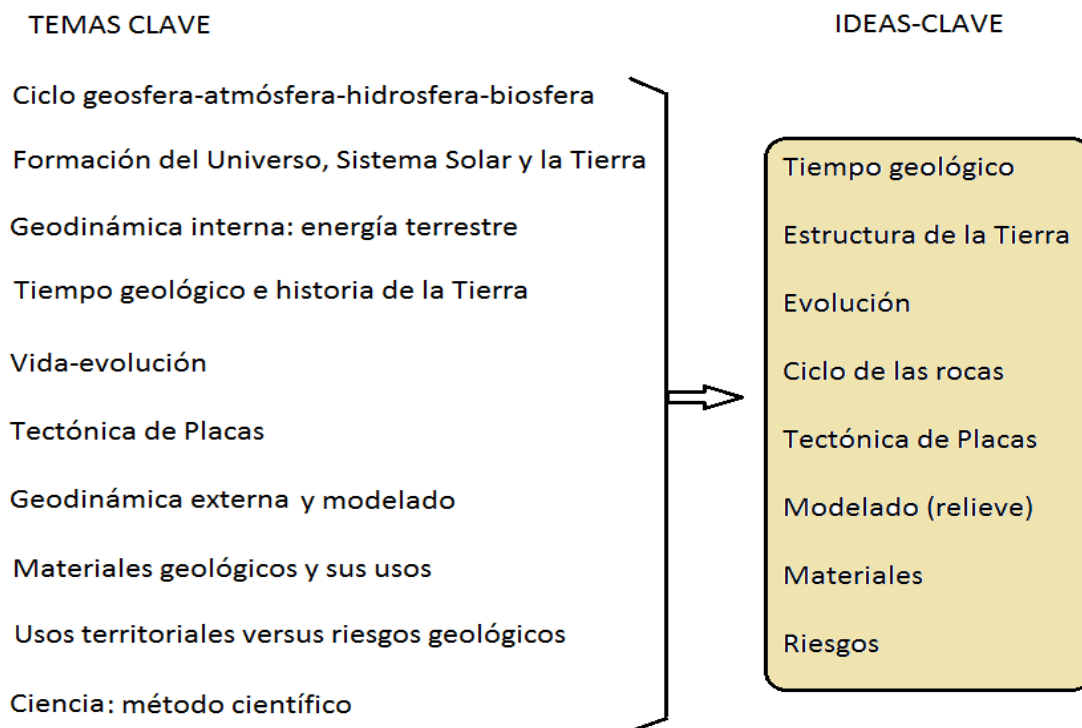


Figura 3-4. Ideas geocientíficas sintetizadas utilizadas en los materiales elaborados de cara a las intervenciones educativas.

3.3.- Objetivos

Decíamos en nuestra Introducción (apartado 1.4, página 59) que los objetivos de nuestra tesis eran:

- Como objetivo general, la posibilidad de utilizar el patrimonio de la Vía de la Plata para la enseñanza y el aprendizaje de Geociencias en 3º y 4º de ESO en Extremadura.

- Como objetivos específicos:
 1. Mejorar la adquisición de conocimientos relacionados con las geociencias.
 2. Conocer los recursos geológicos cercanos a la Vía de la Plata.
 3. Relacionar los conocimientos geológicos con otras materias.
 4. Incorporar los mapas conceptuales a las unidades didácticas.
 5. Recuperar el valor educativo de la “salida de campo” en Ciencias de la Tierra para un aprendizaje significativo.
 6. Transmitir al alumnado interés por las Geociencias, Desarrollo Sostenible, huella ecológica, Economía Verde y Circular y ordenación territorial.

3.4.- Población y muestra

Con carácter previo al desarrollo de las diferentes fases en que habíamos subdividido la metodología de investigación, fue necesario definir la muestra de alumnos sobre la cual se plantearía la investigación propiamente dicha.

Teniendo en cuenta las experiencias previas formales desarrolladas con alumnos universitarios en la ciudad de Cáceres, las experiencias previas no formales e informales desarrolladas a través del Geolodía en diversas ciudades de Extremadura y la posibilidad que brindaban los numerosos centros educativos de Secundaria ubicados en localidades (dieciséis en total) en la Vía de la Plata, elemento patrimonial vertebrador de Extremadura y, por ello, fundamental de la investigación, se decidió que la población estadística se centrara en alumnos de 3º y 4º de ESO de centros educativos públicos encuadrados dentro de los términos municipales afectados por dicho Bien de Interés Cultural.

3.4.1.- Centros educativos

La investigación comenzó a desarrollarse en el curso 2016-17 llegando hasta la actualidad. En el año inicial la población de alumnos que cursaban 3º y 4º de Educación Secundaria en Extremadura en centros públicos era de 15.358 (8161 en 3º y 7197 en 4º). Estaban distribuidos en 133 centros educativos públicos que impartían dicho nivel educativo. La muestra utilizada (727 alumnos) representa el 4,73% de la población del grupo formado por 3º-4º ESO (tabla 3-3), habiendo sido de 313 alumnos de 3º y 414 de 4º de ESO, muestra que ha sido suficiente para satisfacer el análisis estadísticamente poblacional de los centros públicos de toda la Comunidad Autónoma de Extremadura.

Tabla 3-3.- *Datos de población y muestra de alumnado de 3º y 4º de ESO en Extremadura.*

CURSO 2016/17	Población (Extremadura)	Muestra
Centros educativos públicos de Secundaria	133	21 (15,78 %)
Alumnos 3º ESO en centros públicos	8161	313 (3,83 %)
Alumnos 4º ESO en centros públicos	7197	414 (5,75 %)
Total	15358	727 (4,73 %)

Fuente: EDUCABASE (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2021).

Teniendo en cuenta que el ámbito geográfico seleccionado ha sido la Vía de la Plata, los centros educativos finalmente elegidos, a partir de la Guía de Servicios Educativos de Extremadura, curso 2016-2017 (Junta de Extremadura, 2016 –anexo VIII–), han sido veintiuno (sus equipos docentes participantes se incluyen en el anexo IX):

1. IES Maestro Juan Calero, de Monesterio.
2. IES Alba Plata, de Fuente de Cantos.
3. IES Suárez de Figueroa, de Zafra.
4. IES Doctor Fernández Santana, de Los Santos de Maimona.
5. IES Meléndez Valdés, de Villafranca de los Barros.
6. IES Santiago Apóstol, de Almendralejo.
7. IES Albarregas, de Mérida.
8. IES Santa Lucía del Trampal, de Alcuéscar.
9. IES Sierra de Montánchez, de Montánchez.
10. IES *Al-Qazeres*, de Cáceres.
11. IES Universidad Laboral, de Cáceres.
12. IES Ágora, de Cáceres.
13. IES García Téllez, de Cáceres.
14. IES *Norba Caesarina*, de Cáceres.
15. IES El Brocense, de Cáceres.
16. IESO Vía de la Plata, de Casar de Cáceres.
17. IESO Alconétar, de Garrovillas de Alconétar.
18. IESO Galisteo, de Galisteo.
19. IES Gabriel y Galán, de Plasencia.
20. IESO Cáparra, de Zarza de Granadilla.
21. IES Valle del Ambroz, de Hervás.

Señalar, no obstante, que dos de esos centros educativos fueron utilizados en una investigación exploratoria, a modo de grupo de control, por lo que la muestra de estos centros no se ha considerado como muestra de la investigación principal, tal y como se detallará más adelante.

Respecto al total de centros que imparten Educación Secundaria en Extremadura, los centros educativos seleccionados corresponden al 15,79% de los mismos. Si referimos la muestra de centros públicos participantes respecto a los 35 del mismo nivel educativo que en total se localizan en términos municipales ubicados en la Vía de la Plata, el porcentaje sería del 60%, lo cual da una buena idea del esfuerzo del ámbito muestral adoptado durante la investigación, claramente intencional.

3.4.2.- Edad de los sujetos

En la tabla 3-4 se desglosan las características del alumnado participante.

Tabla 3-4. Alumnado participante en la experiencia educativa.

Centro educativo	Masculino		Femenino		Totales				
	3º	4º	3º	4º	Total Masculino	Total Femenino	Total 3º	Total 4º	Total
IES Valle del Ambroz	0	9	0	9	9	9	0	18	18
IESO Cáparra	0	5	0	4	5	4	0	9	9
IES Gabriel y Galán	5	13	13	12	18	25	18	25	43
IESO Galisteo	14	7	22	4	21	26	36	11	47
IESO Alconétar	11	3	14	6	14	20	25	9	34
IESO Vía de la Plata	0	4	0	6	4	6	0	10	10
IES Universidad Laboral	9	22	8	17	31	25	17	39	56
IES <i>Norba Caesarina</i>	13	12	17	8	25	25	30	20	50
IES El Brocense	7	0	12	0	7	12	19	0	19
IES García Téllez	0	6	0	11	6	11	0	17	17
IES <i>Al-Qazeres</i>	18	9	15	19	27	34	33	28	61
IES Sierra de Montanchez	7	7	3	9	14	12	10	16	26
IES Santa Lucía del Trampal	23	8	19	16	31	35	42	24	66
IES Albarregas	0	8	0	17	8	17	0	25	25
IES Meléndez Valdés	24	16	23	16	40	39	47	32	79
IES Santiago Apóstol	0	19	0	8	19	8	0	27	27
IES Suárez de Figueroa	0	20	0	15	20	15	0	35	35
IES Alba Plata	0	30	0	10	30	10	0	40	40
IES Maestro Juan Calero	18	14	18	15	32	33	36	29	65
Totales	149	212	164	202	361	366	313	414	727

Al inicio de la investigación los alumnos participantes (tabla 3-4) tenían mayoritariamente edades comprendidas entre 14 y 16 años, dependiendo del nivel que estaban cursando (3º o 4º). Su distribución por grupos (niveles) educativos y entre los diferentes centros educativos intervinientes en la investigación fue aleatoria.

3.5.- Materiales educativos

Respecto a los materiales educativos elaborados al efecto para la investigación destaca una guía ilustrada para apoyar las explicaciones durante la salida. Esta guía se realiza con un conjunto variado y multitemático de imágenes y gráficos, que hacen las funciones de paneles explicativos.

Esta guía de apoyo tanto para el docente (proceso de enseñanza) como para el alumnado (proceso de aprendizaje) incluye no sólo imágenes (anexo X), sino también numerosos mapas conceptuales elaborados estos últimos específicamente por el investigador para su utilización o apoyo durante sobre todo las sesiones del aula (anexo XI).

Todos los materiales se han seleccionado y diseñado adecuándolos a las ocho ideas-claves indicadas anteriormente y que se fundamentan en los temas clave elegidos en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

A estos materiales de diseño específico se añaden otras herramientas muy recomendadas para el proceso de enseñanza-aprendizaje de las Geociencias (figura 3-5), como:

- Mapas topográficos.
- Mapas geológicos.
- Brújulas.
- Reglas, escalas métricas y otros patrones.
- Smatphones.
- Aplicaciones móviles (para cálculo, fotografía, identificación de rocas y minerales, etc.).
- Lupas de bolsillo o de mano.
- Martillo geológico.
- Muestras de minerales, rocas y fósiles.
- Reactivos (ácido clorhídrico).
- Otros materiales para determinar la dureza y la raya de los minerales.



Figura 3-5. *Materiales y herramientas utilizados durante las salidas didácticas.*

La utilización de estos materiales dependerá de varios factores en función de la intervención. En concreto: del lugar elegido para realizar la salida de campo o fuera del aula, del nivel educativo (y formativo) del alumnado, del grado y/o tipo de apoyo del equipo docente, de la época del año, de las características del recorrido o itinerario seleccionado, de la meteorología, etc.

Finalmente, cabe hacer mención a un decálogo de comportamiento puesto a disposición del profesorado (anexo XII), muy conveniente para que se consolide la idea de que el correcto comportamiento se fundamenta en el respeto hacia sus compañeros, los docentes y el resto de ciudadanos, así como al medio o entorno en el que se desarrolla la salida fuera del aula. Este decálogo es especialmente relevante para promover entre el alumnado una actitud proactiva del grupo hacia la asignatura en general y la salida fuera del aula en particular.

3.6.- Diseño y realización del cuestionario

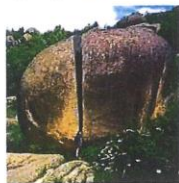
Para el diseño del cuestionario cognitivo a utilizar en la investigación hemos tenido en cuante cuestionarios similares, especialmente los utilizados en experiencias educativas realizadas con anterioridad en circunstancias parecidas, como la llevada a cabo en Cáceres con alumnos de Formación del Profesorado de la Universidad de Extremadura.

Para ello se elaboró un primer borrador de cuestionario, que fue sometido a un análisis por parte de un panel de expertos en la materia, principalmente docentes del área de las Ciencias Naturales, especialidad Geología.

Tras seguir la secuencia que diversos investigadores recomiendan, diseñamos un cuestionario que finalmente contempla veinte preguntas con cuatro opciones de respuesta, de las que sólo una era correcta (parte del cuestionario puede verse en la figura 3-6) y donde, además, incluimos algunos datos sociodemográficos (género y edad, curso, etc.).

15.- Las rocas en la naturaleza se alteran por meteorización física, química y/o biológica. ¿Qué agente de los señalados a continuación crees que puede intervenir en el deterioro de las rocas con las que se construyen los monumentos?

- El agua de lluvia
- El hielo
- El viento
- Todos los anteriores



16.- El Sistema Solar tiene unos 15.000 millones de años. ¿Sabrías decir cuántos años tiene la Tierra?

- 5 millones de años
- 670 millones de años
- 1670 millones de años
- 4500 millones de años



17.- Si los granitos se han formado en profundidad, ¿por qué los vemos en la superficie, como ocurre por ejemplo en Los Barruecos?

- Debido a que alguien los ha colocado allí
- Porque son rocas sedimentarias
- Porque la erosión ha hecho desaparecer las rocas que los cubrían
- Porque son menos densos que las rocas de alrededor



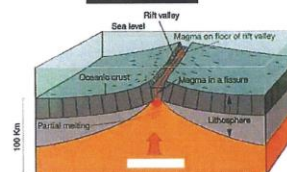
18.- Los minerales más frecuentes en la corteza terrestre son:

- Carbonatos
- Óxidos
- Silicatos
- Sulfuros.



19.- La roca más abundante en la corteza oceánica es:

- Basalto
- Conglomerado
- Granito
- Arcilla



20.- Las extinciones masivas de organismos se pueden explicar por:

- Cambios climáticos
- Caídas de asteroides
- Cambios bruscos en la composición del agua del mar
- Los tres procesos anteriores



Figura 3-6. Cuestionario cognitivo (parte).

3.6.1.- Validación del cuestionario

Antes de dar por definitivo el cuestionario tras la opinión del panel de expertos, se realizó una prueba indagatoria de su calidad desde un punto de vista estadístico, mediante los índices de facilidad y discriminación. Para ello fue necesario utilizar un grupo de alumnos lo suficientemente numeroso para que dichos análisis preliminares tuvieran fundamento. Se eligió a dos grupos de alumnos, 46 en total, a quienes se les encargó la tarea de realizarlo, con la peculiaridad de que dichos alumnos no participaron en una intervención educativa como la del resto de alumnos (727 en total) que sí realizaron el pre-test, la salida y el post-test. El resultado de dicho análisis exploratorio indicaba que la calidad del instrumento (cuestionario) diseñado fue correcto, validándolo a los efectos de su uso generalizado para un análisis en conjunto de la muestra seleccionada. Los detalles acerca de la investigación exploratoria con el grupo de control se presentan en el siguiente capítulo.

3.6.2.- Diseño del cuestionario

Para la elaboración del cuestionario cognitivo en concreto, que se incluye al completo en el anexo XIII, se han seguido las normas básicas de redacción para cuestionarios cognitivos de respuesta múltiple, aplicables tanto a los enunciados como a las proposiciones de respuesta de los ítems. Cada pregunta incluye una imagen representativa del tema o referida explícitamente al asunto tratado en la misma. No se han utilizado distractores específicos.

El cuestionario presentado a los alumnos se ha realizado en formato papel, tanto antes como después de la salida fuera del aula, a fin de medir las diferencias en los resultados y analizarlos conjuntamente con otros parámetros sociodemográficos, que fueron explicitados por los alumnos al cumplimentar tanto el pre-test como el post-test.

Estas variables han sido fundamentales para realizar comparativas cruzadas con los resultados de los cuestionarios, tanto antes (pre-test) como después (post-test) de la salida fuera del aula, enmarcándose todo ello en la intervención educativa diseñada por el investigador en todos y cada uno de los veintiún centros educativos participantes.

El cuestionario no ha sufrido variaciones entre el pre-test y el post-test, habiéndose decidido mantener las mismas veinte preguntas en idéntico orden y con las mismas imágenes acompañantes, a fin de estimar su bondad para futuras investigaciones. Las puntuaciones de las veinte cuestiones se consideran variables dependientes o endógenas, pues recogen los

cambios sufridos por los sujetos o unidades de análisis, y son estas las variables principales del estudio. Los datos sociodemográficos se consideran variables independientes o explicativas.

Las preguntas utilizadas en el cuestionario se relacionan con las ideas clave (vistas en la figura 3-4): tiempo geológico, estructura de la Tierra, evolución, ciclo de las rocas, tectónica de placas, modelado, materiales y riesgos (figura 3-7).

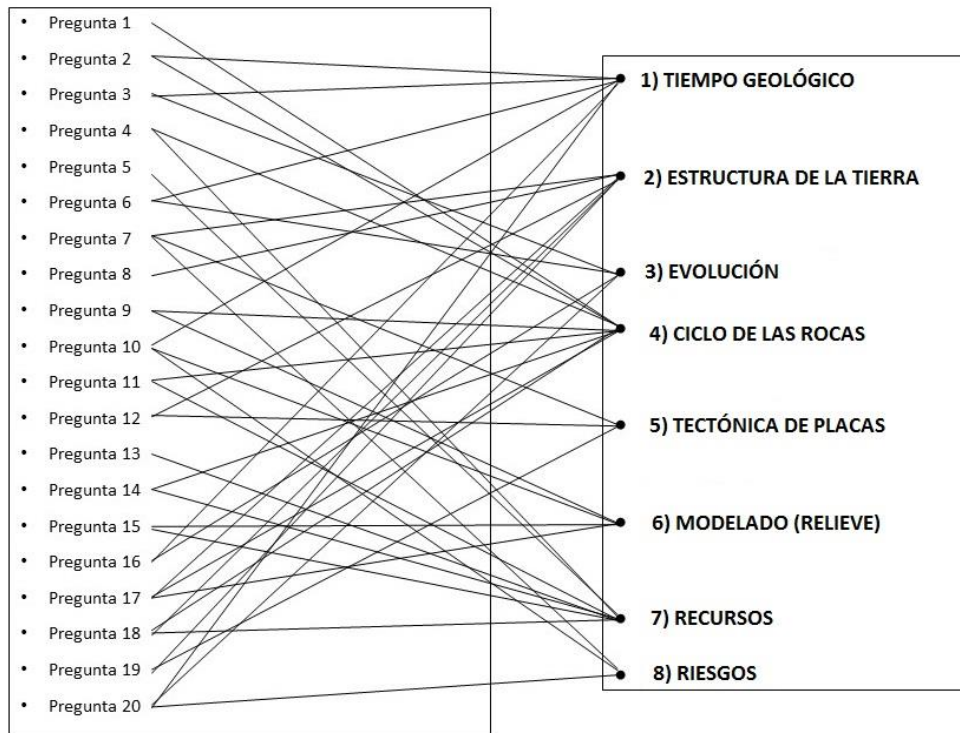


Figura 3-7. Relaciones entre el tipo de pregunta del cuestionario y las ideas claves.

En esta figura se pueden ver los enlaces que relacionan los conceptos propuestos implícitamente en las preguntas con las ocho ideas consideradas fundamentales. Así, las relaciones directas serían:

- Idea-clave 1 (tiempo geológico): preguntas 2, 3, 6, 10, 16 y 20
- Idea-clave 2 (estructura de la Tierra): preguntas 7, 8, 12, 17, 18 y 19.
- Idea-clave 3 (evolución): preguntas 3, 6, 16 y 20.
- Idea-clave 4 (ciclo e las rocas): preguntas 1, 2, 4, 9, 11, 14, 17 y 18.
- Idea-clave 5 (tectónica de placas): preguntas 7, 12 y 19.
- Idea-clave 6 (modelado): preguntas 9, 10, 15 y 17.
- Idea-clave 7 (recursos): preguntas 4, 5, 11, 13, 14, 15, 17 y 18.
- Idea-clave 8 (riesgos): preguntas 7, 10 y 20.

Las relaciones no tienen el mismo grado en todos los casos, ya que algunas son claras, mientras que otras son más sutiles. Sin embargo, todas las relaciones servirían para la construcción de los conceptos necesarios para resolver satisfactoriamente las preguntas del cuestionario. Esto quiere decir que cuantas mayores relaciones tenga la pregunta con ideas-clave, más sencillo sería a priori encontrar un concepto que ayude a la correcta contestación de dicha pregunta. Por ejemplo, la pregunta 1 sólo manifiesta, a nuestro entender, una relación unívoca con la idea-clave 4 (ciclo de las rocas), por lo que habría que tener claro un único concepto (mineral y roca) para resolver dicha pregunta correctamente. Sin embargo, hay otras preguntas que tienen enlaces con múltiples ideas-clave, como es el caso por ejemplo de las preguntas número 7, 17 o 20, con enlaces a tres ideas fundamentales cada una. Por lo tanto, al contrario que para la resolución de la pregunta 1, para resolver las preguntas 7, 17 o 20 podrían utilizarse las tres ideas-clave enlazadas con cada una de ellas, cualquiera de las cuales podría ayudar a su correcta respuesta.

El tipo y número de relaciones puede servir para modelar la dificultad del cuestionario, puesto que cuanto más concreta sea la pregunta menos ideas-clave estarán con ella relacionadas y, por tanto, mayor dificultad tendrá. Y al contrario, cuantas más ideas-clave se relacionen con la pregunta en cuestión, más facilidad tendrá el alumnado para su correcta respuesta.

3.7- Diseño de los itinerarios

En el entorno de cada centro participante planteamos la realización de un itinerario para el aprovechamiento de los recursos existentes en el mismo. Para ello se requirió su conocimiento y la estructuración bajo criterios didácticos adecuados a cada situación, teniendo en cuenta una estructura similar al modelo habitual de las unidades didácticas.

Hemos diseñado casi tantos itinerarios como centros educativos implicados. No obstante, al realizar las salidas fuera del aula por las inmediateces de los centros, los recorridos fueron en general cortos, para estar de vuelta al centro educativo correspondiente dentro de la jornada escolar, sin necesidad de transporte educativo complementario. En la mayoría de los casos la actividad fuera del aula ocupó el equivalente a una o dos clases lectivas.

Los elementos que han sido objeto de estudio se han clasificado en naturales (subtipos “riesgos geológicos” y “ordenación del territorio”), urbanos (subtipos “pavimentos”, “fachadas”, “sillares” y “elementos ornamentales”) e industriales (subtipo “aprovechamiento minero-industrial”), habiendo sido la mayoría los de tipo urbano (tabla 3-5), dada la céntrica ubicación de los centros educativos y el escaso tiempo para realizar por norma general las salidas fuera de las aulas.

Tabla 3-5. *Resumen de los recursos utilizados en las intervenciones educativas.*

RUTAS DISEÑADAS	GEORRECURSOS CULTURALES URBANOS UTILIZADOS				
	Materiales rocosos en construcciones histórico-artísticas	Museos	Afloramientos naturales	Revestimientos recientes	Elementos industriales relacionados con el aprovechamiento geológico y minero
Hervás	X			X	
Zarza de Granadilla	X			X	
Plasencia	X			X	
Galisteo	X			X	
Garrovillas	X			X	
Casar de Cáceres	X				
Cáceres	X	X	X	X	X
Montánchez	X			X	
Alcuéscar	X			X	
Mérida	X		X		
Almendralejo	X	X			
Villafranca de los Barros	X				
Los Santos de Maimona	X	X	X		X
Zafra	X			X	
Fuente de Cantos	X				
Monesterio	X			X	

En detalle, el esquema de trabajo y contenidos de las sesiones preparatorias de la salida de campo ha sido el siguiente:

3.7.1.- Preparación previa a la salida

Con anterioridad a la salida se llevaron a cabo varias actividades previas:

1) Exposición del profesor/a sobre objetivos de la actividad, entre los que podemos señalar:

- Disfrutar de un rato fuera del aula, en un entorno rural o urbano y en general en el campo.
- Observar el resultado de la acción de los agentes geológicos internos: litogénesis y tectónica.
- Observar el resultado de los agentes geológicos externos: agua (erosión, transporte y sedimentación) y atmósfera (meteorización).
- Tratar de hacer un recorrido por la historia geológica de la Tierra a través de los elementos que se presentan.
- Reconocer impactos y riesgos de la acción humana sobre el entorno.

2) Planteamiento de preguntas al alumnado para dirigir la observación y las actividades a realizar:

- ¿Qué será importante observar y por qué?
- ¿Qué información proporcionará lo observado?
- ¿Qué datos se deben tomar?

3) Búsqueda y selección del siguiente tipo de información en Internet por parte de los alumnos con la ayuda del profesorado:

- Localización geográfica de la zona a visitar, incluyendo contexto geológico (litología y edades de los materiales).
- Climatología de la zona.
- Importancia del patrimonio o valores a proteger.
- Formas del relieve que se podrán observar.
- Equipo personal necesario para la salida.

4) Comunicación de los resultados obtenidos, mediante:

- Continuación de la búsqueda y selección de información en Internet.
- Puesta en común de la información relativa a orografía, geología, climatología, etc. recopilada por los alumnos.
- Elaboración de un documento en el que figure recopilada y organizada toda la información precedente en sus diferentes etapas.

5) Trabajos de preparación de la salida, consistente en:

- Itinerario elegido y paradas, con los elementos patrimoniales a observar.
- Introducción al estudio cartográfico: trabajo con los mapas de la zona a visitar.
- Práctica del manejo de la brújula y el clinómetro.

3.7.2.- Realización de la salida

Durante la salida los itinerarios (anexo XIV) incluyeron (tabla 3-6):

- Una primera parada en el propio centro educativo, donde, tras la pertinente presentación del proyecto de investigación, el investigador principal expone el guion de la salida y explica o recuerda algunos conceptos geocientíficos aplicables a la vida diaria, pero siempre referidos al currículo oficial, que se resumen en ocho ideas-clave, apoyándose además en diversos materiales docentes.
- Una o varias paradas para continuar las explicaciones de la parada primera u observar/indagar sobre una o varias cuestiones relacionadas con los ocho ejes en que se basan los materiales de apoyo (paneles/posters) utilizados. Puede haber varias paradas complementarias o bucles de refuerzo para afianzar ideas y conceptos.
- La última y definitiva parada servirá para que tanto el investigador como el docente del grupo de alumnos participantes hagan hincapié en algunos aspectos curriculares concretos, en función de los elementos y procesos geológicos observados en dicha parada.

Tabla 3-6. Ejemplo de estructura de las paradas.

CONTENIDOS	ACTIVIDADES	COMPETENCIAS
<ul style="list-style-type: none"> - Contexto geográfico - Conceptos geológicos - Conceptos paleontológicos - Conceptos geomorfológicos - Conceptos biológicos - Conceptos ecológicos - Usos del suelo - Gestión de los recursos naturales 	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición dirigida de la salida - Realización de preguntas - Planteamiento de casos de estudio - Inicio de debates - Propuesta de trabajos de investigación 	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar formaciones geológicas y sus implicaciones ecológicas y de uso - Situarse en el tiempo geológico - Extrapolar los conocimientos adquiridos - Crear interés por su futuro profesional - Fomentar su capacidad de investigación y búsqueda de información

Al finalizar el itinerario, ya de vuelta al centro educativo, se podrán abordar algunos temas que sea necesario o conveniente realzar o interrelacionar con aspectos actitudinales y cognitivos (conceptos de carácter medioambiental, histórico-artístico y/o industrial).

Durante el itinerario el investigador realiza una serie de preguntas, generalmente utilizando analogías y símiles, que facilitan notablemente la transmisión y adquisición de conceptos clave en geociencias: tiempo profundo y evolución, transformaciones físicas y químicas de los materiales geológicos, procesos y ambientes (sistemas) geológicos, dimensión del riesgo geológico, entre otros.

Las preguntas suelen ser de razonamiento tanto inductivo como deductivo, de implicación, de aplicación, incluso comparativas, buscando en todo momento que los alumnos hagan suya la salida fuera del aula, participando además activamente en ella.

3.7.3.- Posteriormente a la salida

Una vez llevada a cabo la salida fuera del aula, se desarrolló una sesión inicial para responder nuevamente el cuestionario cognitivo (post-test), a fin de disponer de los datos necesarios que puedan servir al investigador para comparar resultados y obtener conclusiones.

Siguiendo las instrucciones de la investigación que les fueron remitidas al comienzo de la misma a los equipos docentes, en esta última etapa los profesores dedican una o varias sesiones a exponer el desarrollo de la salida fuera del aula, aclarando conceptos y sistematizando los aspectos vistos en las diferentes paradas.

3.8.- Diseño del análisis de los datos

Para llevar a cabo el análisis de los datos partimos de un estudio pormenorizado de la fiabilidad de los tests utilizados y un análisis estadístico mediante un contraste de hipótesis de las puntuaciones obtenidas.

Para abordar el análisis de los datos es necesario replantearse el manejo de los mismos obtenidos (resultados de los tests) de acuerdo a las características del instrumento de análisis a utilizar, una aplicación que permitiera computerizar la información numérica.

En concreto, debíamos tener claro tanto el tipo de datos obtenidos como sus posibles relaciones entre sí, por lo que resultaba necesario desarrollar hipótesis adecuadas para el análisis estadístico que vendría a continuación.

3.8.1.- Hipótesis para el análisis

Clasificamos las hipótesis en dos grupos: las relacionadas con el análisis descriptivo previo y las relacionadas con los resultados de la prueba. Es decir, se contrastaron los análisis llevados a cabo antes y después de la experiencia (tabla 3-7).

En el análisis de dichas hipótesis hemos tenido en cuenta que a una significación de 0,05 (correspondiente a un nivel de confianza del 95%), si en la prueba el p valor se situase por debajo de 0,05, se rechazaría la hipótesis nula (H_0) y se aceptaría la alternativa (H_1), mientras que si la significación fuese superior a 0,05, se aceptaría la hipótesis nula (H_0), rechazándose la alternativa (H_1).

Tabla 3-7. Hipótesis de la investigación.

Descripción	
Hipótesis relacionadas con el análisis descriptivo previo	
H1	Se dan diferencias significativas en el número de aprobados, en función del género, antes de la experiencia educativa
H2	Se dan diferencias significativas en las calificaciones, en función del género, antes de la experiencia educativa
H3	Se dan diferencias significativas en el número de aprobados, en función del curso, antes de la experiencia educativa.
H4	Se dan diferencias significativas en las calificaciones, en función del curso, antes de la experiencia educativa.
Hipótesis relacionadas con los resultados de la prueba	
H5	Después de la experiencia educativa aumenta el número de alumnos aprobados
H6	Después de la experiencia educativa aumenta la calificación media de los alumnos
H7	Después de la experiencia educativa aumenta el nivel de calificaciones
H8	Después de la experiencia educativa aumenta el número de alumnos aprobados en función del género
H9	Después de la experiencia educativa aumenta la calificación media de los alumnos en función del género
H10	Después de la experiencia educativa aumenta el nivel de calificaciones en función del género
H11	Después de la experiencia educativa aumenta el número de alumnos aprobados en función del curso
H12	Después de la experiencia educativa aumenta la calificación media de los alumnos en función del curso
H13	Después de la experiencia educativa aumenta el nivel de calificaciones en función del curso

3.8.2.- Base de datos y variables

Para llevar a cabo el análisis, se ha optado por trabajar con dos bases de datos: la primera se utiliza para el cálculo de los Índices de Facilidad y de Discriminación e incluye información sobre las preguntas del test y sobre dos grupos de alumnos, los que se sitúan en el límite superior del 27% y en el inferior, en función de las respuestas dadas a cada una de las preguntas; la segunda incluye los resultados del test antes (pre-test) y después (post-test) de la visita y será la utilizada en el análisis previo y el comparativo.

Por otro lado, se valoraron los ítems del test con una escala de uno a diez, de manera que < 5 era “suspenso” y ≥ 5 “aprobado”. Respecto al nivel de clasificación utilizamos la establecida en el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato (Boletín Oficial del Estado, 2015a). Su escala es la siguiente (tabla 3-8):

Tabla 3-8. Aprobado/Suspenso y nivel de calificaciones de la prueba.

Dicotómica	
Suspenso	<5
Aprobado	≥ 5
Nivel de calificación (ordinal)	
Suspenso	<5
Aprobado	5-5,99
Bien	6-6,99
Notable bajo	7-7,99
Notable alto	8-8,99
Sobresaliente	9 o más

Antes de comenzar la investigación propiamente dicha y con la base de datos ya diseñada, procedimos a clasificar las variables a analizar, de manera que tuviéramos información para la decisión de las técnicas estadísticas más adecuadas en cada caso (tabla 3-9).

Tabla 3-9. Clasificación de las variables utilizadas.

Base de Datos Índices y $\pm 27\%$	Tipo de variable
Nº alumnos que respondieron correctamente a cada pregunta	Escala
Nº alumnos que respondieron incorrectamente a cada pregunta	Escala
Total de alumnos que respondieron correctamente	Escala
Total de alumnos que respondieron incorrectamente	Escala
Nº de aciertos grupo +27%	Escala
Nº aciertos grupo -27%	Escala
Índice de Facilidad-Dificultad	Escala
Índice de Discriminación	Escala
Clasificación (1 a 4) Índice de Facilidad-Dificultad	Ordinal
Clasificación (1 a 4) Índice de Discriminación	Ordinal
Base de Datos pre-test y post-test	Tipo de variable
Año de nacimiento	Ordinal (0 a 5)
Curso	Nominal (1=3º ESO; 2=4º ESO)*
Preguntas 1 a 20	Ordinal dicotómica (0 Incorrecta; 1 Correcta)
Total respuestas correctas	Escala
Total respuestas incorrectas	Escala
Calificación	Escala
Suspense/Aprobado	Nominal Dicotómica (0 Suspense; 1 Aprobado)
Nivel de calificación	Ordinal

* Se ha considerado el curso como nominal, ya que no se apreciaron diferencias entre ambos cursos en relación a los conocimientos geológicos adquiridos, dependiendo de diversos factores relacionados con los planes de estudio.

3.8.3.- Metodología de las pruebas

La prueba consistió en dos cuestionarios con los mismos ítems, veinte en total, y se llevaron a cabo uno antes y otro después de la salida de campo. Ambos tests han sido sometidos a una prueba basada en el grado de facilidad y de discriminación, calculando los índices del mismo nombre.

3.8.3.1.- Índices de Facilidad y Discriminación

Para llevar a cabo el análisis de los resultados obtenidos, previamente se quiso comprobar la validez del test por medio de los Índices de Facilidad-Dificultad y Discriminación. No se utilizó el Alfa de Crombach porque algunos autores no lo consideran adecuado en pruebas de conocimiento.

De esta forma, en primer lugar se calculó el Índice de Facilidad o Dificultad, que mide el grado de dificultad de la prueba y que permite discernir si un ítem es fácil o difícil,

en función de la proporción de respuestas correctas sobre el total. Este indicador es muy útil para conocer si el cuestionario de la prueba se planteó correctamente, es decir, que el nivel de conocimiento fuera el adecuado.

Del mismo modo, se calculó el Índice de Discriminación, también llamado de homogeneidad. Dicho índice permite medir la capacidad de discriminar a alumnos de distinto nivel educativo, por parte del ítem analizado. De esta forma, se espera que los estudiantes con mejores calificaciones sean quienes contesten correctamente una mayor proporción de ítems y a la inversa. Una discriminación no aceptable supondría una posible contestación al azar por parte de los alumnos, invalidando por sí mismo dicho resultado.

Por otro lado, se realizó una aproximación descriptiva (tabla 3-10) con el total de la muestra obtenida en la fase previa a la salida de campo (727 alumnos), de manera que no se perdiera información sobre los alumnos que llevaron a cabo el primer test y que sirviera para conocer el “estado de la cuestión” sobre la composición de dicha muestra. Una vez depurada la muestra con los alumnos que sí realizaron ambos tests (pre y post-test) y la salida, el número de alumnos se redujo a 556, que fueron los utilizados en el estudio comparativo. Hubo una serie de alumnos que realizaron ambos test pero no la salida fuera del aula y fueron utilizados como grupo de control, en un análisis previo de tipo exploratorio.

Tabla 3-10. *Ficha técnica de la investigación.*

Ficha técnica	
Universo poblacional	Alumnos de 3º y 4º de ESO (Institutos de Educación Secundaria)
Ámbito geográfico	Extremadura
Metodología	Test consistente en 20 ítems con cuatro posibilidades (opciones), pero una sola respuesta correcta
Tipo de muestreo	No probabilístico, consecutivo
Muestra seleccionada	727 alumnos de los centros cercanos a la Vía de la Plata (muestra depurada: 556 alumnos)
Error de muestreo	± 3%
Nivel de significación	95%
Año de trabajo de campo	2017-2019

3.8.3.2.- *Análisis descriptivo*

Para la realización del análisis estadístico se ha utilizado el paquete estadístico SPSS 20, en especial los contrastes de hipótesis.

Para el grupo de control se llevó a cabo un análisis descriptivo y un contraste de hipótesis. En este caso, a diferencia de la muestra de los que realizaron la prueba, la variable “calificación” sí seguía una distribución normal y por tanto, se optó por la prueba paramétrica *t* de Student.

Al analizar los estadísticos descriptivos debemos tener en cuenta que el promedio es menos significativo cuanto más dispersión exista entre los datos, medida en valores absolutos (desviación típica) o relativos (coeficiente de variación). Por otro lado, cuando la media y mediana son similares, esto quiere decir que la distribución parece guardar cierta simetría. Por último, consideramos que para que una distribución sea normal, el coeficiente de asimetría debe situarse entre -0,5 y +0,5 y el de curtosis debe tener valores entre 2 y 4, debiendo cumplirse ambas condiciones (Gómez-Gómez et al, 2003).

En el resto de los análisis llevados a cabo los contrastes se realizaron con pruebas no paramétricas debido a la ausencia de normalidad de la distribución de los datos en relación a la variable de calificación y a que el resto eran de tipo ordinal y nominal dicotómico: en concreto, con el estadístico U Man-Whitney para grupos independientes y la prueba de Wilcoxon para grupos relacionados (figura 3-8).

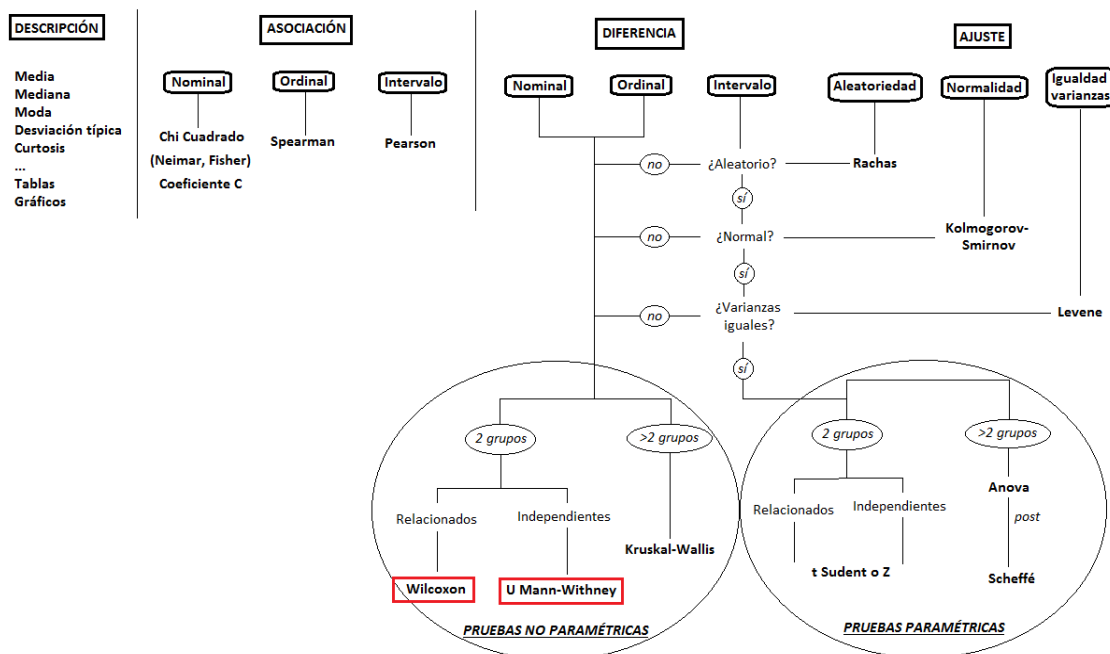


Figura 3-8. Esquema de decisión de pruebas estadísticas estándares aplicables.

En el análisis descriptivo de la muestra de alumnos que realizaron el pre-test, respecto a la variable de escala o razón “calificación”, se calcularon los diferentes estadísticos de posición, dispersión y forma, para tener una aproximación a las características de la distribución. Para la variable “Suspenso/aprobado” y “nivel de calificación” se recurrió a diagramas de barras para observar las frecuencias de las diferentes variables nominales y ordinales, respectivamente, con datos globales y desagregando por género o curso. El objetivo de esta primera fase fue tener una aproximación visual descriptiva de los principales resultados, así como de la forma y supuestos de normalidad de las distribuciones de los datos, de manera que pudiéramos plantear correctamente los contrastes de hipótesis.

Se llevó a cabo una clasificación dicotómica de la variable “Aprobado/Suspenso”, de manera que cinco o más de cinco (≥ 5) se consideró “aprobado” y menos de cinco (< 5) “suspenso”. Para contrastar las hipótesis en este caso se utilizó la prueba de Neimar, basada en el estadístico Chi Cuadrado para variables nominales. La prueba de Chi Cuadrado permite comparar las proporciones de ciertos datos entre la población y la muestra elegida, desglosados en función de una variable. En este análisis esta prueba se ha utilizado para comparar la población y la muestra en función del género. En el caso de encontrar pares de valores con frecuencia menor que 5, el propio software estadístico SPSS calcula la prueba de contraste de Fisher en lugar de la de Neimar o la Chi Cuadrado. La fórmula es la siguiente:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N [(O_i - E_i)^2 / O_i],$$

donde O_i son las frecuencias observadas y E_i las esperadas. Chi Cuadrado sigue una distribución del mismo nombre con $N-1$ grados de libertad.

En el primer análisis se formaron dos grupos que, además, eran independientes, ya que se crearon por el desglose del género y del curso. En el segundo, los grupos estaban relacionados, ya que en realidad era la misma muestra antes y después de la experiencia educativa. Por estos motivos, respecto a la variable “Calificación”, que es de escala o razón, al no confirmarse las hipótesis de normalidad, optamos por la prueba U Man-Whitney en el primer análisis (independientes) y de Wilcoxon en el segundo (relacionados). Esta prueba fue utilizada también para la variable ordinal “Nivel de calificación”.

La prueba U Mann-Whitney permite comparar muestras independientes. Por lo tanto, es la adecuada para el contraste de hipótesis de los alumnos que realizaron el pre-test, en función del género y el curso. Permite comparar grupos de diferente tamaño y, por tanto, su

fórmula de cálculo puede llevarse a cabo de forma indistinta con los dos grupos comparados (n_1 y n_2). Su expresión matemática sería la siguiente:

$$U_1 = R_1 - [n_1(n_1+1)] / 2,$$

siendo U_1 el estadístico de contraste, R_1 la suma de los rangos y n_1 el tamaño de la muestra 1. Con la muestra 2 se calcularía de la misma forma.

La prueba de los rangos de Wilcoxon (Núñez et al., 2019; Wilcox, 2020) permite comparar dos muestras relacionadas para encontrar diferencias significativas. Este es el caso de algunas preguntas del cuestionario en las que se obtiene información sobre dos situaciones de la misma muestra de alumnos. La fórmula para una muestra mayor de 25 individuos es la siguiente:

$$\text{Prueba de Wilcoxon } Z = (T-X) / \sigma,$$

donde T es el estadístico de Wilcoxon.

Por último, la t de Student permite contrastar dos muestras cuando estas siguen una distribución normal: se trata de una prueba de tipo paramétrico que ha sido aplicada al grupo de control. Su fórmula es la siguiente:

$$T = (X_1 - X_2) / SED,$$

donde X_1-X_2 es la diferencia observada de las dos muestras y SED es el error estándar de la diferencia de medias.

3.9.- Evaluación de la experiencia y la eficacia de la salida fuera del aula

A modo de autoevaluación, utilizando un cuestionario específico, realizamos una reflexión del resultado de cada intervención educativa. El investigador cumplimentaba el cuestionario al finalizar cada salida fuera del aula, valorando sus percepciones sobre el desarrollo de la misma, los aspectos positivos y negativos

A la hora de proponer el objetivo educativo específico durante las salidas fuera del aula, el investigador se ha planteado una serie de cuestiones, a modo de reflexiones sobre su papel en el marco de la propia investigación: lo que significa enseñar, aprender y evaluar; el valor de la evaluación en sí misma y aplicada a la materia en concreto (en este caso, las Geociencias), así como si la propia experiencia modifica la práctica docente. También puede plantearse la necesidad de establecer criterios objetivos de evaluación y si estos deben ser abiertos y públicos, etc.

En este sentido diseñamos un cuestionario (tabla 3.11), con el que valorar de manera más o menos crítica la experiencia y la eficacia educativa, mediante el logro potencial de objetivos cognitivos, el desarrollo de habilidades y de actitudes en el alumnado y el profesorado de apoyo de los dieciocho centros educativos intervinientes.

Tabla 3-11. *Cuestionario para documentar experiencias y percepciones tras la realización de las salidas fuera del aula*

ALUMNADO		Totalmente de acuerdo	Parcialmente de acuerdo	Indiferente	Parcialmente en desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
Contenidos actitudinales	Respeto al investigador, al profesor/a y a sus compañeros					
	Coopera y trabaja en equipo					
	Participa activamente (pregunta, toma notes...)					
Habilidades lingüísticas	Argumenta las ideas que expone					
Habilidades cognitivas	Extrae conocimiento de la observación y explicaciones					
Contenidos conceptuales sobre Geociencias	Dominan el concepto de tiempo geológico					
	Dominan el concepto de estructura y composición terrestre					
	Dominan el concepto de tectónica de Placas					
	Dominan el concepto de ambientes petrogenéticos (ciclo de las rocas)					
	Dominan el concepto de evolución de la vida en la Tierra					
	Dominan el concepto de modelado terrestre					
	Dominan el concepto de recursos geológicos					
	Dominan el concepto de riesgos geológicos					
PROFESORADO						
Demuestra interés en la actividad y es participativo						
Mantiene la disciplina y apoya la labor del investigador ante los alumnos						
Controla el tiempo dedicado a la actividad						
Conoce el itinerario y los elementos patrimoniales visitados						
Domina en su conjunto la materia explicada por el investigador						

La ficha incluye una tabla que se compone de dos partes: una, correspondiente a los alumnos y otra, para el profesorado. La primera parte tiene en cuenta tres apartados fundamentales: actitudes, habilidades y conocimientos. Las habilidades, a su vez, se subdividen en habilidades lingüísticas y cognitivas.

Los contenidos actitudinales incluyen tres cuestiones consideradas fundamentales en la realización de una salida fuera del aula: el respeto hacia las demás personas, tanto las que componen el grupo como terceros; el trabajo en equipo, muy importante al realizarse tareas en grupo; la participación activa, una muestra de su interés y atención hacia el guía/investigador.

Las habilidades lingüísticas son una forma de percibir la capacidad y competencia argumental y de expresión general, valorándose el manejo de la terminología específica propia de la materia (teorías, términos geológicos y sus definiciones, etc.).

Las habilidades cognitivas evalúan la percepción sobre la adquisición y manejo de conceptos, quizá la parte más subjetiva de la ficha, por la dificultad de aproximación a dicha realidad. Para ello se utilizó como referencia la simbología de la propia obtención de conocimiento por parte del alumnado. Esta adquisición y/o mejora de conocimientos geocientíficos está claramente relacionada con las otras habilidades y, de fondo, con la actitud general durante la salida.

Por último, los contenidos conceptuales están muy relacionados con la adquisición y/o mejora de conocimientos, resultando interesante por representar para el observador la percepción que tiene de su labor docente, como director de la actividad fuera del aula.

La parte de la ficha del profesorado, por otro lado, incluye cuestiones que indagan sobre su interés en la actividad y su participación y/o implicación en la misma.



“Las enseñanzas parten de la observación de la vida cotidiana. Hay una relación estrecha entre lo que sucede diariamente fuera de la clase, que al ser observado da lugar a reflexiones que pueden ser para la clase de geografía, de aritmética, de ciencias”

(Celestine Freinet, 1968)

Imagen del autor

CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio de los resultados de la experiencia educativa consistió en un análisis descriptivo de la muestra completa de alumnos (N=727), uno comparativo de los resultados antes y después de la experiencia educativa fuera de las aulas (556), un estudio similar de los alumnos situados en el primer y tercer cuartil y un análisis exploratorio de un grupo que hemos considerado de control (46 alumnos), formado por aquellos alumnos que no realizaron la salida fuera del aula, pero sí las pruebas (pre-test y post-test).

En primer lugar, para llevar a cabo el análisis empírico se ha comenzado por un estudio descriptivo de la muestra de alumnos que no realizaron la actividad, que se ha utilizado como variable de control. Esta muestra estaba constituida por 46 alumnos, pertenecientes a dos centros educativos que no pudieron participar en la intervención educativa fuera del aula.

Posteriormente se han estudiado los índices de facilidad y discriminación, para comprobar la validez de las pruebas de conocimientos realizadas en dicho grupo de control. Por último, se han llevado a cabo una serie de pruebas estadísticas para comparar los resultados antes y después de la prueba. La razón de estudiar dicho grupo de control fue realizar una investigación exploratoria cuyos resultados pudieran compararse con la muestra definitiva de la población.

Por otro lado, se realizó un estudio descriptivo de la muestra inicial (727 alumnos), contrastando los resultados obtenidos por género y curso. Posteriormente se compararon dichos resultados, antes y después de la prueba, con la muestra depurada (556 alumnos). De esta forma, se hicieron dos tipos de análisis, uno con grupos independientes y otro con grupos relacionados.

Finalmente se realizó un análisis similar a los anteriores, pero esta vez utilizando el primer y el tercer cuartil de la distribución de los datos de los alumnos que realizaron el pre-test y el post-test.

Todos los resultados aparecen recogidos en el anexo XV.

4.1.- Análisis del grupo de control

Se realizaron tres tipos de análisis en la muestra correspondiente al grupo de control:

1. Comprobación de la validez de los test utilizando los índices de facilidad y discriminación.
2. Realización de una primera aproximación descriptiva a la muestra de alumnos.
3. Comparación de los resultados del pre-test y del post-test, teniendo en cuenta que dicho grupo de control no realizó la salida fuera del aula.

Para llevarlo a cabo se valoraron los veinte ítems del test con una escala equivalente de uno a diez, de manera que < 5 era “suspenso” y ≥ 5 era “aprobado”.

4.1.1.- Validez de la prueba en el grupo de control

En primer lugar, una vez calculados los diferentes niveles de dificultad y discriminación para cada ítem, se procedió a su agrupación en una distribución de frecuencias y a calcular los porcentajes de cada uno sobre el total (figura 4-1).

En relación al Índice de Facilidad, la mayoría de ítems tomaron valores situados en la categoría de “dificultad media”, aunque un número considerable de ellos (35%) se clasificaron como “Difícil” y “Muy difícil”. Por tanto, el test en su conjunto parecía tener una dificultad adecuada, por encima del rango medio. Respecto a la discriminación, la recomendación de descartar se daba en pocos ítems, mientras que la mayoría obtenía la calificación de “Excelentes”. Sin embargo, un número importante de respuestas (seis en total) se recomendaba mejorarlas o revisarlas, algo a considerar en futuras investigaciones.

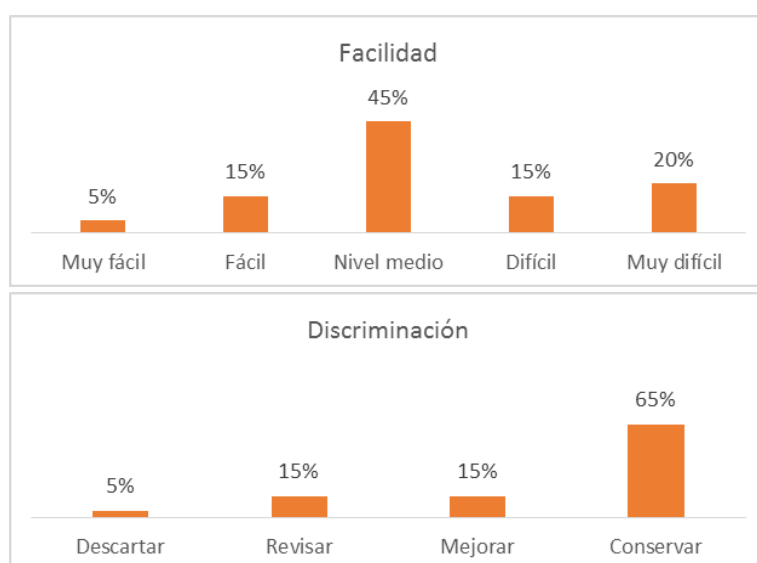


Figura 4-1. Índices de Facilidad y Discriminación para el grupo de control.

Para finalizar el análisis de los ítems se realizó un análisis descriptivo de los datos obtenidos en aras a conocer la distribución de los mismos, habiéndose tenido en cuenta los indicadores de posición, desviación y forma.

En relación al Índice de Facilidad (tabla 4.1), la media aritmética de los valores fue de 0,57 y próximo a la mediana (0,61), grado de dificultad media, con una desviación absoluta de 0,18 y relativa de 31,59%, que es elevada y refleja una alta dispersión de los datos. Respecto a los coeficientes de curtosis y asimetría, estos fueron negativos y, aunque el primero se situaba en los valores recomendables de (+0,5;-0,5), el segundo los superaba. Por tanto, la distribución podría considerarse platicúrtica, de manera que los datos se dispersaban en torno a la media, y con asimetría a la izquierda, la mayoría de ellos se situaban a la derecha de dicha media.

Tabla 4-1. *Estadísticos descriptivos del Índice de Facilidad*

Índice de facilidad	
N	20
Media	0,57
Error típico	0,04
Mediana	0,61
Moda	0,72
Desviación estándar	0,18
Coefficiente de variación	31,59%
Coefficiente de curtosis	-0,47
Coefficiente de asimetría	-0,81

En relación al Índice de Discriminación (tabla 4-2), la media fue de 0,51, es decir, “excelente”, mientras que la desviación estándar tuvo un valor de 0,11, con una variabilidad relativa del 21,70%, algo inferior a la del índice de facilidad, pero elevada. Los coeficientes de asimetría mostraron una distribución con cierta asimetría a la derecha, pero dentro del rango de normalidad y con una forma leptocúrtica, situándose en este caso los valores próximos a la media.

Tabla 4-2. *Estadísticos descriptivos del Índice de Discriminación*

Índice de discriminación	
N	20
Media	0,51
Error típico	0,02
Mediana	0,50
Moda	0,54
Desviación estándar	0,11
Coefficiente de variación	21,70%
Coefficiente de curtosis	0,65
Coefficiente de asimetría	0,31

4.1.2.- *Análisis descriptivo de la muestra y resultados del pre-test en el grupo de control*

Se llevaron a cabo dos tipos de análisis: por un lado, un estudio descriptivo del grupo de control, centrado en sus principales características sociodemográficas, así como de los resultados previos a la salida fuera del aula (pre-test). Con posterioridad se procedió a realizar un análisis descriptivo de los datos globales y a desglosarlos por género y curso, analizando tres variables:

- 1ª) Proporción de aprobados y suspensos, de tipo dicotómica.
- 2ª) Calificación obtenida, de tipo razón, valorada sobre diez.
- 3ª) Nivel de calificación agrupado, que era de tipo ordinal.

El resultado (figura 4-2) fue que la mayoría pertenecían al género femenino (52,17%) y de 4º curso de ESO (64,04%). Por otro lado, hubo una proporción elevada de aprobados en el pre-test (73,91%). Esto podría indicar que partían de cierto conocimiento en Geociencias, aunque debe entenderse que de forma limitada.

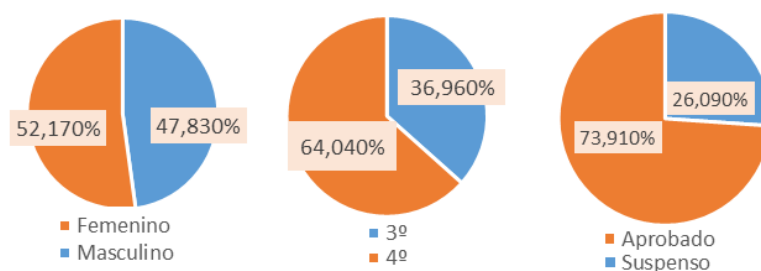


Figura 4-2. *Proporciones desglosadas por género, curso y aprobado-suspenso del grupo de control.*

Para hacer un estudio más detallado, se procedió al análisis de la calificación obtenida por medio de los principales estadísticos descriptivos de posición, dispersión y forma (tabla 4-1), que aportaron información sobre la distribución de los datos. La calificación media fue superior al cinco (considerado aprobado) y muy próxima a la mediana, lo que podría indicar cierta simetría, algo que se confirma mediante el coeficiente de asimetría. Por otro lado, la curtosis mostraba una distribución achatada, con los datos algo alejados de la media. Este dato queda confirmado con la desviación relativa expresada por el coeficiente de variación, de casi el 25% (tabla 4-3).

Tabla 4-3. *Estadísticos descriptivos de calificación del grupo de control.*

Estadísticos descriptivos	Valor
Media	5,43
Mediana	5,50
Desviación estándar	1,31
Coeficiente de variación	24,12%
Curtosis	-0,39
Coeficiente de asimetría	-0,41

Por último y en relación al nivel de calificación (figura 4-3), los mayores valores, dentro de los que superaron el test, se dieron en el “Aprobado” (algo más del 28%) y en el catalogado como “Bien” (casi el 35%). Hubo un porcentaje próximo al 9% de “Notable bajo” y algo más del 2% de “Notable alto”. Los suspensos tomaron un valor menor que el resto, aproximándose al 25%.

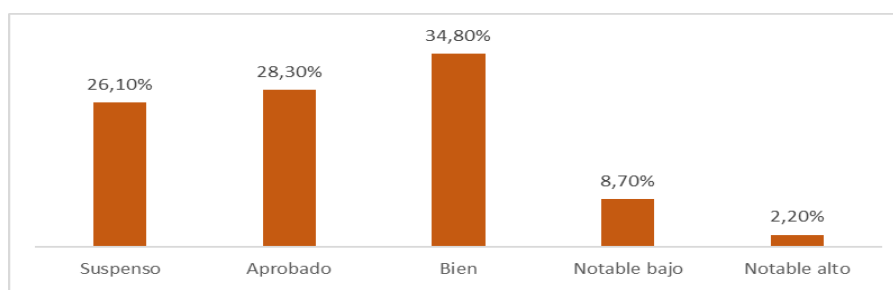


Figura 4-3. *Porcentajes de niveles de calificación.*

4.1.2.1. *Datos desglosados por género y curso en el grupo de control*

En un primer análisis se clasificó el grupo de control en función del resultado obtenido y su categorización dicotómica como suspenso o aprobado, desglosando los casos por género y curso (figura 4-4).

Se pudo comprobar que el nivel de aprobados fue elevado indiferentemente del género (77,30% para el género masculino y 70,80% para el género femenino) y en ambos cursos, 3º (76,50%) y 4º (72,40%). La prueba de contraste de Fisher mostró que las diferencias entre los resultados por género y curso no fueron significativas para el nivel de significación utilizado en la investigación (1,000 y 0,742, respectivamente).

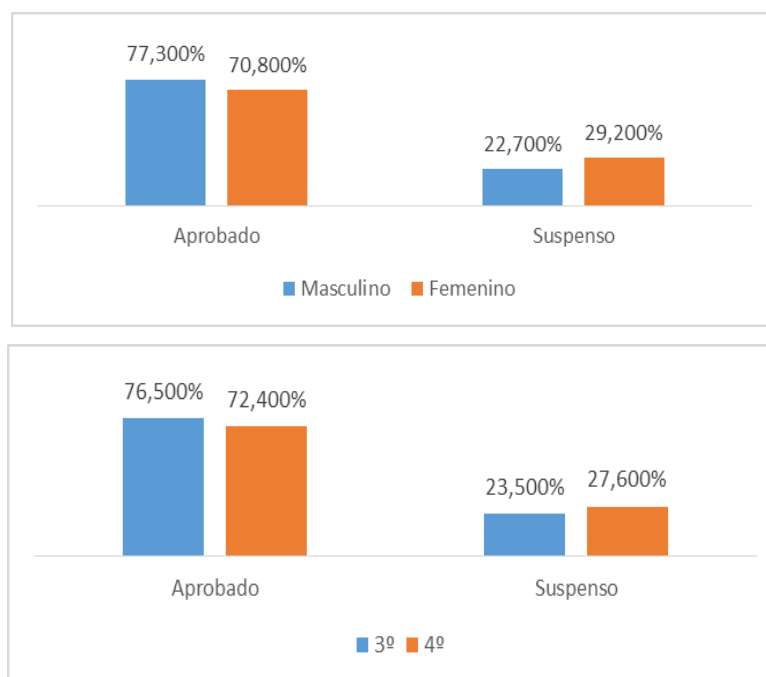


Figura 4-4. Clasificación de aprobado/suspense por género y curso.

Respecto a la variable “Calificación” (tabla 4-4), la media mostró valores superiores a cinco en todos los casos, destacando sutilmente los del género masculino y el curso de 3º. Por otro lado, todos los valores estaban próximos a la mediana, mostrando por tanto la distribución cierta simetría.

Se realizaron las pruebas de normalidad, aleatoriedad e igualdad de varianzas (Kolmogorov-Smirnov, Rachas y Levene), cumpliéndose las tres características necesarias para el uso de contrastes paramétricos. Se eligió como prueba de contraste la *t* de Student, ya que se trataba de grupos independientes, comparados dos a dos. Teniendo en cuenta que el nivel de significación era el 0,05, los resultados del *p* superiores a dicho valor mostraron que las diferencias entre las medias en relación al género y al curso no fueron estadísticamente significativas.

Tabla 4-4. Estadísticos descriptivos, prueba de normalidad y contraste de hipótesis de la calificación en el pre-test del grupo de control. Datos desglosados por género y curso.

Estadísticos descriptivos	Femenino	Masculino	3º	4º
Media	5,22	5,65	5,47	5,41
Mediana	5,50	5,50	5,50	5,50
Desviación estándar	1,29	1,32	1,12	1,42
Coefficiente de variación	24,71%	23,36%	20,48%	26,23%
Prueba de Kolmogorov-Smirnov	0,400	0,731	0,793	0,243
Prueba de Rachas	0,884	1,000	0,431	1,000
Prueba de Levene	0,090		0,937	
Prueba de t Student dif. medias	0,271		0,889	

Por último, se procedió a estudiar el nivel de calificación de los alumnos desglosado por género y curso (figura 4-5). Los resultados más destacados son:

- El alumnado del género masculino suspendió en menor proporción que el del género femenino.
- El alumnado del género masculino superó al del género femenino en las calificaciones más altas: notable alto y bajo.
- El alumnado del género femenino destacó por encima del género masculino en la calificación de “bien”, obteniendo más del 40%.

Respecto al curso, los de 4º obtuvieron un nivel de calificación más elevado, salvo algunos casos de 3º, en que casi el 6% de los alumnos obtuvieron un notable alto. Sin embargo, el estadístico de contraste U-Mann Whitney mostró que las diferencias por género y curso no fueron significativas (0,700 y 0,129).

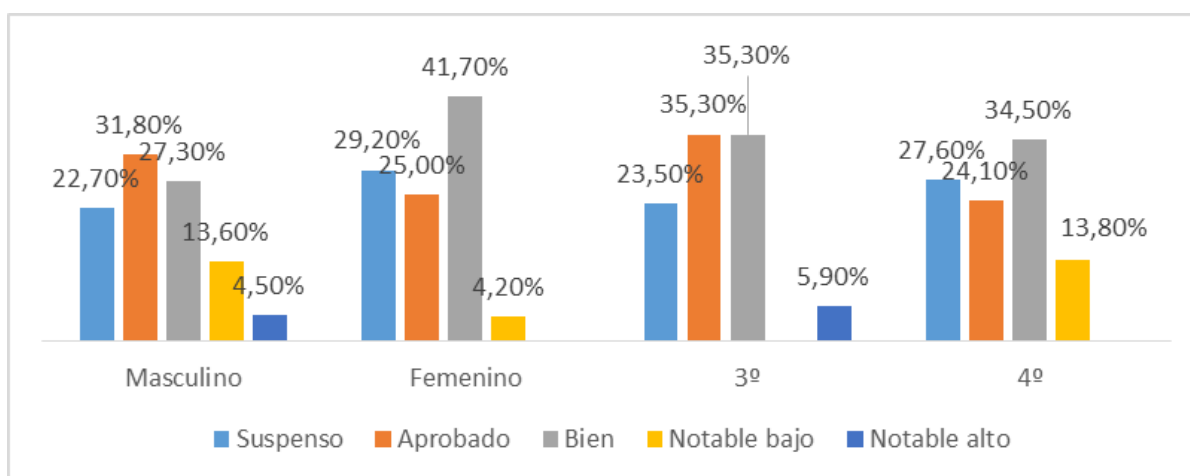


Figura 4-5. Nivel de calificación del grupo de control por género y curso.

4.1.3.- Análisis comparativo entre el pre-test y el post-test para el grupo de control

En relación a los resultados obtenidos en la prueba por el grupo de control, respecto a la clasificación de aprobado y suspenso (figura 4-6), se pudo observar una mejora en la calificación aun no habiendo participado en la intervención educativa fuera del aula, como muestra la proporción mayor de aprobados en la segunda prueba (post-test) y la significación de las diferencias (menor que 0,05). Una posible explicación es que la mayoría de los alumnos podrían tener suficientes conocimientos de Geociencias y, por tanto, al realizar el post-test solo tuvieron que centrarse en las preguntas que no supieron contestar correctamente en el pre-test.

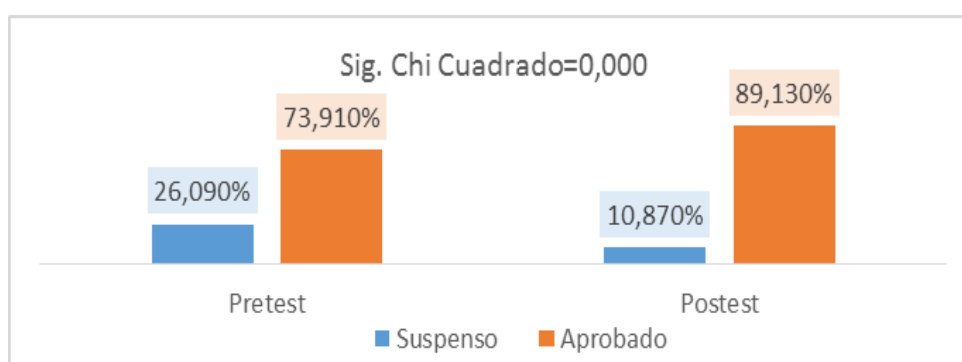


Figura 4-6. Diagramas de barras para aprobado o suspenso, pre-test y post-test del grupo de control.

Otro aspecto del análisis se llevó a cabo con las propias calificaciones (tabla 4-5), de manera que menos de cinco (< 5) se consideraba suspenso y un valor igual o superior (≥ 5) se consideraba aprobado. La media mostró que en ambos casos los valores superaron el cinco, pero en el post-test se aproximó a siete, dándose por tanto una mejora en las calificaciones. Por otro lado, la desviación respecto a la media fue algo mayor en el post-test. La mediana tomó valores muy próximos a la media, siendo esto un indicio de la existencia de cierta simetría. El coeficiente de asimetría mostró una posible simetría negativa, pero muy próxima a los valores que podemos considerar dentro de una distribución normal (0,5 y -0,5).

La curtosis del pre-test mostró una distribución aplanada respecto a la media, es decir, que los datos se distancian más del promedio que en una distribución normal y, por tanto, estaban menos próximos a él. Sin embargo, en el post-test la curtosis tomó un valor de cero, queriendo decir que la distribución era mesocúrtica. Parecía, por tanto, que después de la prueba los resultados se acercaron más al promedio.

Tabla 4-5. Estadísticos descriptivos calificaciones pre-test y post-test (grupo de control).

Estadístico	Pre-test	Post-test
Media	5,43	6,91
Mediana	5,50	7,00
Desviación estándar	1,31	1,54
Curtosis	-0,39	0,00
Coficiente de asimetría	-0,41	-0,39
Mínimo	2,50	3,00
Máximo	8,00	9,50
Prueba Kolmogorov-Smirnov	0,486	
Prueba <i>t Student</i>	0,000	

Al realizar la prueba de Kolmogorov-Smirnov para comprobar la normalidad, la significación fue mayor que 0,05, por tanto la distribución tendería a la normalidad. Esto permitió utilizar la prueba paramétrica de *t* de Student para grupos relacionados, cuya significación fue menor que 0,05. Se pudo concluir que las diferencias entre calificaciones fueron significativas a un nivel de confianza del 95%.

Se llevó a cabo un análisis similar al anterior, pero desglosado por género y curso (tabla 4-6). Los resultados mostraron una mejora en las calificaciones en ambos géneros, pero sobre todo el femenino, que pasó de un valor cercano a cinco a otro próximo a siete. La mediana se sitúa en valores próximos, lo que confirma la simetría de la distribución. Se da una mayor dispersión de los datos en el post-test, siendo similar en ambos géneros. Respecto al curso, la mayor diferencia entre ambos test se da en 4º, que partía de una calificación media inferior a 3º, pero obtuvo un valor superior a siete en la segunda prueba. La mayor dispersión de datos se da en 4º, tanto en el pre-test como en el post-test. En ambos casos, género y curso, la prueba de rangos de Wilcoxon, utilizada para contrastar la hipótesis de los resultados, muestra un *p* inferior a 0,05, por lo que las diferencias entre ambas pruebas son significativas al 95% de confianza. Se confirma que existe una mejora en las calificaciones en ambos sexos y en ambos cursos.

Tabla 4-6. Estadísticos descriptivos calificación. Desglose por género y curso. Pre-test y post-test. Grupo de control. Valores absolutos.

Estadísticos	Calificación pre-test		Calificación post-test		Calificación pre-test		Calificación post-test	
	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino	3°	4°	3°	4°
Media	5,23	5,67	6,92	6,91	5,47	5,41	6,21	7,33
Mediana	5,50	5,50	7,00	7,00	5,50	5,50	6,50	7,50
Moda	6,00	6,50	6,00	7,00	5,50	6,50	7,00	9,00
Desviación estándar	1,29	1,35	1,57	1,54	1,12	1,43	1,32	1,53
Curtosis	-0,55	-0,64	-0,31	0,70	1,31	-0,82	-0,27	0,70
Coefficiente de asimetría	-0,74	-0,17	-0,20	-0,64	-0,07	-0,49	-0,51	-0,67
Mínimo	2,50	3,00	3,50	3,00	3,00	2,50	3,50	3,00
Máximo	7,00	8,00	9,50	9,50	8,00	7,50	8,50	9,50

Prueba de Wilcoxon femenino pre-test/post-test	0,000	Prueba de Wilcoxon 3° pre-test/post-test	0,000
Prueba de Wilcoxon masculino pre-test/post-test	0,000	Prueba de Wilcoxon 4° pre-test/post-test	0,000

Respecto al nivel de calificaciones (tabla 4-7), una vez más desglosado por género y curso, se pudo comprobar que el mayor número de suspensos se daba entre el género femenino (29,20%), con poca diferencia con el masculino (22,70%) y entre los alumnos de 4° (27,60%), también con poca diferencia respecto a los de 3° (23,50%). El género masculino parte de una mayor proporción de aprobados respecto al femenino, teniendo en cuenta los niveles iguales o superiores al “Aprobado”. Algo similar sucedió con los alumnos de 4°, que también tenían unas calificaciones de partida por encima del “Aprobado” (“Bien” + “Notable”) más elevadas (48,30%) que 3° (41,20%), algo lógico teniendo en cuenta que sus conocimientos en Geociencias son mayores.

Tabla 4-7. Nivel de calificación pre-test y post-test y contraste U-Mann-Whitney. Desglose por género y curso (grupo de control).

Nivel de calificación	Masculino	Femenino	3°	4°
Suspense	22,70%	29,20%	23,50%	27,60%
Aprobado	31,80%	25,00%	35,30%	24,10%
Bien	27,30%	41,70%	35,30%	34,50%
Notable bajo	13,60%	4,20%	0,00%	13,80%
Notable alto	4,50%	0,00%	5,90%	0,00%
U. Mann Whitney	0,551		0,776	

Por tanto, podemos concluir para el grupo de control (46 alumnos) lo siguiente:

- En relación a los índices de facilidad y discriminación, los resultados fueron aceptables en ambos casos.
- En lo relativo al análisis descriptivo de la muestra y resultados del pre-test, el grupo de control estaba conformado por el género femenino y masculino en un porcentaje similar y sobre todo por alumnos de 4º, habiendo aprobado el test la mayoría de ellos, situándose el nivel de calificación entre el “Aprobado” y el “Bien”.
- Respecto a los datos desglosados y en relación a la variable “Aprobado / Suspenso”, eran bastante similares en relación al género y al curso. Sin embargo, se daban notas algo superiores en los alumnos de 4º y en el género masculino.
- En relación a los datos comparados, hubo una mejora en la variable “Aprobado / Suspenso” y también en lo relativo a la variable “Calificación” global. Esta situación se dio tanto a nivel de género como de curso.

4.2.- Análisis de los resultados de la investigación en el pre-test. Muestra completa.

Procedimos a analizar los resultados de la prueba para el total de la muestra (727 alumnos), comenzando por los índices de facilidad y discriminación, para comprobar la validez de la prueba; en una segunda fase realizamos un estudio descriptivo de la muestra completa, con todos los alumnos que hicieron el test inicial; una vez depurada la muestra, procedimos a comparar los resultados del pre-test y el post-test, con un desglose similar al grupo de control; por último, en el análisis del grupo de control habíamos comprobado que el grupo con peores calificaciones parecía mejorar en mayor medida que el que tuvo mejores notas, por lo que realizamos este mismo análisis para el total de la muestra.

4.2.1.- Índices de Facilidad y Discriminación en el pre-test

Los resultados de los Índices de Facilidad y Discriminación (figura 4-7) mostraron que más de la mitad de los ítems podrían considerarse de dificultad media, siendo los fáciles o muy difíciles una proporción muy baja sobre el total (el 10%, equivalente a dos preguntas de las veinte totales de las que consta el cuestionario cognitivo). Por tanto, el nivel de facilidad fue aceptable para este tipo de prueba, ya que la mayoría se situaban en niveles intermedios y había un porcentaje considerable de preguntas con grados de dificultad elevados (> 35%).

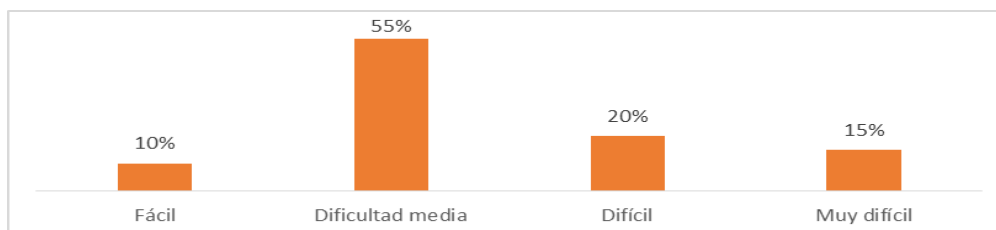


Figura 4-7. Porcentaje de dificultad de cada ítem sobre el total.

En segundo lugar, se calcularon los estadísticos descriptivos de posición y dispersión para los Índices de Facilidad y Discriminación (tabla 4-8). En el primero de ellos, el promedio confirmó que el grado de dificultad tenía un nivel intermedio y en el segundo que la discriminación fue excelente, de hecho en todos los ítems sucedió lo mismo.

Tabla 4-8. Estadísticos descriptivos de índices de facilidad y discriminación.

Estadístico	I. Facilidad	I. Discriminación
Promedio	0,57	0,51
Desviación típica	0,17	0,11
Coefficiente de variación	30,79%	21,15%

El grado de dispersión, medido de forma absoluta por la desviación típica y relativa por el coeficiente de variación, mostró unos valores elevados, se daba una mayor variabilidad en el grado de facilidad, siendo algo más baja la del índice de discriminación. La media puede verse afectada por la elevada dispersión, que indica resultados muy dispares, en este caso en el nivel de dificultad.

4.2.2 Análisis descriptivo de los alumnos del pre-test

Para llevar a cabo el análisis descriptivo, se utilizaron todas las respuestas válidas en el pre-test, incluidos los alumnos de control y los que no realizaron la prueba posterior. Estas fueron depuradas para el análisis comparativo con el post-test. De esta forma, utilizando la muestra completa, se pudo tener una aproximación más representativa de los alumnos que intervinieron en la experiencia, tanto en el desglose por género (hombre y mujer) y curso (3º o 4º), como por las calificaciones iniciales obtenidas.

En primer lugar se clasificó la muestra en función del género y el curso (figura 4-8), de forma que tuviéramos una primera aproximación. En relación al género, aunque la mayoría de la muestra fue de género femenino (50,34%), la diferencia con los alumnos fue poco significativa, aproximándose ambos porcentajes. Sin embargo, al analizar el curso sí

se dieron diferencias claras a favor de los alumnos de 4º curso, con casi el 60% del total de la muestra.

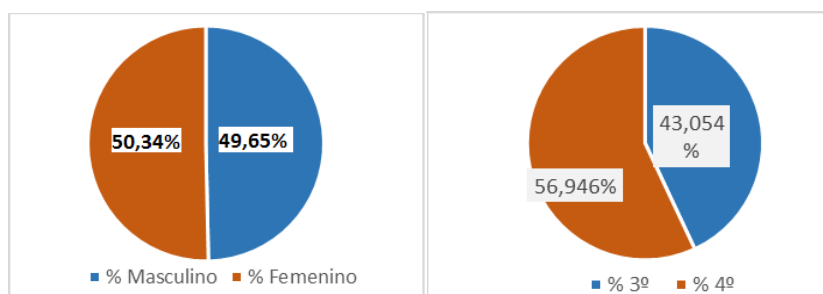


Figura 4-8. Clasificación de la muestra pre-test por género y curso. Porcentaje sobre el total.

En relación al centro educativo de procedencia (figura 4-9), se pudo observar que la mayoría de alumnos, con porcentajes próximos al 10%, estudiaban en los siguientes centros educativos: Meléndez Valdés (Villafranca de los Barros), Santa Lucía del Trampal (Alcuéscar), Maestro Juan Calero (Monesterio) y Al-Qaceres (Cáceres), tomando los valores más bajos (próximos al 1%), los centros educativos de Cáparra (Zarza de Granadilla) y Vía de la Plata (Casar de Cáceres).

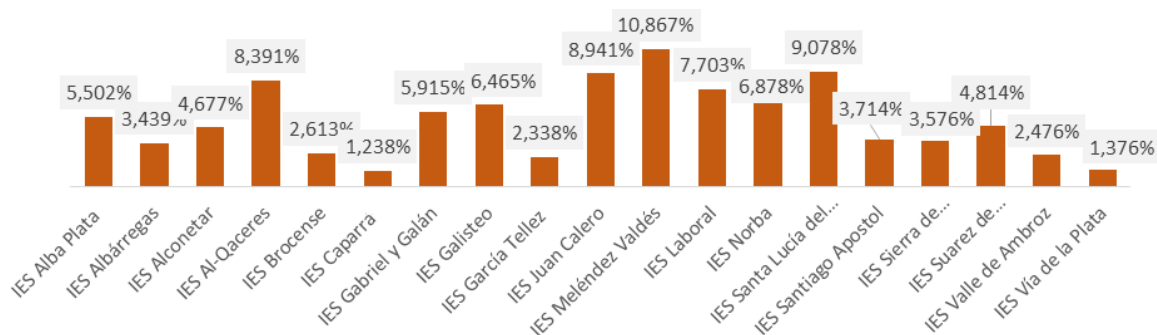


Figura 4-9. Clasificación de la muestra por centro educativo. Porcentaje sobre el total.

En un segundo análisis, combinamos los diferentes institutos que intervinieron en la experiencia educativa con las variables “género” y “curso” (figura 4-10). Los institutos donde existe un porcentaje similar de alumnas y alumnos son Maestro Juan Calero (Monesterio) y Meléndez Valdés (Villafranca de los Barros). Sin embargo, en el resto se dan diferencias a favor de ambos géneros, como ejemplo respecto a los alumnos del género masculino tenemos el Alba Plata (Fuente de Cantos) y respecto a los alumnos del género femenino, el Al-Qázeres (Cáceres).

En relación al curso del alumnado, en la mayoría de los centros educativos donde había alumnos de 3º y 4º, los primeros fueron mayoritarios, excepto en el IES Universidad Laboral (Cáceres), donde el porcentaje mayor se dio en los alumnos de 4º. En el IES Gabriel y Galán (Plasencia), así como en Sierra de Montánchez (Montánchez), la muestra fue muy similar en ambos cursos. Por otro lado, institutos como el IES Alba Plata (Fuente de Cantos) solo aportaron alumnos de 4º y otros como El Brocense (Cáceres), de 3º.

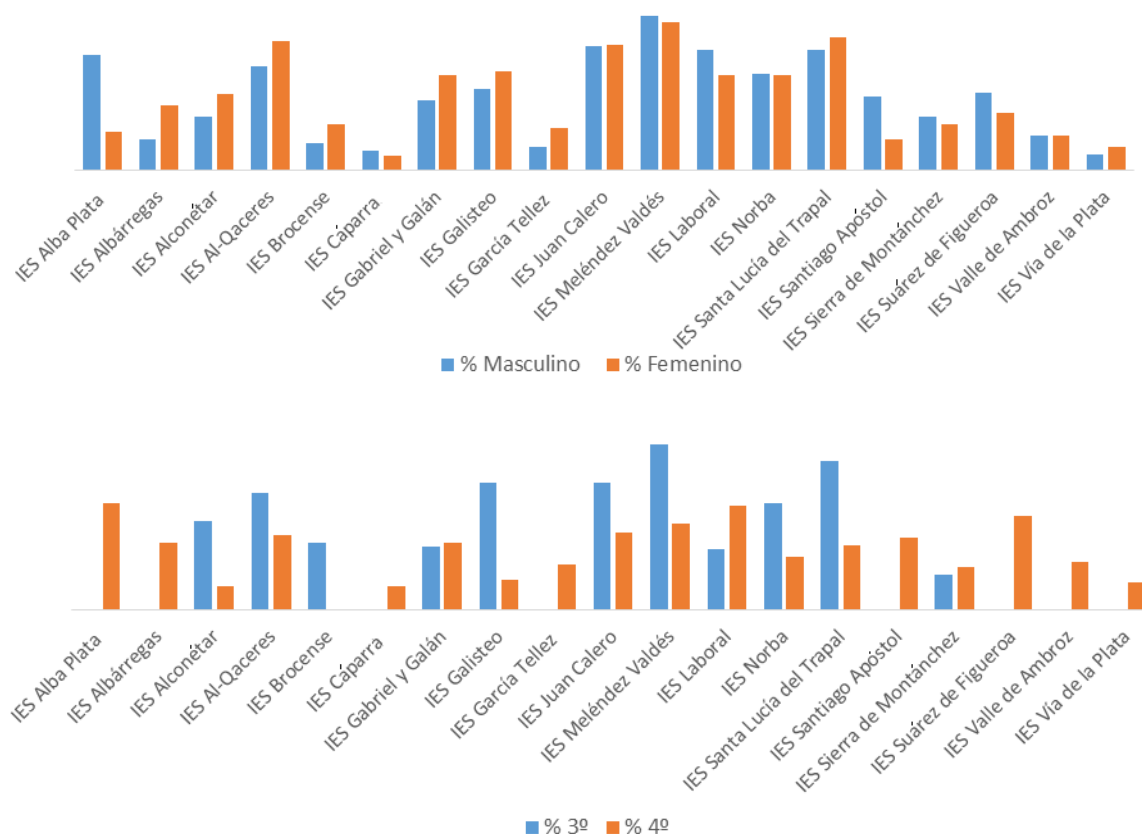


Figura 4-10. Clasificación de la muestra por centro educativo, género y curso. Porcentaje sobre el total.

4.2.3 Calificaciones obtenidas en el pre-test

El segundo análisis lo basamos en las calificaciones obtenidas por los alumnos en el pre-test, de manera que tuviéramos un “estado de la situación” relacionado con los conocimientos del alumnado y nivel del mismo. Utilizamos la variable dicotómica aprobado/suspenseo y el nivel de calificación, de forma similar al análisis del grupo de control (figura 4-11).

En primer lugar, en relación a los valores totales relativos a la superación de la prueba y las calificaciones obtenidas, comprobamos que la mayoría de ellos contaban con conocimientos suficientes, ya que aprobaron el test, siendo la proporción del 72,76%.

Respecto a los niveles de calificación, la mayoría se situaron en el “Aprobado” y “Bien”, por tanto, tomaron las puntuaciones más bajas. Los “Sobresalientes” no fueron reseñables (0,55%), el 6,46% tuvo una calificación de “Notable alto” y el 11,41% obtuvo un “Notable bajo”.

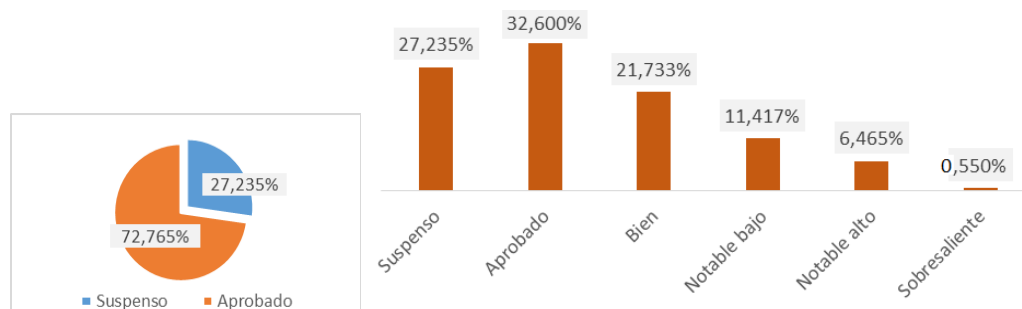


Figura 4-11. Alumnos aprobados y suspensos y por nivel de calificación. Clasificación por género. Porcentaje sobre el total.

En ambos casos y a un nivel de confianza del 95%, la significación de la prueba Chi Cuadrado fue menor que 0,05, por tanto, rechazamos la hipótesis nula y concluimos que sí hay diferencias significativas en el número de aprobados y suspensos, en función del género y del curso (tabla 4-9).

Tabla 4-9. Contraste de hipótesis “Aprobado/suspenso” por género y curso del pre-test. Prueba Chi Cuadrado.

Aprobado/Suspenso	
Prueba Chi Cuadrado género	00,017
Prueba Chi Cuadrado curso	00,000
<0,05, rechazamos Ho	

4.2.4.- Calificaciones desglosadas por género y curso en el pre-test

Respecto al género y el curso, en relación a la superación o no de la prueba, en la muestra obtenida observamos que la proporción de alumnos que superaron la prueba fue mayor (76,73%) que la de alumnas (68,85%). En relación al curso, los de 4º aprobaron en mayor medida (78,02%) que los de 3º (21,98%), con diferencias mayores que en el caso del género (figura 4-12).

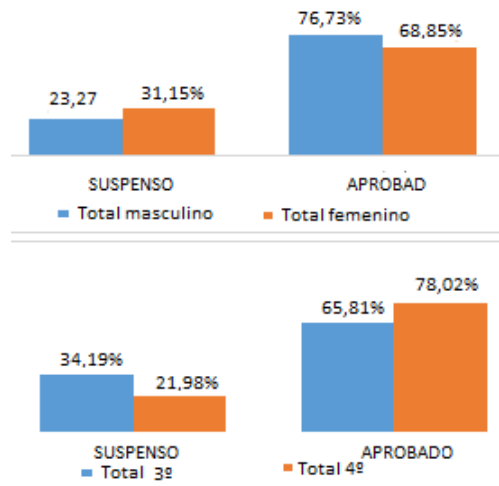


Figura 4-12. Aprobados y suspensos por género y curso. Porcentaje sobre el total.

En lo relativo al nivel de calificación (figura 4-13), desglosado por género, en los más altos (“Notable bajo” y Notable alto”) se da cierta paridad entre ambos géneros, aunque quienes consiguen una nota de nueve o superior son alumnas, que también superan a los alumnos en el nivel de entre seis y siete (“Bien”). En las calificaciones “Aprobados” los alumnos del género masculino son mayoría, al contrario que en los que no superaron la prueba, donde el género femenino fue más numeroso.

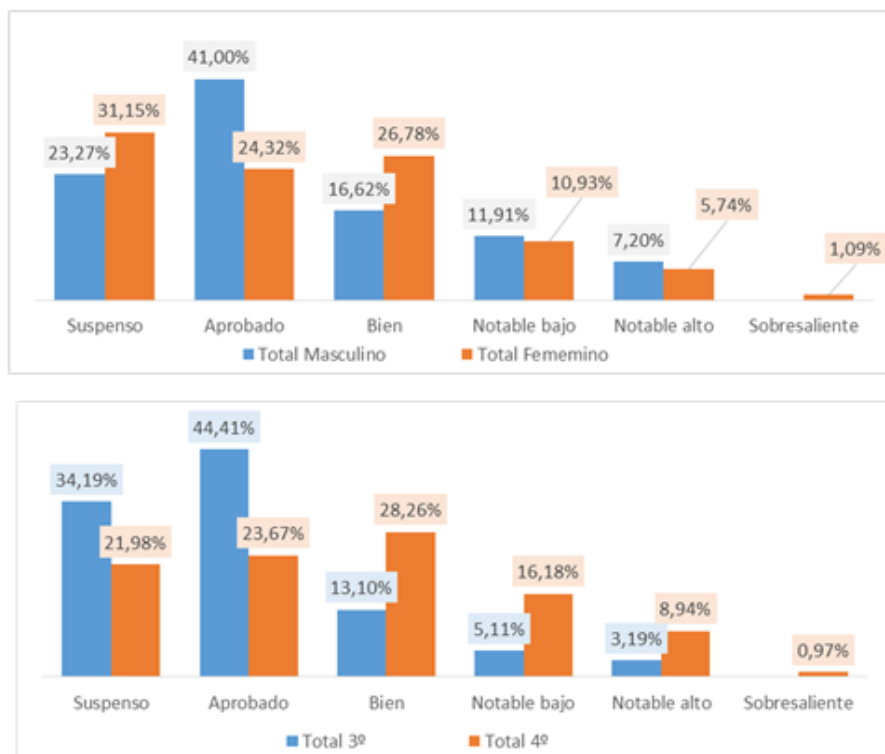


Figura 4-13. Alumnos nivel de calificación por género y curso. Porcentaje sobre el total.

Al clasificar los alumnos en función del curso, se puede comprobar que aprobaron un mayor número de alumnos de 4º y a su vez estos obtuvieron mayores calificaciones, dándose diferencias importantes en todos los niveles, sobre todo en las calificaciones “Aprobado” y “Notable bajo”. Por otro lado, solo obtuvo un “Sobresaliente” una alumna de 4º curso.

Por último, se llevó a cabo una comparación de las variables agrupándolas por género y curso por medio de tablas cruzadas y gráficos de barras (figura 4-14). El objetivo era observar, de forma descriptiva, algunos indicios que pudieran servir en futuras investigaciones.

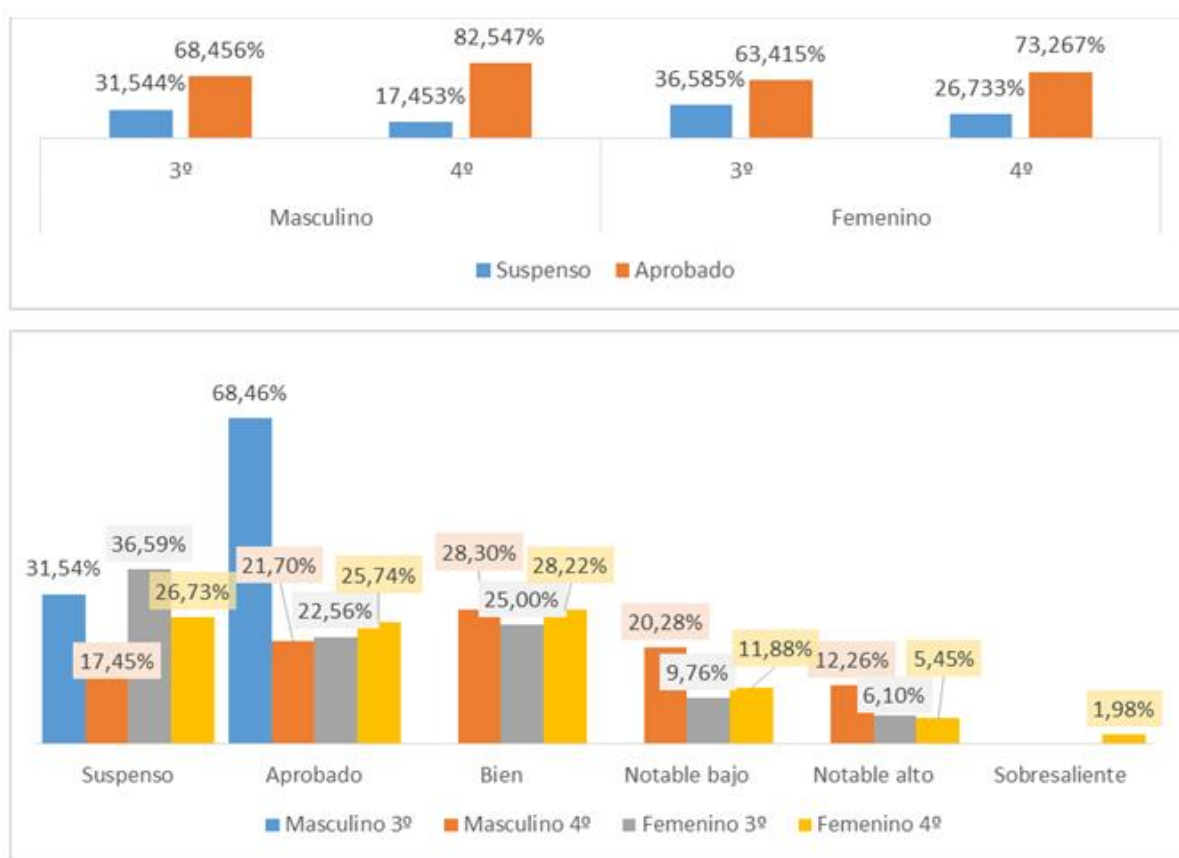


Figura 4-14. Alumnos aprobados/suspensos y nivel de calificación por género y curso. Porcentaje sobre el total.

En primer lugar, la diferencia entre el alumnado de 3º y de 4º que aprobó, al igual que el que no superó la prueba, fue más pronunciada en el género masculino que en el femenino. También observamos que los alumnos de 4º aprobaron en mayor medida que los de 3º en ambos géneros, destacando una vez más los alumnos, que superaron el 80%.

En relación al nivel de calificación, los alumnos de 3º de ambos géneros que suspendieron fueron más numerosos que los de 4º, dándose los valores más elevados en los alumnos de 3º y en las alumnas de 3º. A partir del nivel de calificación “Aprobado” no hubo alumnos de 3º y en las notas más altas destacan los alumnos de 4º curso. Sin embargo, en los niveles de calificación que superaron la prueba aparecen alumnas de 3º, sobre todo en “Aprobado” y “Bien”. Se dan porcentajes llamativos de alumnas de 3º en los niveles de calificación de “Notable alto” y “Notable bajo”.

En relación a las diferencias entre los alumnos en el nivel de calificación, el estadístico de contraste elegido, debido a las cuestiones metodológicas expuestas en el apartado correspondiente, fue la U de Mann-Whitney (tabla 4-10). En lo relativo al género y el curso del alumno, los resultados tomaron valores inferiores al 0,05, por tanto, a un nivel de confianza del 95% debemos rechazar la hipótesis nula y considerar que las diferencias entre los grupos fueron significativas.

Tabla 4-10. *Contraste de hipótesis nivel de calificación pre-test. Prueba de U de Mann-Whitney.*

Nivel de calificación	
U de Mann-Whitney género	0,001
U de Mann-Whitney curso	0,000
<0,05, rechazamos Ho	

En definitiva, a modo de resumen, los resultados mostraron que:

- Respecto al género:
 - 1º) Superaron la prueba del pre-test un mayor número de alumnos que de alumnas.
 - 2º) Dentro de los que aprobaron el pre-test, el género femenino obtuvo mejores calificaciones.
- Respecto al curso:
 - 1º) Los alumnos de 3º ESO superaron la prueba del pre-test en una mayor proporción que los de 4º ESO, pero estos obtuvieron mejores calificaciones.

4.3.- Resultados comparativos entre el pre-test y el post-test en la muestra depurada

Llevamos a cabo nuevamente un análisis descriptivo con el que comprobar los resultados de las dos pruebas realizadas, el pre-test y el post-test, esta vez con la muestra

depurada. Con posterioridad, realizamos una agrupación de las calificaciones entre los que igualaron o superaron el cinco (aprobados) y los que no lo hicieron (suspensos). Además, para obtener un mayor detalle en las puntuaciones de las pruebas, procedimos a clasificarlas en niveles de calificación: suspenso, aprobado, bien, notable bajo, notable alto y sobresaliente.

Por último, realizamos un contraste de hipótesis utilizando los estadísticos adecuados para cada tipo de variable. Al no seguir los datos una distribución normal, optamos por los contrastes no paramétricos. Utilizamos la Chi Cuadrado para variables dicotómicas y los rangos de Wilcoxon para las de razón y ordinales.

4.3.1.- Análisis descriptivo y contraste de hipótesis de aprobados y suspensos

Respecto al número de aprobados y suspensos (figura 4-15), las proporciones en ambos casos fueron muy similares, por lo tanto, a priori, la intervención educativa no parece haber influido en el número de alumnos aprobados. Así, aunque las calificaciones sí parecieron mejorar, el número de aprobados a nivel global no siguió el mismo camino.

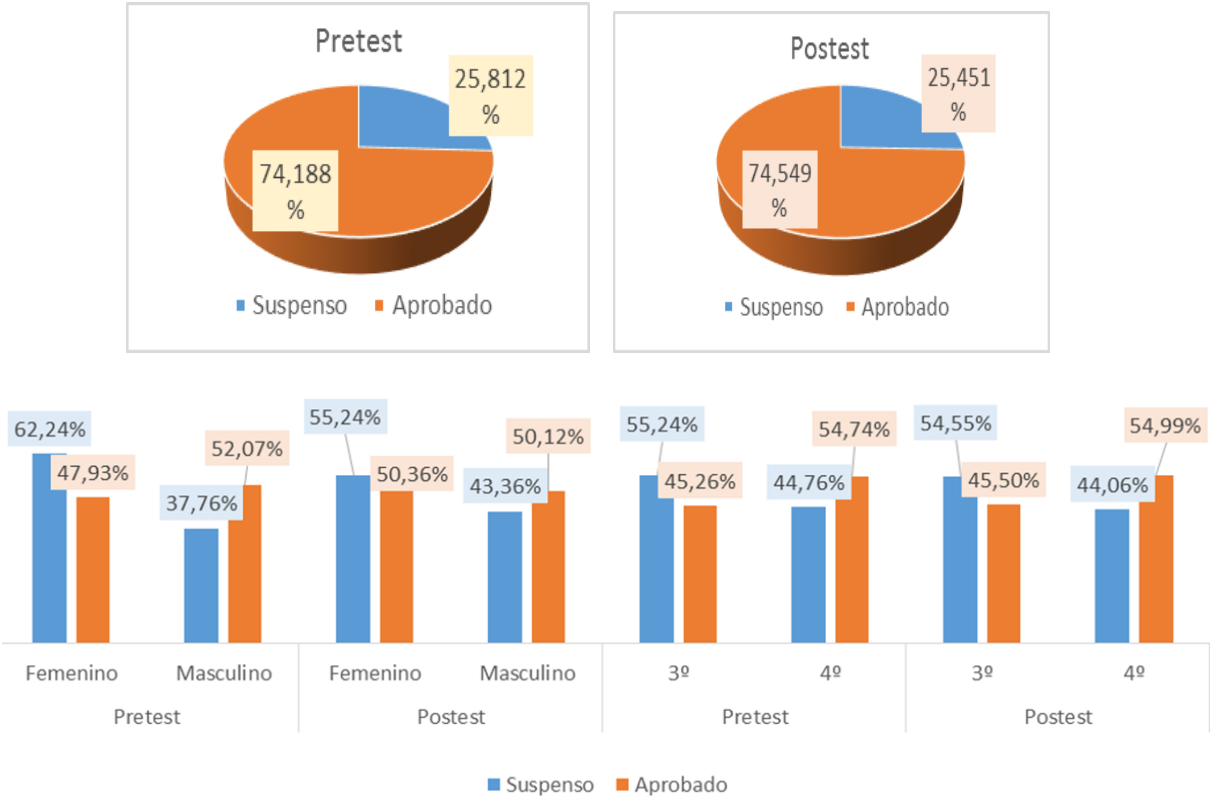


Figura 4-15. Resultados pre-test y post-test: Aprobados-Suspensos, globales y desglosados por género y curso. Porcentajes sobre total.

Respecto al género, la proporción de aprobados en la primera prueba fue mayor en el género masculino (más del 50%) que en el femenino (menos del 50%). En la segunda prueba los valores de las mujeres mejoraron, con más aprobados que en la primera; sin embargo, se produce un incremento del porcentaje de hombres suspensos, que podría ser un indicio de posibles respuestas al azar en el pre-test por parte de algunos alumnos. Respecto al curso, los de 3° suspendieron en mayor medida que los de 4° en el pre-test, pero en ambos casos los resultados mejoraron en el post-test, sobre todo entre los de 3°.

Para confirmar o rechazar los resultados del análisis utilizamos un contraste de hipótesis basado en el estadístico Chi Cuadrado (tabla 4-11), que recordemos permite comparar proporciones entre dos muestras o poblaciones. En todos los casos la significación fue mayor que 0,05 y por tanto, se aceptó la hipótesis nula y no hubo diferencias significativas entre los alumnos del pre-test y el post-test. De esta forma, aunque el análisis descriptivo parecía mostrar ciertas disparidades entre los resultados, estas pudieron ser debidas al azar.

Tabla 4-11. *Contraste Chi Cuadrado aprobados/suspensos, dato global, desglosado por género y curso.*

Prueba de Chi Cuadrado				
Global pre-test/post-test	Femenino pre-test/post-test	Masculino pre-test/post-test	3° pre-test/post-test	4° pre-test/post-test
0,933	0,314	0,374	0,201	0,115

4.3.2.- Análisis descriptivo y contraste de hipótesis de las variables “Calificaciones” y “Nivel de calificación”

Respecto a los datos globales (tabla 4-12), se observa que la media es similar en ambos casos, aunque ligeramente superior en el post-test que en el pre-test. La mediana, sin embargo, coincide en las dos pruebas y toma un valor de 6,000. Respecto a la variabilidad de los datos, la desviación típica parece elevada, como confirma el coeficiente de variación relativa (valores próximos o superiores al 30%), siendo mayor en la muestra de género masculino en las calificaciones del pre-test. La asimetría parece situarse en valores normales, no así la curtosis.

Tabla 4-12. Estadísticos descriptivos calificaciones pre-test y post-test. Datos globales, desglose por género y curso.

Estadísticos	Calificación pre-test	Calificación post-test
Media	5,698	5,966
Mediana	6,000	6,000
Desviación típica	1,5778	1,9279
Coefficiente Variación	27,69%	32,32%
Asimetría	-0,265	-0,456
Curtosis	0,053	-0,456

Estadísticos	Calificación pre-test		Calificación post-test		Calificación pre-test		Calificación post-test	
	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino	3°	4°	3°	4°
Media	5,509	5,770	5,899	6,174	5,425	5,948	5,611	6,291
Mediana	5,500	6,000	6,000	6,500	5,500	6,000	5,500	6,500
Desviación típica	1,6214	1,926	1,5069	1,9121	1,6491	1,4681	2,1146	1,6782
Coefficiente de Variación	29,43%	33,37%	25,54%	30,97%	30,40%	24,68%	37,68%	26,68%
Asimetría	-0,069	-0,327	-0,477	-0,611	-0,378	-0,007	-0,274	-0,485
Curtosis	0,183	-0,577	0,073	-0,209	-0,137	-0,103	-0,952	0,131

Respecto a la clasificación por género, el promedio mostró unas calificaciones algo más elevadas en el género masculino, aunque en ambos géneros hubo una mejora en el post-test. La mediana es casi idéntica en las alumnas en el pre-test, tomando la mayor distancia respecto al promedio en los hombres en el post-test.

La desviación típica y el coeficiente de variación muestran una menor dispersión de los datos (respecto a la media) en las alumnas, en ambas pruebas. La asimetría parece situarse en valores normales, salvo en el post-test (-0,611 en el género masculino) y la curtosis muestra distribuciones no normales en todos los casos.

Al analizar la muestra por cursos, comprobamos que los de 4° obtuvieron mejores calificaciones que los de 3°, con una diferencia de aproximadamente medio punto porcentual entre ambas pruebas. Por otro lado, se da una menor dispersión en los alumnos de 4°, tanto absoluta como relativa y esta toma el mayor valor en los alumnos de 3° en el post-test (37,68%). En relación a la asimetría, esta toma valores normales en todos los casos y respecto a la curtosis, esta muestra valores no normales, siendo el más elevado el de los alumnos de 3° de la segunda prueba, que además es negativo, lo que indica una distribución platicúrtica o aplastada.

Se quiso asegurar la ausencia de normalidad en la distribución, un aspecto importante para elegir las pruebas de contraste de hipótesis. Por este motivo, procedimos a realizar los histogramas de los datos globales y desagregados por género de la variable “calificación”, incluyendo la curva de la distribución normal, a efectos comparativos (figura 4-16).

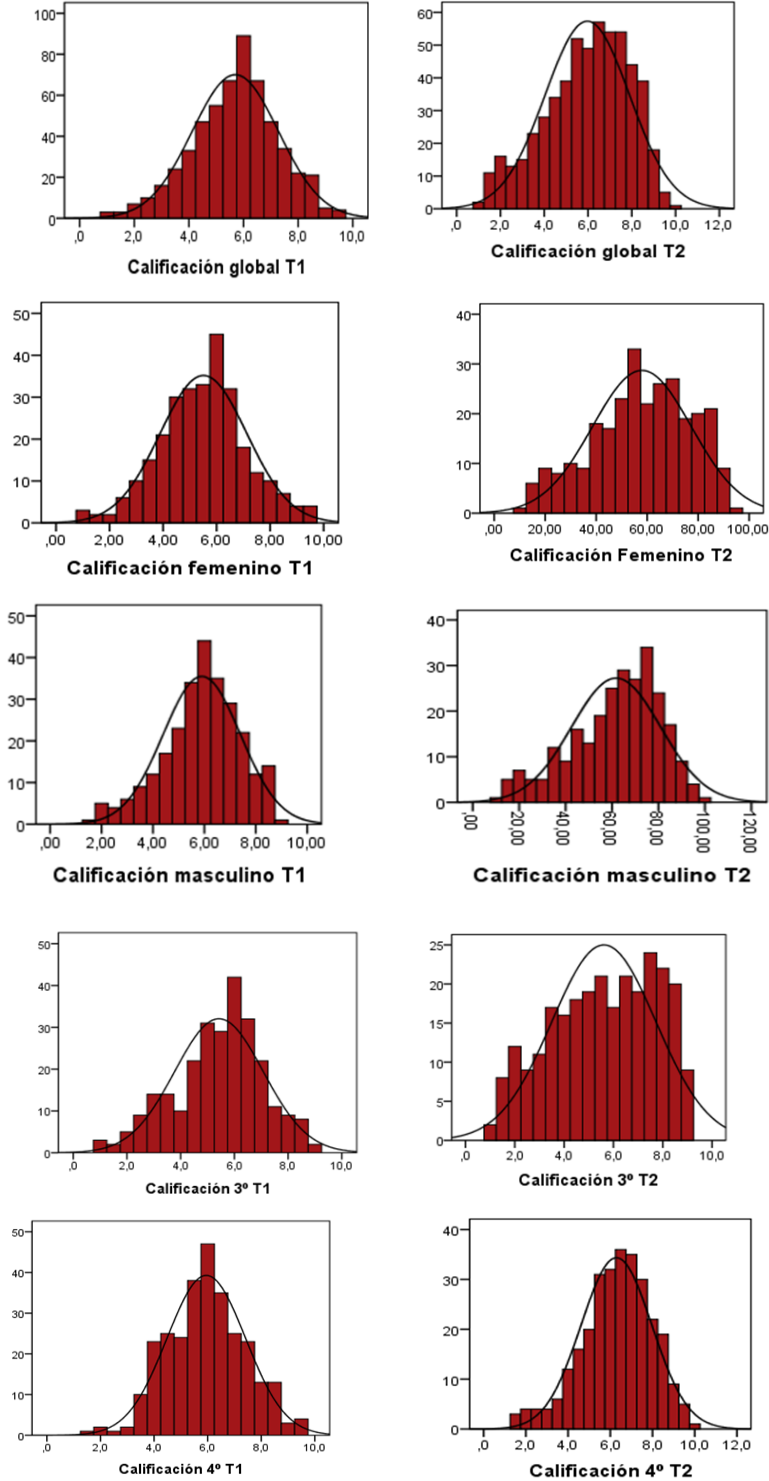


Figura 4-16. Histograma de calificación global y por género con curva de distribución normal. Pre-test (T1) y post-test (T2)

Empezando por la calificación global, observamos que en el pre-test la distribución es simétrica y coincide prácticamente con la normal, salvo el dato de la mediana, que se sitúa más arriba, alargando la forma de la distribución. En el post-test, la asimetría se desplaza a la izquierda, situándose la mayoría de los datos a la derecha de la mediana de la distribución.

En relación al género femenino, el pre-test mostró una distribución con cierta similitud al dato global, pero con una ligera asimetría a la izquierda, que se acentúa aún más en el post-test. Algo similar sucede con el género masculino, pero en este caso, aunque la asimetría en el pre-test es similar al otro género, la del post-test es menos pronunciada.

Respecto a los cursos, los alumnos de 3º en la primera prueba (pre-test) muestran una elevada dispersión respecto a la media, mientras que en la segunda (post-test), la mayoría de valores se sitúan a la derecha y, por tanto, mejorando. En relación al alumnado de 4º, en ambas pruebas sus datos se aproximan a la curva de la distribución normal, sobre todo en el post-test.

Los histogramas nos aportaron una información inicial de interés: las calificaciones mejoran después de la prueba, tanto en los datos globales como en los desagregados por género. Por tanto, se da una mejora en los conocimientos de los alumnos después de la intervención educativa, algo que confirmamos con posterioridad por medio de los contrastes de hipótesis entre los resultados antes y después de la experiencia.

Para confirmar este aspecto utilizamos los estadísticos de Kolmogorov-Smirnov que contrastan la normalidad y que consideran como hipótesis nula que la distribución cumple este criterio. En nuestra investigación toman valores inferiores a 0,05 en todos los casos, rechazándose por tanto la hipótesis nula y aceptándose que la distribución no es normal. Por este motivo, se optó por las pruebas no paramétricas en el contraste de hipótesis de los resultados obtenidos antes y después de la intervención educativa.

Como prueba de contraste, escogimos la de Wilcoxon (tabla 4-13), ya que es la adecuada entre las no paramétricas para aquellas muestras que están relacionadas, como vimos en la metodología. En este caso, son la misma muestra antes y después de un experimento, por tanto, hay relación entre ellas. Los resultados ofrecieron valores inferiores a 0,05 y por este motivo, se consideró que las diferencias en las calificaciones antes y después de la experiencia educativa fueron significativas. Hubo una mejora clara en todos los casos, después de realizar el experimento.

Tabla 4-13. *Contraste de hipótesis prueba de Wilcoxon para calificaciones entre el pre-test y el post-test. Datos globales y desglose por género y curso.*

Prueba de Wilcoxon				
Global pre-test/post-test	Femenino pre-test/post-test	Masculino pre-test/post-test	3° pre-test/post-test	4° pre-test/post-test
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

En una segunda fase, se procedió con las variables cualitativas: aprobado/suspense, que es dicotómica, y nivel de calificación, de tipo ordinal. En ambos casos comenzamos con un análisis descriptivo y con posterioridad, llevamos a cabo un contraste de hipótesis para comprobar si los resultados fueron o no significativos.

4.3.3.- Análisis descriptivo y contraste de hipótesis de la variable “Nivel de calificación”. Valores globales, y desglosados por género y curso.

Una vez clasificadas las calificaciones por niveles, según se explicó en la metodología, procedimos a estudiar esta variable ordinal (figura 4-17).

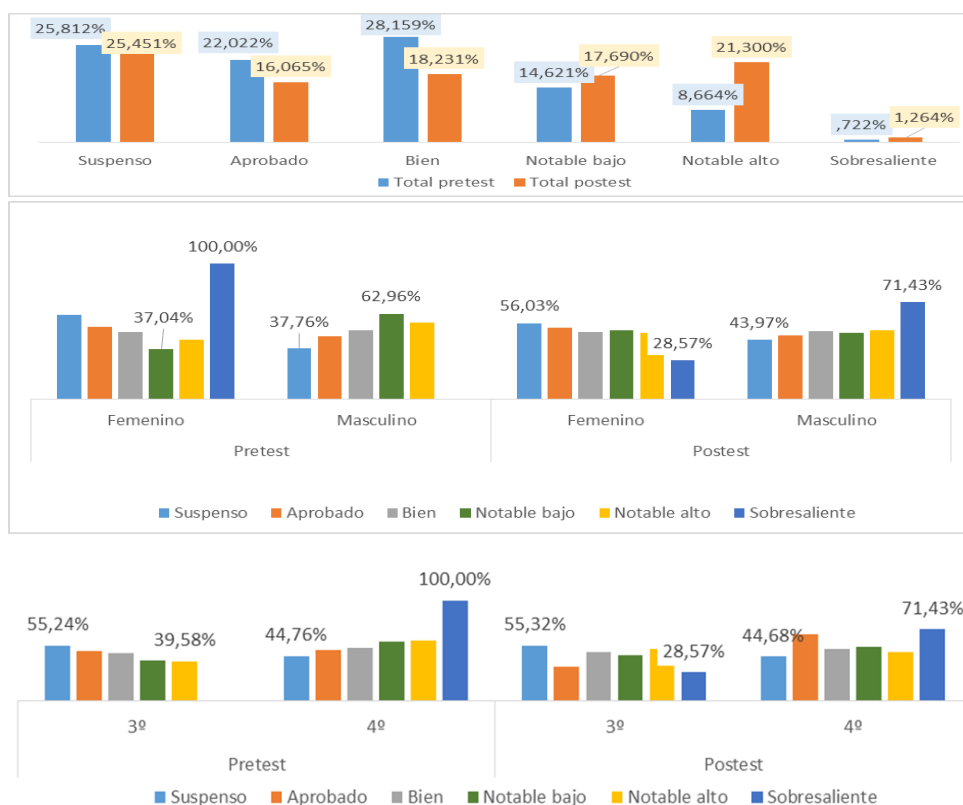


Figura 4-17. *Resultados pre-test y post-test nivel de calificación. Globales y desglosado por género y curso. Porcentajes sobre total.*

Los gráficos muestran que los niveles de calificación más bajos son mayores en el pre-test que en post-test, no así los más altos, “Notable bajo”, “Notable alto” y “Sobresaliente”. Por tanto, pareció darse una mejora en los niveles de calificación después de la prueba educativa. Respecto al desglose por género en el pre-test, el porcentaje de suspensos y aprobados fue superior en mujeres que en hombres, invirtiéndose dichas proporciones en el resto de calificaciones, salvo el “Sobresaliente”, donde destaca el género femenino, no dándose ningún valor entre los hombres. Sin embargo, en el post-test, los valores fueron muy similares, además de repartirse los “Sobresalientes”, de forma que el género masculino obtuvo el mayor número de ellos, respecto al femenino.

En relación al curso, en el pre-test se dan menores proporciones en los alumnos de 3º respecto a los de 4º, que son los que obtienen todos los “Sobresalientes”. En el post-test los valores tienden a igualarse, consiguiendo un “Sobresaliente” casi el 30% de los alumnos de 3º y superando además a los de 4º en el nivel de calificación “Bien” y “Notable alto”. Por tanto, parece darse una mejora en ambos cursos, pero sobre todo en 3º.

En última instancia se quería conocer si las diferencias que se daban en los niveles de calificación eran estadísticamente significativas. Para llevar a cabo el contraste de hipótesis, fue utilizada la prueba de los rangos de Wilcoxon (tabla 4-14), ya que es el contraste más adecuado para variables ordinales. Los valores fueron en todos los casos inferiores a 0,05, por lo que se debe rechazar la hipótesis nula y aceptar la alternativa, es decir, que las diferencias son significativas.

Tabla 4-14. Prueba de los rangos de Wilcoxon para nivel de calificación.

Dato	P. Wilcoxon
Global	0,000
Masculino	0,015
Femenino	0,000
3º	0,000
4º	0,020

4.4.- Efectos de la intervención educativa en los alumnos por cuartil

A lo largo de la investigación pudimos percibir que los alumnos con peores calificaciones parecían mejorar de forma considerable después de la prueba. Por otro lado, quisimos comprobar si el análisis descriptivo nos aportaba información sobre posibles incongruencias entre los estudiantes situados en el primer y tercer cuartil. Para confirmar ambos aspectos, utilizamos dos submuestras: la primera con el percentil del 25% de los que tuvieron las calificaciones más bajas y la segunda, con el grupo del 25% de calificaciones más altas. De esta forma, comenzamos por un análisis descriptivo y continuamos con el estudio de la normalidad y el contraste de hipótesis del pre-test y el post-test.

4.4.1 Análisis descriptivo del grupo perteneciente al primer cuartil

Llevamos a cabo un análisis del grupo de alumnos que intervinieron en la experiencia educativa y obtuvieron las calificaciones más bajas. Previamente quisimos conocer la proporción de alumnos pertenecientes a cada curso, confirmando que la mayoría eran de 3º, a cierta distancia de los de 4º (figura 4-18).

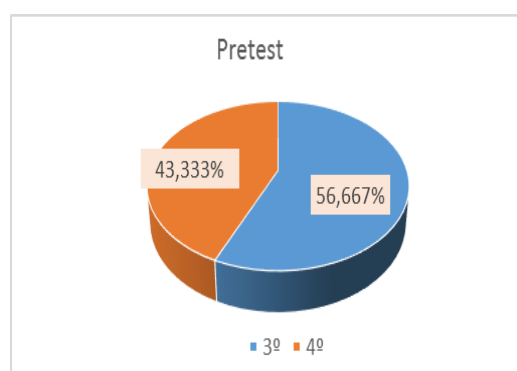


Figura 4-18. Clasificación por curso de los alumnos del primer cuartil.

Comprobamos en primer lugar que la media era inferior a cinco (suspense), tanto en datos globales, como desagregados por curso. La mediana tomaba valores próximos al promedio y la dispersión de los datos, absoluta y relativa, era menor en los alumnos de cuarto.

Las pruebas de normalidad, necesarias para la elección del tipo de prueba de contraste, mostraron que solo pertenecían a distribuciones de este tipo los datos del post-test, globales y desglosados por curso (tabla 4-15). Es decir, que después de la prueba hubo cierta tendencia a la simetría en la distribución de los resultados obtenidos.

Tabla 4-15. Estadísticos descriptivos, prueba de Wilcoxon y de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. Primer cuartil.

Estadístico	Pre-test	Post-test	3° pre-test	3° Post-test	4° pre-test	4° Post-test
Media	3,697	4,857	3,482	4,382	3,977	5,477
Mediana	4,000	5,000	3,500	4,000	4,000	5,500
Desviación típica	0,914	1,818	1,019	1,936	0,664	1,445
Coef. de Variación	24,72%	37,44%	29,26%	44,18%	16,70%	26,39%

Contraste	Pre/Post	Pre/Post 3°	Pre/Post 4°
Prueba de Wilcoxon	0,000	0,000	0,000

Estadístico de contraste	Pre-test	Post-test	3° pre-test	3° Post-test	4° pre-test	4° Post-test
Kolmogorov-Smirnov	0,000	0,435	0,028	0,584	0,000	0,479

Cuando se estudiaron los resultados de la segunda prueba (post-test), por un lado se observó una clara mejora en todos los casos, que rozaba el aprobado en los datos globales (la mediana era de cinco) y que lo superaba en los alumnos de 4° (5,500), pero no así en los de 3° (4,000). Al no poder confirmar la normalidad de los datos del pre-test, optamos por la prueba de Wilcoxon, que confirmó que estas diferencias eran significativas respecto a la primera prueba.

Por otro lado, la variabilidad de los datos, expresada en términos absolutos (desviación típica) y relativos (coeficiente de variación), aumentó en los datos globales y desglosados por curso. Esto podría estar indicando cierta heterogeneidad en los resultados, que podría afectar a la representatividad del promedio.

Para conseguir resultados más detallados, procedimos a analizar las calificaciones de la misma forma que en los apartados relativos a la muestra principal. De esta forma, comenzamos por el porcentaje de aprobados y suspensos, en datos globales y desagregados por curso (figura 4-19). Aunque los que suspendieron fueron mayoritarios en el pre-test (superando la prueba solo el 4%) se dio una mejora clara en el post-test, donde subieron a casi el 25% del total. En relación al curso, la mejora se dio sobre todo en los alumnos de cuarto, que superaron en número de aprobados a los suspensos. Los de tercero también incrementaron el número de estudiantes que superaron la prueba, pero siguieron siendo mayoritarios los suspensos.

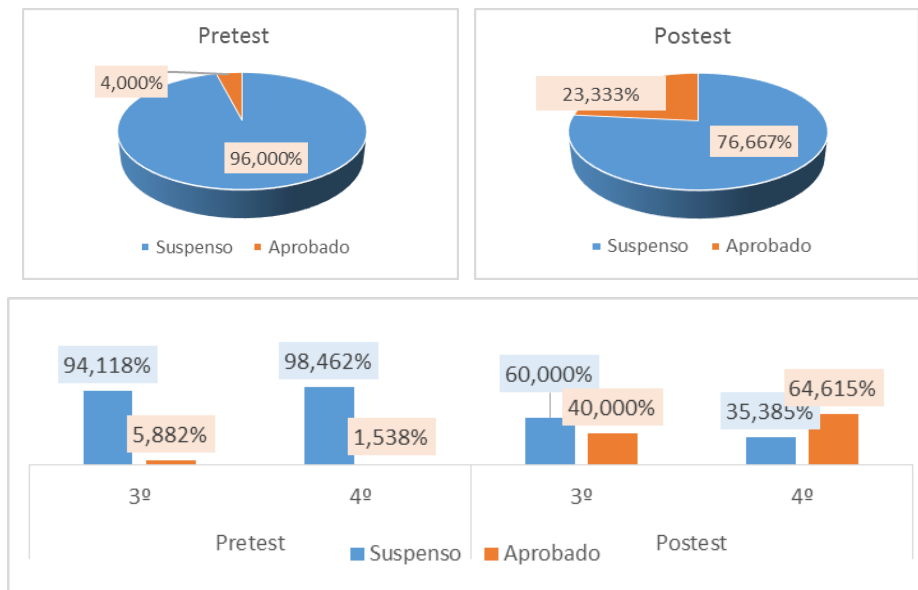


Figura 4-19. Aprobados y suspensos. Alumnos del primer cuartil. Porcentaje sobre el total.

Para el contraste de hipótesis de la variable “Aprobado-Suspenso”, tanto globales como respecto al curso (3º o 4º), por las razones metodológicas explicadas, elegimos la prueba Chi Cuadrado (tabla 4-16), que es la adecuada para comparar variables nominales. Los resultados mostraron que las diferencias fueron significativas con una significación del 0,05, correspondiente al 95% de confianza.

Tabla 4-16. Prueba Chi Cuadrado para porcentaje de aprobados y suspensos. Primer cuartil. Datos absolutos.

	3º	4º	Totales
Prueba Chi Cuadrado	0,000	0,000	0,000

Por otro lado, procedimos a clasificar las calificaciones en los mismos niveles que en el análisis de la muestra completa (figura 4-20). En primer lugar, en relación a los datos globales, observamos una mejora clara, los suspensos disminuyeron de forma considerable, aumentando la calificación de bien y obteniendo algunos alumnos notas superiores. Respecto al desglose por curso, sobre todo hubo mejoras en 4º, que supero a 3º en todos los niveles.

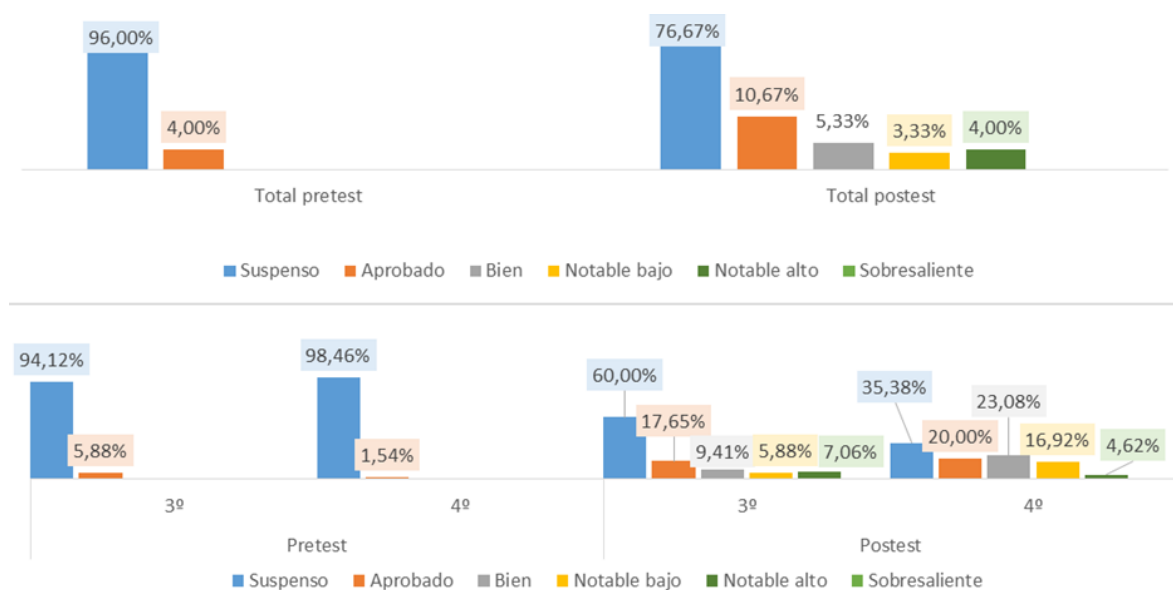


Figura 4-20. Nivel de clasificación global y por curso de los alumnos del primer cuartil.

Al tratarse de una variable ordinal optamos por la prueba de Wilcoxon para grupos relacionados para realizar el contraste de hipótesis de la variable “Nivel de calificación” (tabla 4-17). El nivel de significación, una vez más, fue del 0,05. Los resultados confirmaron que las diferencias entre grupos fueron significativas y por tanto, se dieron mejoras en el post-test, respecto a la primera prueba.

Tabla 4-17. Prueba de Wilcoxon para nivel de calificación. Primer cuartil.

	3º	4º	Totales
Prueba de Wilcoxon	0,000	0,000	0,000

En definitiva, como conclusión, se dio una mejora clara de los alumnos con peores calificaciones, si comparamos los resultados de la segunda prueba (post-test) respecto a la primera (pre-test). Además, esta mejora afectó a la calificación general, al número de aprobados y a los niveles de dichas calificaciones. Por tanto, la experiencia educativa pareció afectar de forma clara a este grupo perteneciente al primer cuartil.

4.4.2 Análisis del grupo perteneciente al tercer cuartil

Gracias a este análisis descriptivo pudimos comprobar que se daban ciertas discrepancias respecto a los resultados esperados en el grupo de las mejores calificaciones. Teniendo en cuenta que los índices arrojaban unos resultados de discriminación excelentes,

decidimos profundizar en las posibles causas de estas diferencias entre los grupos. Pudimos comprobar que algunos alumnos pertenecientes al grupo de los mejores habían obtenido unas elevadas calificaciones en el pre-test y luego suspendieron el post-test. Esto era un contrasentido carente de lógica y para evitar que este dato anómalo pudiera afectar al estudio descriptivo y los contrastes, decidimos prescindir de esos casos.

Al llevar a cabo el mismo análisis para el grupo perteneciente al tercer cuartil, pudimos comprobar que, por un lado, los alumnos partían de mejores calificaciones en general. Por otro, que las diferencias entre grupos, antes y después de la prueba, no estaban tan claras como con los alumnos del primer cuartil. Dándose diferencias poco significativas entre las calificaciones, suspensos y aprobados y nivel de calificación.

4.5.- Discusión

El estudio de los índices de facilidad y discriminación mostró unos valores aceptables en el grupo de control y en la muestra global. Así, la mayoría de preguntas se situaban en el nivel medio, siendo muy superior el porcentaje de preguntas consideradas difíciles respecto a las fáciles. En relación a la discriminación, la mayoría fueron excelentes, a una distancia significativa del porcentaje que había que mejorar. Las preguntas a revisar fueron solo el 15% y el 5% las que se debían descartar. Esto lo corroboraron los estadísticos descriptivos, aunque también pusieron de manifiesto una elevada dispersión relativa de los datos. Por tanto, la prueba cumplía las condiciones necesarias para ser considerada adecuada según estos dos índices.

En relación al análisis, utilizar un grupo de control de aquellos que no realizaron la experiencia educativa permitió comprobar los resultados y compararlos con los que sí la realizaron. Se partía de un elevado número de aprobados, junto a unas calificaciones con una media superior a cinco y unos niveles de calificación elevados, algo que podría reflejar un conocimiento aceptable de Geología. Además, las diferencias por género y curso no fueron significativas. Algo similar sucedió con el nivel de calificaciones.

Cuando se compararon el número de aprobados, calificaciones y niveles de calificación de estos alumnos que no realizaron la prueba, estas parecen mejorar. Algo similar sucedía al comparar el curso y el género. Esto podría estar indicando que la prueba no parecía relacionarse con el resultado. Sin embargo, estos alumnos tuvieron una mejor

situación de partida y esto pudo influir en la realización de la segunda prueba y en esas diferencias, como se vio al analizar los alumnos del tercer cuartil que sí hicieron la prueba.

Al estudiar los que sí realizaron la prueba, en el pre-test se pudo comprobar que la muestra era paritaria respecto al género y con una mayoría de alumnos de 4º curso. Al analizar el número de aprobados, se pudo comprobar que la mayoría superó la prueba, pero con calificaciones más bajas que el grupo de control. Respecto al género y curso se dieron diferencias significativas en favor de los alumnos y del 4º curso, parecían cumplirse las hipótesis H1 (se dan diferencias significativas en el número de aprobados, en función del género, antes de la experiencia educativa), H2 (se dan diferencias significativas en las calificaciones, en función del género, antes de la experiencia educativa), H3 (se dan diferencias significativas en el número de aprobados, en función del curso, antes de la experiencia educativa) y H4 (se dan diferencias significativas en las calificaciones, en función del curso, antes de la experiencia educativa).

El análisis de los resultados comparados de ambas pruebas puso de manifiesto que no se dieron diferencias significativas en el número de aprobados entre los dos test. Por tanto, no parecía confirmarse la hipótesis H5 (después de la experiencia educativa aumenta el número de alumnos aprobados). Sin embargo, había diferencias claras en las calificaciones antes y después de la prueba, medidas estas por la media aritmética. Parecía cumplirse la hipótesis H6 (después de la experiencia educativa aumenta la calificación media de los alumnos), ya que se produjo una mejora del promedio de calificación en los datos globales y por género y curso. Algo similar sucedió con los niveles de calificación, confirmándose la H7 (después de la experiencia educativa aumenta el nivel de calificaciones).

Respecto a los resultados del post-test, los alumnos aprobados y su calificación media no tuvieron diferencias significativas en función del género (no se cumplen H8 –después de la experiencia educativa aumenta el número de alumnos aprobados en función del género– y H9 –después de la experiencia educativa aumenta la calificación media de los alumnos en función del género–), pero sí en relación al curso (no se cumplen H11 –después de la experiencia educativa aumenta el número de alumnos aprobados en función del curso– ni H12 –después de la experiencia educativa aumenta la calificación media de los alumnos en función del curso–). No sucedía lo mismo con los niveles de calificación, en los que sí se dieron diferencias significativas en ambos casos (se cumplen H10 –después de la experiencia educativa aumenta el nivel de calificaciones en función del género– y H13 –después de la

experiencia educativa aumenta el nivel de calificaciones en función del curso—), superando levemente los alumnos a las alumnas en las calificaciones más altas, así como los alumnos de 4° a los de 3°.

Por último y en relación al análisis del primer y tercer cuartil, es decir, los que obtuvieron peores y mejores calificaciones, se concluye que existe una clara mejora en los alumnos menos aventajados. Estos aprobaron en mayor medida en el post-test y lo hicieron con mejor calificación. Además, se dieron diferencias significativas entre 3° y 4°. No sucedió lo mismo con los que obtuvieron mejores notas en la primera prueba, aunque en este caso, debido a los datos contradictorios, no se puede llegar a una conclusión clara y convendría analizarlo en futuras investigaciones con muestras de alumnos más grandes.



“Las ciudades han sido, desde su origen, el principal motor de la innovación humana”

(Edward Glaeser, 2011)

Imagen del autor

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

La “Alfabetización en Ciencias de la Tierra” constituye una auténtica guía inspiradora en las nuevas formas de entender y enseñar las Ciencias Geológicas. Según sus principios, se considera que la ciudadanía alfabetizada en Geociencias es aquella que comprende los conceptos y procesos fundamentales de esta disciplina y es capaz de tomar decisiones bien fundadas y responsables sobre la Tierra y sus recursos. Existen algunos aspectos añadidos que permitirán la conexión con materias transversales al currículo educativo, como las demás Ciencias Experimentales y las Ciencias Ambientales o las Ciencias Sociales.

Son muchos los factores que convierten en insustituible el papel didáctico de las salidas de campo (denominadas genéricamente “salidas fuera del aula” o “*out-door classrooms*”). Así lo han puesto de manifiesto recientemente ante el Ministerio de Educación y Formación Profesional del Gobierno de España más de treinta entidades de carácter geológico sobre la situación crítica de la enseñanza de la Geología en el sistema educativo español desde hace varios años. Algunos de esos factores son: la mejora de la asimilación de contenidos conceptuales geocientíficos, de procedimientos científicos, así como de actitudes y valores favorables hacia la ciencia, la protección del medio ambiente o el trabajo en grupo.

Dentro del valor estratégico que en la enseñanza de las Ciencias Naturales tienen las salidas fuera del aula, estas tienden a desarrollarse generalmente en entornos naturales por propia definición, denominándose por ello “salidas de campo”, y donde las formaciones y yacimientos geológicos tienen especial protagonismo sobre todo si constituyen lugares de interés geológico o geositios integrados en el patrimonio natural geológico. Sin embargo, los equipos docentes pueden igualmente proyectar y llevar a cabo este tipo de actividades fuera de las aulas en zonas urbanas y periurbanas, mediante el uso de determinados elementos relacionados con el patrimonio cultural (histórico, artístico, arqueológico e industrial).

Todos estos elementos, naturales y no naturales, permiten la enseñanza y el aprendizaje de conceptos más amplios relacionados con el medio ambiente abiótico, incluyendo lo referido a la Geología o las Geociencias. Pero, además, permiten el impulso

educativo en el aprendizaje de un conocimiento más transversal basado en relaciones multidisciplinares (Ciencias de la Tierra, Ciencias Ambientales, Ciencias Sociales) que ayuda tanto al profesorado como al alumnado a comprender el papel determinante de las sociedades y los individuos en la toma de decisiones clave para nuestro futuro, como el aprovechamiento racional de los recursos naturales, incluidos los geológicos, o el estado general del planeta (clima, océanos, recursos hídricos, ecosistemas...) y sus habitantes (hambre, vivienda, trabajo, educación...), ideas todas ellas fundamentales en las estrategias de desarrollo sostenible que la UNESCO ha puesto de manifiesto a través de los ODS.

La preocupación por el estado de las Geociencias en España nos ha llevado a realizar esta investigación, llevada a cabo finalmente con una muestra representativa (el 15,78 %) del colectivo estudiantil de Educación Secundaria (3º y 4º) de Extremadura. Con el diseño de un procedimiento específico de evaluación creemos haber conseguido tener una mayor aproximación a la realidad y al valor de las salidas fuera de las aulas como procedimiento educativo que no debería perderse bajo ningún concepto.

5.1.- Conclusiones

Tras el desarrollo de la investigación, aplicada a una muestra depurada de 556 alumnos y alumnas de 3º y 4º de ESO de Extremadura, podemos concluir lo siguiente:

- 1ª) En línea con el objetivo general de nuestra Tesis Doctoral, la investigación llevada a cabo en los centros públicos de Enseñanza Secundaria de Extremadura ubicados en poblaciones atravesadas por la Vía de la Plata nos ha permitido demostrar el valor educativo de los elementos patrimoniales (naturales, arquitectónicos, históricos e industriales) de dicho corredor cultural.
- 2ª) Con las salidas didácticas fuera de las aulas por el entorno urbano hemos tratado de demostrar una adquisición o mejora de conocimientos relacionados con las Geociencias. Dicha demostración se fundamenta, entre otras cuestiones, en las calificaciones obtenidas en cuestionarios de evaluación diseñados al efecto, un claro indicador de la adquisición o mejora de conocimientos. El análisis estadístico llevado a cabo ha permitido comparar las calificaciones antes de la salida (pre-test) respecto a las obtenidas después de la salida (post-test), confirmando la mejora significativa del

promedio de calificaciones y de los niveles de estas. En concreto, el análisis permite determinar que:

- Los Índices de Facilidad y Discriminación han servido para medir la validez de la evaluación llevada a cabo mediante cuestionarios cognitivos de respuesta múltiple.
- El uso de un ensayo previo con el denominado “Grupo de control” ha permitido confirmar porcentajes de aprobados similares en cuanto a género y curso. Además, ha habido una mejora significativa tanto en el número de aprobados como en la media de calificación, independientemente del género y del curso.
- La comparativa entre el pre-test y el post-test apunta a una mejora en las calificaciones y de los niveles de calificación, tanto de alumnas como de alumnos. Este beneficio de la experiencia educativa parece ser especialmente relevante en los grupos que parten con menores conocimientos.

3ª) El alumnado de los centros educativos participantes en la investigación ha obtenido un conocimiento de los recursos geológicos cercanos al corredor Vía de la Plata, que no se ha podido confirmar estadísticamente, en la intervención educativa sí se han incluido ideas y conceptos sobre Geociencias desde un punto de vista tanto global como regional.

4ª) Los elementos del patrimonio arqueológico, histórico-artístico, industrial y natural que se encuentran en las áreas urbanas constituyen puntos fundamentales para la enseñanza de las Geociencias. El diseño de experiencias educativas fuera de las aulas nos ha permitido integrar en las explicaciones teórico-prácticas llevadas a cabo durante los itinerarios didácticos diferentes aspectos vinculados con otras disciplinas científicas, como la Biología, la Historia, la Arquitectura, el Urbanismo, la Economía, etc.

5ª) Como han apuntado otros investigadores y docentes (de acuerdo a su experiencia), el diseño y la elaboración de la intervención educativa constituye un procedimiento que debería estar específicamente adaptado al nivel docente de que se trate y a los objetivos pretendidos desde un punto de vista didáctico, siendo determinante en la mejora de los resultados obtenidos por los alumnos. En este sentido, en el planteamiento de la intervención educativa diseñada para nuestra investigación, los mapas conceptuales utilizados como apoyo parecen demostrar su utilidad como herramienta encaminada al aprendizaje constructivo de conceptos geológicos.

- 6^a) Con esta investigación educativa hemos querido contribuir a revalorizar las salidas fuera de las aulas en Geociencias como herramienta de trabajo para los equipos docentes, en su, a veces, difícil labor didáctica. Creemos que una conclusión importante es que mantener las salidas fuera de las aulas, aunque sea en entornos cercanos a los centros educativos, puede ser una solución en tiempos de crisis, en tanto se recupera en España la planificación docente y los procedimientos de enseñanza y aprendizaje de conceptos clave en el currículo de Secundaria. La Geología como asignatura y temática fundamental del currículo de Ciencias puede recuperar su sitio en los programas e itinerarios educativos, a lo que puede contribuir un uso eficiente de las salidas fuera de las aulas.
- 7^a) Respecto a la transmisión al alumnado de interés por las Geociencias, el Desarrollo Sostenible y demás conceptos relacionados con el uso sostenible de los recursos, la investigación también ha puesto de manifiesto en los alumnos participantes las actitudes de respeto hacia la ciudad como entorno (ecosistema), gracias al entendimiento del mismo desde uno de los numerosos puntos de vista desde el que puede ser estudiado, el geocientífico.

Para finalizar, planteamos las siguientes reflexiones, a modo de discusión:

- 1^a) Hemos tratado de confirmar la veracidad de las afirmaciones de otros investigadores que nos precedieron, que aprendieron con los hechos que las posibilidades didácticas son mayores en aquellos medios o entornos en los que confluyen disciplinas diferentes para la enseñanza y el aprendizaje, que quedan así reforzadas y enriquecidas, a modo de los “ecotonos” existentes en la naturaleza. Una idea que, por otras razones más crematísticas (reducir costes aprovechando los recursos que ofrece el sistema educativo), algunos docentes descubren cuando utilizan sus salidas fuera del aula junto con colegas de otras disciplinas.
- 2^a) Al hilo de lo anterior, gracias a otros investigadores en Didáctica de las Geociencias sabemos que el trabajo fuera de las aulas no sólo favorece el conocimiento, sino que mejora las actitudes y las motivaciones del alumnado hacia la asignatura, sus compañeros y la sociedad en general. Este hecho es especialmente interesante en el caso de alumnos con dificultades, pues las actividades al aire libre configuran sus actitudes hacia la naturaleza y la ciencia y, quién sabe si la manera en que ellos mismos enfocarán su propio aprendizaje durante la madurez. Con esta investigación que hemos llevado a cabo es muy

probable que los alumnos aprecien el patrimonio gracias a haberlo visto desde un punto de vista más práctico.

- 3^a) Es procedente indagar más sobre la enseñanza del entorno desde un punto de vista geocientífico. Se trata de un aspecto muy importante a nuestro entender para el enfoque de la enseñanza y el aprendizaje holístico. Pensamos que complementar esta investigación con estudios de caso o cuestionarios de actitudes mejor elaborados permitiría evaluar en conjunto el alcance didáctico de la intervención educativa fuera del aula.
- 4^a) Finalmente, si algo ha pretendido concretar esta investigación es la posibilidad que ofrece a alumnado y profesorado utilizar entornos urbanos de manera similar al campo o que, al menos, en determinadas circunstancias los docentes puedan servirse de sus elementos constitutivos (museos, plazas, calles, edificios, etc.) para enseñar la mayoría de los conceptos geológicos básicos. Sería interesante ampliar la investigación en esta línea, puesto que cada entorno urbano presenta sus peculiaridades, que deberán ser adaptadas a la enseñanza que el departamento docente programe y el centro educativo planifique. En este sentido, intuimos que donde realmente habría que empezar haciendo hincapié es en la Educación Primaria, antes que la Secundaria, para ir sentando las bases experimentales docentes en esta línea.

5.2.- Limitaciones

Respecto a las limitaciones encontradas durante las diferentes fases de la investigación, cabe resaltar las siguientes:

- 1^a. Los resultados obtenidos en las búsquedas bibliográficas no fueron los esperados. La falta de investigaciones de tipo práctico similares a la planteada en esta Tesis ha supuesto una clara limitación, constituyendo un reto a la hora de orientar metodológicamente nuestra investigación, tanto en lo referido a la elaboración concreta del cuestionario, como al procedimiento de trabajo, especialmente las técnicas de análisis.
- 2^a. Otra limitación se relaciona con el análisis empírico llevado a cabo. Debe tenerse muy en cuenta el método elegido para evaluar la bondad del análisis a realizar mediante cuestionarios cognitivos. Para esta investigación los Índices de Dificultad y Discriminación han mostrado su utilidad en tal sentido, resultando de manera general un

promedio aceptable de preguntas moderadamente difíciles y una discriminación clasificada como excelente. No obstante, resulta conveniente seguir consolidando su uso en este tipo de análisis, a fin de mejorar la calidad de los ítems a utilizar y la fiabilidad de los resultados estadísticos a obtener.

- 3ª. Finalmente, una limitación importante ha sido entender que la intervención educativa fuera del aula no es algo infuso o independiente, sino que debe estar definida perfectamente junto con la programación y las actividades metodológicas propias de la asignatura. Resultaría muy conveniente diseñar unidades didácticas normalizadas para uso docente en el entorno urbano y periurbano, apoyándose para ello en los mapas conceptuales, una técnica de enseñanza-aprendizaje que ha demostrado mucha utilidad.

5.3.- Líneas de investigación

En cuanto a las líneas de investigación que se proponen de cara al futuro destacamos las siguientes:

- 1ª) El presente trabajo pretendía inicialmente escudriñar el alcance didáctico en Geociencias que existía tras las salidas fuera del aula y el aprendizaje en contextos poco o nada estándares, como son los urbanos y periurbanos. Sin embargo, ha supuesto el descubrimiento de otras muchas cuestiones de índole didáctica para las Ciencias Experimentales en general y las Geociencias en particular, sobre las que convendría indagar convenientemente para conocer hacia dónde puede llevar su estudio desde el punto de vista de la enseñanza y el aprendizaje de dichas ciencias. En la línea programática del Espacio Europeo de Educación Superior, una de las ideas a impulsar podría ser el análisis intrínseco del aprovechamiento del trabajo de campo, a través de actividades educativas, como las relacionadas con la preparación de la salida por parte tanto de alumnos como de profesores, o las propias sesiones posteriores de revisión.
- 2ª) Otra línea de investigación a impulsar podría ser conocer el carácter actitudinal tanto de los alumnos como de los profesores participantes en las salidas de campo, tema este muy orientador para un diseño global más eficiente de la intervención educativa por parte del equipo docente, línea de investigación esta última que se encuentra muy avanzada en otras ciencias experimentales, como Matemáticas, Biología, Física y Química. La logística, la gestión y la pedagogía de las salidas fuera de aula se plantean

como fundamentales para investigar íntegramente la preparación de las salidas fuera del aula.

- 3ª) Uno de los aspectos que hemos señalado tangencialmente han sido las preconcepciones en materia geológica, que son cada vez más estudiadas en Ciencias de la Tierra (el tiempo geológico es uno de los conceptos más analizados por los investigadores), y que pensamos pueden ser una línea de trabajo muy interesante, enlazando con el aprendizaje significativo y el constructivismo. Asimismo, debe profundizarse en el uso de las herramientas propias en este tipo de investigaciones, enmarcadas en las TIC y entre las cuales destacamos, por su gran ayuda en la didáctica, los mapas conceptuales. De hecho, pensamos que las aplicaciones didácticas de los mapas conceptuales a las Geociencias deben estudiarse en profundidad en España, para sacarles el máximo provecho, tal y como se viene realizando hace años en otros campos científicos (Medicina y Salud, Química, Física...).
- 4ª) En relación a las pruebas empíricas, desde un punto de vista metodológico parecería lógico pensar en ampliar la muestra objeto de estudio, incluyendo a otros cursos de los mismos centros educativos o un estudio de los mismos grupos de alumnos en años sucesivos, a fin de comparar resultados a medio plazo y confirmar la utilidad del procedimiento seguido, más en concreto si los resultados de los Índices de Facilidad y Discriminación apuntan a mejoras de las preguntas en aras a incrementar el valor de su fiabilidad. En esta línea, una propuesta de cambio realmente importante podría ser la selección más aleatoria de la muestra, ampliando el universo poblacional a centros educativos no necesariamente vinculados a la Vía de la Plata, a fin de confirmar resultados respecto al total de la población de referencia.
- 5ª) Existen otras muchas herramientas tecnológicas que permiten una intervención menos estandarizada profesor-alumno. Sería interesante experimentar el alcance de estas herramientas para conocer sus verdaderas posibilidades didácticas, como ocurre, por ejemplo, en las intervenciones educativas no formales e informales, que utilizan en ocasiones metodologías exitosas. Sería igualmente enriquecedor sintetizarlos y probarlos en la educación formal, en la medida en que ello fuera posible. Dentro de esta línea general de investigación cabrían, por ejemplo, las guías elaboradas por los propios alumnos, con mapas, itinerarios, inventarios de muestras, catálogos de imágenes, etc.
- 6ª) Finalmente, es necesario continuar tratando interdisciplinariamente algunas materias aparentemente inconexas, como ocurre con las Ciencias Naturales y las Ciencias Sociales, por la razón de utilizar idénticos recursos y materiales didácticos fuera del

aula, en el caso de las zonas urbanas. Las aportaciones que unos y otros especialistas pueden hacer en un mismo entorno suman y eso siempre será un beneficio educativo, ampliando horizontes sobre la Didáctica en los entornos urbanos y periurbanos. A las Ciencias Sociales pueden añadirse la Educación Física y Deportiva o las Artes Plásticas.

Como conclusión de este capítulo y de la Tesis Doctoral, queremos hacer referencia a las orientaciones para facilitar el desarrollo de estrategias metodológicas que permitan trabajar por competencias en el aula, recogidas por la Orden ECD/65/2015, del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (Boletín Oficial del Estado, 2015b).

Entresacamos de dicha Orden que los aprendizajes más transferibles y duraderos tienen su origen en aquellos métodos docentes que potencien la motivación por el aprendizaje de competencias, que deberán ser activas y contextualizadas.

En este sentido, las salidas fuera del aula para la adquisición de las competencias básicas en Geociencias son procedimientos que la praxis ha demostrado flexibles, en lo que a niveles, ritmos y estilos se refiere, y útiles por sí mismos, mejores si están apoyados en una planificación y ajuste por parte del profesorado, para que el alumnado guste de las Geociencias y adquiera conocimientos, destrezas y actitudes y valores necesarios para el correcto trabajo de las competencias en general (comunicación lingüística, competencia matemática y en ciencia y tecnología, competencia digital, aprender a aprender, competencias sociales y cívicas, sentido de iniciativa y espíritu emprendedor y conciencia y expresiones culturales), mediante el trabajo cooperativo/colaborativo, por proyectos, la potenciación de su autonomía y el desarrollo, en fin, de su pensamiento, para que este sea crítico y reflexivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AA.VV. (1996). *Extremambiente, unidad didáctica de Educación Ambiental*. Diputación Provincial de Cáceres. 194 p.
- AA.VV. (2012). *Vía estenopeica de la Plata*. Editorial CELYA. Toledo. 110 pp.
- AA.VV. (2016). *Geo-Experiencias. Guía de actividades*. Diputación Provincial de Cáceres. 148 pp.
- AA.VV. (2017). *Conociendo del medio natural, social y cultural de La Serena*. José María Corrales Vázquez (Coord.). Diputación Provincial de Badajoz. 226 pp.
- AA.VV. (2020). *Manual de conocimiento del medio natural de Extremadura*. Inédito.
- AEPECT (2020). *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 28(1). Monográfico: Gamificación y aprendizaje basado en juegos*.
- Aguilera, C., Alfonso, F., Anega, M^aJ., Basco, R., Calleja, A., Cerezo, C., Corral, R., Durán, F., García, E., Martín, S., Molina, J., Montero, G., Mora, A., Pintado, M^aJ., Ramos, J., Rivero, J.M., Ruiz, C. y Trinidad, A.M^a (2004). “Guía de visitas didácticas de interés ambiental en Extremadura”. Junta de Extremadura. 170 p.
- Aguilera, D. (2018). La salida de campo como recurso didáctico para enseñar ciencias. Una revisión sistemática. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(3):3103.
- Akinyanju, K., Allen, K y Lorek, E. (2011). Mega champs field trip: a lesson in character development. *Academic Leadership: The Online Journal*, 9.1, Article 58. Disponible en: <https://scholars.fhsu.edu/alj/vol9/iss1/58>.
- Alba, M., Feijoo, S. y Benítez, J.M^a (2010). *Senderos del patrimonio emeritense: los caminos del agua romana*. Ayuntamiento de Mérida. 104 pp.
- Alfonso, F., Basco, R., Calleja, A., Corral, R., Durán, F., Martín, S., Mora, A., Ramos, J., Rivero, J.M. y Trinidad, A.M^a (2003). *Biología y Geología. Ciencias de la Naturaleza. 4º ESO*. Oxford Educación.

- Alfonso, F., Basco, R., Calleja, A., Martín, S., Mora, A., Ramos, J., Rivero, J.M. y Trinidad, A.M^a (2006). *Ciencias de la Tierra y de Medioambientales. 2º Bachillerato*. Oxford Educación. 407 p.
- Alonso, F.M., García, E., Camacho, M.A. y Cantano, M. (2013). El mapa geológico: modelos 2-D y 3-D en papel. Una propuesta para aprender a “pensar en 3-D”. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21.1:48-58.
- Alonso, B. (2010). *Historia de la Educación Ambiental. La Educación Ambiental en el siglo XX*. Asociación Española de Educación Ambiental. 31 pp.
- Alsina, J. (2006). *Historia de la Geología*. Ed. Montesinos. 230 p.
- Álvarez, D. y De la Iglesia, M.A. (2013). Iter Plata. Proyectar el paisaje patrimonial. *Her&Mus*, 12(1):64-73.
- Álvarez, J.M^a (2010). Cien años de arqueología en Mérida. *Revista de Estudios Extremeños*, LXVI(II):627-676.
- Andrade, A. (2007). Aprendizaje combinado como propuesta en la convergencia europea para la enseñanza de las ciencias naturales. *eLearning Papers*, 3.
- Apalategui, O., Carracedo, M., Equiluz, L., Gil-Ibarguchi, J.I., Jensen, S., Martínez, L.M., Palacios, T. y Sarrionandía, F. (2012). Mapa geológico de síntesis de Extremadura (escala 1:250.000). *Geotemas*, 13 (Monográfico dedicado al VIII Congreso Geológico de España, celebrado en Oviedo del 17-19 de julio de 2012).
- Aparicio, J.M^a y Carbonero, M.A. (2010). *Los Caminos de Santiago por Castilla y León. Unidad Didáctica – Educación Primaria*. Fundación Villalar – Castilla y León. 32 pp.
- Arenas, R., Farias, P., Gallastegui, G., Gil, J.I., González, F., Klein, E., Marquínez, J., Martín, L.M., Martínez, J.R., Ortega, E., Pablo, J.G., Peinado, M. y Rodríguez-Fernández, L.R. (1988). *Características geológicas y significado de los dominios que componen la Zona de Galicia Tras-os-Montes*. II Congreso Geológico de España. Simposios, 75-84.
- Arribas, A., Díez, A., Gutiérrez, I. y Vegas, J. (2013). *Desarrollo de un filtro de geoturismo en realidad aumentada para telefonía móvil, sobre el patrimonio geológico de la*

- ciudad de Segovia*. En: J. Vegas, A. Salazar, E. Díaz-Martínez y C. Marchán (eds.). Patrimonio geológico, un recurso para el desarrollo. Cuadernos del Museo Geominero, nº 15. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2013.
- Aulinas, M., Cabrera, Ll., Alías, G., Becerra, M., Casadellá, J., Clotet, R., Delclòs, X., Fernández Turiel, J.L., Geyer, A., Tarragó, M y Travé A. (2016). *BCN Rocks: aprendiendo geología urbana a través de una aplicación App interactiva*. IX Congreso Geológico de España. *Geo-Temas*, 16(1):717-720.
- Ávila, A. (2013). Diseño de un cuestionario para el diagnóstico socio-psicológico de las organizaciones. *Wímb lu, Rev. Electrónica de Estudiantes Esc. de Psicología*, 8(1):81-103.
- Aznar, J. (2010). Moodle en la enseñanza de la Geología: iniciación práctica al manejo de una plataforma Moodle. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 18(2):174-181.
- Backhoff, E., Larrazolo, N. y Rosas, M. (2000). Nivel de dificultad y poder de discriminación del examn de habilidades y conocimientos básicos (EXHCOBA). *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 2(1).
- Barea, M. (2014). “Los caminos de Santiago”, patrimonio a revalorizar. *Monográfico*, 9:647-658.
- Barrera, J.M^a. y Gil, J. (2013). *Guía de Geositios del Geoparque Villuercas Ibores Jara*. Diputación Provincial de Cáceres. 119 pp.
- Barrera, J. M^a (2014). *El Geoparque Villuercas-Ibores-Jara y su impacto múltiple en el área de influencia*. Actas XV Congreso Internacional sobre Patrimonio Geológico y Minero. XIX Sesión Científica de la SEDPGYM. Logrosán (Cáceres), 25-28 de septiembre de 2014.
- Bea, F., Carnicero, A., Gonzalo, J.C., López, M. y Rodríguez, M^a D. (Eds.) (1988). *Geología de los granitoides y rocas asociadas del Macizo Hespérico*. Libro homenaje a L.C. García de Figuerola. Editorial Rueda. 542 págs.
- Benito, A., Forniés, R. y Salvador, J. (2011). *Programa ARCE. Guía 2011*. Ministerio de Educación. <http://www.mecd.gob.es/dctm/ministerio/educacion/comunidades->

autonomas-ceuta-melilla/programas-de-cooperacion/agrupaciones/arce-/jornadas-2011/guia-2011mayo.doc.pdf?documentId=0901e72b80b805c9.

- Berengueras, M. y Vera, J. M^a (2015). Las leyes de educación en España en los últimos doscientos años. *Supervisión* 21:38:1-23.
- Bermúdez, M^aL., Delgado, A.M^a, Faure, A., Gómez, F., Lorenzo, I. y Segura, A. (1986). Ciencias Naturales. Método científico en el aula. Editorial Popular. Madrid.
- Blanco, M^aI., Calle, A., Rodríguez, A.J. y Rodríguez, A. (1999). *Guía práctica de Educación Ambiental de Extremadura. Educación Secundaria*. Junta de Extremadura. Mérida, 217 pp.
- Blanco, F. (2014). *Enseñanza de la Biología y Geología fuera del centro docente en la Educación Secundaria*. TFM Facultad de Ciencias (Universidad de Valladolid). 83 pp.
- Boixereu, E. (2015). *Evolución histórica de la cartografía geológica en España: desde sus orígenes hasta los mapas de Verneuil y Collomb (1894) y Maestre (1865)*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- Boletín Oficial del Estado (2003). *Resolución de 17 de noviembre de 2003, de la Secretaría de Estado de Educación y Universidades, por la que se da publicidad a la concesión de los Premios Nacionales a la Innovación Educativa 2003*.
- Boletín Oficial del Estado (2013). *Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa*.
- Boletín Oficial del Estado (2015a). *Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato*.
- Boletín Oficial del Estado (2015b). *Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato*.
- Boletín Oficial del Estado (2020). *Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación*.

- Borges, A., San Luis, C., Sánchez, J.A. y Cañadas, I. (2001). El juicio contra la hipótesis nula: muchos testigos y una sentencia virtuosa. *Psicothema*, 13(1):173-178.
- Borrachero, A.B. (2015). *El recuerdo de los futuros profesores de Secundaria sobre sus profesores de Biología y Geología en Educación Secundaria*. Tesis doctoral. Universidad de Extremadura. 633 pp.
- Bosque, J. (2011). El patrimonio natural e histórico-monumental español. Algunos problemas actuales. *Cuadernos Geográficos*, 48:9-45.
- Bravo, G. (2007). *Hispania. La epopeya de los romanos en la península*, Madrid.
- Brusi D., Zamorano M., Casellas R. y Bach J. (2011a). Reflexiones sobre el diseño por competencias en el trabajo de campo en Geología. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19.1:4-14.
- Brusi, D., Bach, J., Rita, M., Oms, O., Vicens, E., Obrador, A., Maestro, E. y Biosca, J. (2011b). El GEOCAMP: un sitio web y una Herramienta de edición para las Actividades de Campo en Geología. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19.1:57-66.
- Brusi, D. y Cornellà, P. (2020). Escape rooms y Breakouts en Geología. La experiencia de “Terra sísmica”. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 28(1):74-88.
- Cabero, J., Llorente, M. y Morales, J. (2013). Aportaciones al e-learning desde un estudio de buenas prácticas en las universidades andaluzas. *Revista de Universidad y Sociedad del conocimiento*, 10(1):45-60.
- Cáceres, J. (2019). *La Institución Libre de Enseñanza y Extremadura. Caminos de regeneración pedagógica*. Salamanca: FahrenHouse. 328 p.
- Calonge, M^aA., López, M^aD., Meléndez, G. y Fermeli, G. (2012). *GeoSchools, el reto de mejorar la enseñanza de la geología en la educación secundaria europea*. En A. M. Sarmiento, M. Cantano y G. R. Almodovar (Eds.), *Actas del XVII Simposio sobre Enseñanza de la Geología*, Huelva: Universidad de Huelva publicaciones, 48-53.
- Calonge, M^aA. (2013). Estado actual de la Enseñanza de la Geología. *Macla*, 17:11.

- Calonge, M^aA., Fermeli, G., Meléndez, G. y Martínez, J.A. (2014). Proyecto GeoSchools: reflexiones sobre la Geología en la Enseñanza Secundaria Obligatoria. *Geogaceta*, 55:99-102.
- Calvo, P., Pérez, R. y Valcárcel, C. (2008). La utilización de los mapas conceptuales como herramienta de trabajo interdisciplinar. *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 2^a época, 5:293-306.
- Cañal, P. (2011). *Biología y Geología. Investigación, innovación y buenas prácticas*. Ed. Graó, Vol. III.
- Carcavilla, L., Del Puy, M^a, Belmonte, Á., Durán, J.J. y López-Martínez, J. (2010). La divulgación de la Geología al gran público: principios y técnicas para el diseño de material escrito. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Sec. Geol.*, 104:93-100.
- Carcavilla, L., Belmonte, A., Durán, J.J. e Hilario, A. (2011). Geoturismo: concepto y perspectivas en España. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19(1):81-94.
- Carcavilla, L. (2014). Guía práctica para entender el patrimonio geológico. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 22(1):5-18.
- Carceller, V. (2012). *Tres, dos, uno...¡Acción! De geología y artes cinematográficas*. Comunicaciones del XVII Simposio sobre Enseñanza de la Geología. Huelva, 9-14 de julio de 2012:279-288.
- Cardenal, M^a M., Corrales, J.M^a, Hernández, Ana M^a, Maldonado, J.J., Rodríguez, M. y Vázquez, J. (2017). *Conociendo del medio natural, social y cultural de La Siberia*. José María Corrales Vázquez (Coord.). Diputación Provincial de Badajoz. 215 pp.
- Cardona, I. y Valares, F. (2016). *Guía didáctica de las ciudades Patrimonio de la Humanidad: Mérida*. 36 pp.
- Carranza, M^a R. (2017). Enseñanza y aprendizaje significativo en una modalidad mixta: percepciones de docentes y estudiantes. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo*, 8(15).
- Carrillo, L. y García-Hernán, O. (2012). Una ventana al pasado geológico a través de la historia humana. Implicaciones didácticas. *Comunicaciones del XVII Simposio sobre Enseñanza de la Geología* (Huelva, 9-14 de julio de 2012):220-228.

- Casado, C. (2011). Celso Arévalo, catedrático de segunda enseñanza y fundador de la ecología acuática en España. *CEE Participación Educativa*, nº extraordinario (Profesorado de Enseñanza Secundaria, Memoria y Patrimonio):90-99.
- Casas, N., Maguregi, G., Zamalloa, T., Echevarría, I., Fernández, M. y Sanz, J. (2016). Las salidas de campo y la Geología. El perfil académico y la actitud del profesorado de la ESO en la CAPV. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 24(2):213-220.
- Castañeda, Y. (2012). Saberes y conocimientos en la educación. Un rastreo por los informes de la UNESCO de Jacques Delors y Edgar Morin. *Educación y Ciudad*, 22:23-32.
- Castellano, E.A. y Pantoja, A. (2017). Eficacia de un programa de intervención basado en el uso de las TIC en la tutoría. *Revista de Investigación Educativa*, 35(1):215-233.
- Clark, I.F. y James, P.R. (2004). Using concept maps to plan an introductory structural geology course. *Journal of Geoscience Education*, 52(3):224-230.
- Cobos, J.M. (2008). Ventura Reyes Prósper, matemático extremeño. *La Gaceta de la RSME*, 11(4):767-786.
- Cobos, J.M. y Vallejo, J.R. (2014). *Jerónimo Audije de la Fuente y Hernández: el piscator de Guadalupe*. Editamás. 283 pp.
- Conde, M^a del C. (2005). *Integración de la educación ambiental en los centros educativos. Ecocentros de Extremadura: Análisis de una experiencia de investigación-acción*. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura, 1234 p.
- Cornellà, P.; Estebanell, M.; Brusi, D. (2020). Gamificación y aprendizaje basado en juegos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 28(1):5-19.
- Corrales, J.M^a (1993). *Medio ambiente en Extremadura*. Asociación de carácter singular “Semana de Extremadura en la Escuela”. 107 p.
- Corrales, J. M., y Maldonado, J.J. (2012). Caminos históricos transfronterizos: Una apuesta de desarrollo de futuro basada en la realidad del ayer. *Spanish Journal of Rural Development*, 3:47-54.

- Corrales, J.M^a, Rodríguez, M y Vázquez, J. (2013). *Conocimiento del medio natural, social y cultural del Geoparque Villuercas Ibores Jara*. Diputación Provincial de Cáceres. 171 pp.
- Cortés, S. (2010). *Recuperación del Camino Histórico de la Vía de la Plata en Extremadura. Proyecto Vía de la Plata (I-II) en Extremadura*. Actas II (y I) Congreso Internacional Camino Mozárabe de Santiago (Mérida, 4 y 5 de octubre de 2013):251-270.
- Cortijo, I., López, J.M., Barrera, J.M^a, Gil, J. y Palacios, T. (2016). *Guía turística. Geoparque Mundial de la UNESCO Villuercas Ibores Jara*. APRODERVI. Cáceres, 164 pp.
- Crespo-Blanch, A., Alfaro, P., Alonso-Zarza, A., Aurell, M., Calonge, M^aA., Carcavilla, L. y Corral, I. (2016). Geología para un público numeroso: claves para su organización. *Geogaceta*, 59:91-94.
- Crofts, R., Gordon, J.E., Brilha, J., Gray, M., Gunn, J., Larwood, J., Santucci, V.L., Torney, D. y Worboys, G.L. (2020). *Guidelines for geoconservation in protected and conserved areas*. Best Practice Protected Area Guidelines Series N° 31. Gland (Suiza: IUCN. 159 p.
- Cruz, M. P., Novo, J., y Calonge, M^aA.. (1994). Investigando fósiles. *Campo Abierto: Revista de Educación*, 11(1):241-250.
- Cruz, P.J. y Escribano, C. (2013). *Patrimonio material e inmaterial de las vías pecuarias en el entorno de la Cañada de la Plata. Una mirada a las manifestaciones culturales de la trashumancia tradicional*. Consejería de Cultura y Turismo. Junta de Castilla y León. Valladolid.
- Cuenca, J.M., Estepa, J., Martín, M.J. (2011). El patrimonio cultural en la educación reglada. *Patrimonio cultural de España*, 5:45-58.
- Cutler, A. (2013). *The seashell on the mountaintop*. Author Planet Press. 222 p.
- Dallmeyer, R.D. y Martínez, E. (Eds.) (1990). *Pre-Mesozoic geology of Iberia*. Springer-Verlag. 416 págs.
- Davies, N., Weston, R., Eijgelaar, E., Peeters, P., Mcgrath, P., Picket, P. y Lumsdon, L.M. (2012). *The European Cycle Route Network: EuroVelo*. European Parliament. 190 p.

- De Carvalho, M.A.A. (2012). *As actividades laboratoriais na aprendizagem de processos científicos: o contributo dos Manuais Escolares de Estudo do Meio do 4º ano do 1º ciclo do Ensino Básico*. Universidad do Minho. 146 pp.
- De las Llanderas, A. (2014). William “Guillermo” Bowles (1714-1780). Un ingeniero irlandés asesor real en la Extremadura del siglo XVIII y su obra “Introducción a la Historia Natural y la Geografía Física de España” a los 300 años de su nacimiento. *Boletín de la Real Academia de Extremadura de las Letras y las Artes*, XXII:219-271.
- De Murga, F. (2011). *Itinerario geológico virtual, una experiencia didáctica basada en las webquest, aplicada a la enseñanza de la Geología en el marco de las Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente en el Bachillerato*. XII Congreso Internacional de Teoría de la Educación (Barcelona, 21-23 de octubre de 2011). Universidad de Barcelona.
- De Pro, A. (2011). Aprender y enseñar con experiencias...y ahora para desarrollar competencias. *Investigación en la Escuela*, 74:5-21.
- De Puelles, M. (2008). “Las grandes leyes educativas de los últimos doscientos años”. *CEE Participación Educativa*, 7:7-15.
- De Tena, Mª T., Muñoz, P. y Pérez, T. (2017). Difusión del Patrimonio Geológico de Extremadura a través de herramientas informáticas. *Geogaceta*, 62:119-122.
- De Terán, M., Solé, L. y Vilá, L. (1994). *Geografía general de España*. Ariel. Barcelona, 494 p.
- Delors, J. (1996.). *La educación encierra un tesoro*. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el siglo XXI, Madrid, España: Santillana/UNESCO. pp. 91-103.
- Diario Oficial de Extremadura (2011). *Ley 4/2011, de 7 de marzo, de educación de Extremadura*. Número 47, de 9 de marzo de 2011.
- Diario Oficial de Extremadura (2014). *Resolución de 27 de agosto de 2014, de la Consejera, por la que se concede el "XX Premio Joaquín Sama a la Innovación Educativa" en la Comunidad Autónoma de Extremadura, correspondiente a 2014*. Número 180, de 18 de septiembre de 2014.

- Diario Oficial de Extremadura (2016). *Decreto 98/2016, de 5 de julio, por el que se establecen la ordenación y el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato para la Comunidad Autónoma de Extremadura*. <http://doe.gobex.es/pdfs/doe/2016/1290o/16040111.pdf>.
- Díaz, C. y de la Fuente, E. I. (2004). Controversias en el uso de la inferencia en la investigación experimental. *Metodología de las Ciencias del Comportamiento*, Volumen especial:161-167.
- Díaz, C., Batanero, C. y Wilhelmi, M.R. (2008). Errores frecuentes en el análisis de datos en Educación y Psicología. *Publicaciones*, 35:109-123.
- Díaz, P.A. y Leyva, E. (2013). Metodología para determinar la calidad de los instrumentos de evaluación. *Educación Médica Superior*, 27(2):269-286.
- Díaz, C., Lozano, O. M. y Fernández, F. (2019). *La controversia sobre el contraste de hipótesis: Situación actual en psicología y recomendaciones didácticas*. En J. M. Contreras, M. M. Gea, M. M. López-Martín y E. Molina-Portillo (Eds.), *Actas del Tercer Congreso Internacional Virtual de Educación Estadística*. Disponible en www.ugr.es/local/fqm126/civeest.html.
- Díaz, J., Vega, M^aA., Álvarez, R., Sernández, M^a del P., Mazariegos, M^aE., Iglesias, S., Fernández, D. y Silván, A. (2021). *Al lado del camino: el Camino de Santiago en El Bierzo [pdf]*. En. <http://www.educa.jcyl.es/>.
- Díez, A. y Vegas, J. (2011). *De roca a roca. Descubre el patrimonio geológico de la ciudad de Segovia*. Ayuntamiento de Segovia.
- Domènech, J. (2015). Una secuencia didáctica de modelización, indagación y creación de conocimiento científico en torno a la deriva continental y la tectónica de placas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1):186-197.
- Domènech, J. (2017). Propuesta de un marco para la secuenciación didáctica de Controversias Socio-Científicas. Estudio con dos actividades alrededor de la genética *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(3):601-620.
- Domergue, C. (1970). Les exploitations aurifères du Nord-Ouest de la Péninsule Ibérique sous l'occupation romaine. *La minería hispana e iberoamericana*, 1. Catedra de San Isidro, León, 151-193.

- Domergue, C. (1971). Las minas de oro romanas de la provincia de León: razones de una excavación arqueológica. *Tierras de León: Revista de la Diputación Provincial*, 11(14):37-51.
- Durán, F. (1997). *Itinerario ecológico por la comarca de las Villuercas (Cáceres)*. En: Premios Joaquín Sama 1996 a la Innovación Educativa, tomo 2. Junta de Extremadura.
- Echarri, F, y Puig, J. (2008). Educación ambiental y aprendizaje significativo. *Seguridad y Medio Ambiente*, 112:28-47.
- Escamilla, A. (2015). *La competencia para aprender a aprender en educación secundaria obligatoria: fundamentos y herramientas de un programa integrado para su desarrollo*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- Estepa, J., Wamba, A.M. y Jiménez, R. (2005): Fundamentos para una enseñanza y difusión del patrimonio desde una perspectiva integradora de las Ciencias Sociales y Experimentales. *Investigación en la Escuela*, 56:19-26.
- EURYDICE (2012). *La enseñanza de las ciencias en Europa: políticas nacionales, prácticas e investigación*. Subdirección General de Documentación y Publicaciones.
- Farias, P., Gallastegui, G., González, F., Marquínez, J., Martín-Parra, L.M., Martínez, L.R., Pablo, J.G. y Rodríguez-Fernández, L.R. (1987). Aportaciones al conocimiento de la litoestratigrafía y estructura de Galicia Central. *Mem. Museo e Lab. Miner. Geol.*, 1:411-431. Fac. Ciencias, Univ. Porto.
- Fernández, R., Liso, M^aJ. y Pulgarín, A. (1994). *Estudio de la bibliografía geológica en la Comunidad Autónoma de Extremadura*. Publicaciones de la Universidad de Extremadura. 372 pp.
- Fernández, F.J., Rebollada, E. y Pagés, R. (2004). *Turismo subterráneo en Extremadura*. Actas I Congreso Iberoamericano y V Congreso Español sobre Cuevas Turísticas CUEVATUR José María Calaforra y Juan José Durán (Eds.) (Aracena):13-20.
- Fernández, J. y Gutiérrez, G. (2016). Aula 3.0: Una nueva forma de aprender geología. El uso de las apps Trnio® y Skechfab® para construir modelos 3D con el móvil. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 24(2):163-168.

- Fernández, F., Martín, S., Tejado, J.J., Rebollada, E., Martín, J.A., Gil, J. y Martínez, L.F. (2017). *Apuntes geológicos de la provincia de Cáceres*. Francisco Fernández de la Llave, Santos Martín Sánchez y Juan José Tejado Ramos (Coords.). Diputación de Cáceres, 76 p.
- Fernández, F., Martín, S., Rebollada, E., Tejado, J.J., Boixereu, E., Cortijo, I., Crespo, A., Martín, J.A., Martínez, L.F., Mora, A. y Muñoz, P. (2019). *Apuntes geológicos de la provincia de Cáceres. Vol. II*. Fernández de la Llave, F., Martín Sánchez, S., Rebollada Casado, E. y Tejado Ramos, J.J. (Coords.). Diputación de Cáceres, 103 p.
- Fernández-Lozano, J.; Bonachea, J.; Morellón, M. y Remondo, J. (2020). Un “pasapalabra” para el aprendizaje de conceptos geológicos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 28(1):50-59.
- Fonfría, J., Jiménez, C., García, M^a S. y Fernández, J. (2005). Carlos Vidal Box y la enseñanza de las ciencias naturales. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra (VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Educación Científica para la ciudadanía). Edición en CD-ROM.
- Fort, R., López, M^o del C., Pérez, E.M., Corbo, S., Varas, M^aJ., Vázquez, C., Gómez, M. y Álvarez, M. (2010). *Ruta geomonumental “Materiales de construcción utilizados en el Monasterio de Santa María de Pelayos de la Presa y antiguas canteras explotadas para la extracción de piedra granítica (Madrid)”*. X Semana de la Ciencia, 17 de noviembre de 2010.
- Freire, D.M. (2016). *El granito como piedra de construcción en Madrid: durabilidad y puesta en valor*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, 386 p.
- Fundación BBVA (2003). *La calidad en el aula: XVIII Premios Francisco Giner de los Ríos a la Mejora de la Calidad Educativa*. Bilbao, 222 p.
- Fundación Premysa (2010). *Buenas prácticas en la Vía de la Plata. Cinco años de programas de Escuelas taller, Casas de oficios y Talleres de empleo*. Béjar (Salamanca), 94 pp.
- Fundación Telefónica (2016). *Prepara tu escuela para la sociedad digital. Claves para sumarse al cambio*. 123 pp.

- Gaona, A. y Cumbreira, F. (1993). Las rocas ornamentales. Aplicaciones didácticas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 1(1):19-25.
- García, E., Sequeiros, L. y Pedrinaci, E. (1993). Fundamentos para el aprendizaje de la Geología de campo en Educación Secundaria: una propuesta para la formación del profesorado. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 1(1):11-18.
- García, C.M. (1998). De los obstáculos epistemológicos a los conceptos estructurantes: una aproximación a la enseñanza-aprendizaje de la Geología. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2):323-330.
- García, E. (2008). La ciencia y la enseñanza de las ciencias en España: un ejercicio de memoria histórica. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(1):125-140.
- García, C.A. (2014). La Escuela adopta un Monumento (2011-2013). *Vía Docente. Revista de Innovación y Divulgación Didáctica de Badajoz*, 0:12-15.
- García, J. y Martínez, J. (Coord.) (1992). Recursos minerales de España. CSIC. 1448 págs.
- García, J., Morcillo, M^a del C. y Ruiz, M. (1996). *Probabilidad y estadística I*. Universidad de Málaga. 342 p.
- García, A. y López, A. (2002). *Mapa de suelos de la provincia de Cáceres. Escala 1:300.000*. Universidad de Extremadura. Cáceres.
- García, A., Pérez, R., Espín, B., Benito, P., De Pablo, L., Gómez, M., Sarmiento, G.N., Canales, M^aL., González, L., Muñoz, M^aB., García, R., Hontecillas, D., Ureta, M^aS. y Del Moral, B. (2014). *Divulgación de la Geología: nuevas estrategias educativas para alumnos con necesidades educativas especiales por discapacidad intelectual*. En: El CSIC en la Escuela: Investigación sobre la Enseñanza de la Ciencia en el Aula:63-74.
- García, D. y Antón, L. (2018). Innovaciones en la enseñanza de la geología en la UNED. *100cias@uned*, 11:183-190.
- Gibbons, W. y Moreno, M^a T. (2002). *The geology of Spain*. Geological Society. 649 págs.
- Gil, J. (1983). La ruta natural más antigua de Extremadura. *Grado*, 1/2(1). Cáceres.

- Gil, J. (2004). *Via delapidata: identificación de una carretera romana por la procedencia de los materiales*. Elementos de ingeniería romana: Congreso europeo "Las obras públicas romanas", 3-6 noviembre 2004, Tarragona. Raúl Alba, Isaac Moreno Gallo y Ricardo Gabriel Rodríguez (Coords.).
- Gil, J. (2012). Características geológicas del Geoparque de las Villuercas. *Alcántara*, 76:83-98.
- Gil, J. y Bayón, S. (2010). La Cañada Real de la Plata y la Calzada Romana de la Plata. *El Nuevo Miliario*, 10:29-40.
- Gobierno de España (2018). *Plan de Acción para la implementación de la agenda 2030. Hacia una Estrategia Española de Desarrollo Sostenible*. Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación. 164 p.
- Gómez, M., Martínez, M^a I., Castiñeiras, P., Muñoz, M^aB., Pérez-Soba, C., Rossi, C., Sanz, E. y Varas, M^aJ. (2011). Guías interactivas creadas con Google Earth™ para la preparación y seguimiento del trabajo de campo en Ciencias de la Tierra. *Relada*, 6 (2):189-196.
- Gómez-Gómez, M, Danglot-Banck, C. y Vega-Franco L. (2003). Sinopsis de pruebas estadísticas no paramétricas. Cuándo usarlas. *Revista Mexicana de Pediatría*, 70(2):91-99.
- González, F.M. (1992). Los mapas conceptuales de J.D. Novak como instrumentos para la investigación en didáctica de las ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(2):148-158.
- González, A.A. (2012). Implicaciones de un currículo basado en competencias para la enseñanza de la Economía. *eXtoikos*, 5:121-127.
- González, J.M. (2014). *Puentes de fábrica romanos y medievales en la provincia de Cáceres*. Tesis Doctoral, 664 pp. Universidad Politécnica de Madrid.
- González, J.M. (2018). Camino de la Plata: contextualización del apelativo a partir de su campo semántico y de procesos homofónicos. *Studia Zamorensia*, XVII:211-227.

- González, M. y Baratas, A. (2011). *Actas del 1^{er} Congreso de Docentes en Ciencias de la Naturaleza. Investigación y Didáctica para las Aulas del Siglo XXI*. Ed. Santillana. 234 p.
- González, F. y Moreno, C. (2012). Itinerarios geológicos virtuales: una experiencia docente desarrollada por alumnos. *Comunicaciones del XVII Simposio sobre Enseñanza de la Geología*. Huelva, 9-14 de julio de 2012.
- González, M.M^a, Hermoso de Mendoza, C., Moreno, M.I. y Morcillo, A. (2016). ITER PER EMERITAM. Tras los pasos de Augusto en Mérida. *Cáparra*, 15:22-29.
- Granda, A. (1988). Esquemas conceptuales previos de los alumnos en Geología. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3):239-243.
- Guereña, J.L. (1988). La enseñanza secundaria en la historia de la educación en España. *Historia Educativa*, 17:415-443.
- Guffey, S.K., Slater, S.J., Schleigh, S.P., Slater, T.F. y Heyer, I. (2016). Surveying geology concepts in education standards for a rapidly changing global context. *Contemporary Issues in Education Research*, 9(4):167-188.
- Guillén, R. y Hernández, A.M^a (2018). La colaboración de la escuela y las instituciones culturales para la Educación Patrimonial: estudio de caso. *CLIO. History and History teaching*, 44:1139-6237.
- Guirado, C., Garzón, A. y Gisbert, J. (2014). *Propuesta didáctica sobre la deriva continental utilizando diferentes recursos TICs. Póster*. 26 Encuentro sobre Didáctica de las Ciencias Experimentales. Huelva, 8 al 12 de septiembre de 2014. Universidad de Huelva.
- Gutiérrez, M. (ed.) (1994). *Geomorfología de España*. Ed. Rueda. 526 págs.
- Hamey, L.A. y Hamey, J.A. (2015). *Los ingenieros romanos*. Akal. Torrejón de Ardoz. 48 pp.
- Hernández, M^aP. (2009). *La evolución de las ciencias naturales en la segunda enseñanza española (1836-1970)*. Universidad de Extremadura. 660 pp.

- Hernández, A. M., Burgui, M., Velázquez, F. y Corrales, J. M. (2018). ¿Responden los libros de texto a las demandas de la educación ambiental? Un análisis para la educación secundaria. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 77, 80–110.
- Hernandez-Pacheco, F. (1954). Los materiales pétreos empleados en el adoquinado de Madrid. *Las Ciencias*, XIX(4):1037-1067.
- IGME (1983). *Libro jubilar J.M. Ríos: geología de España*. (J. Comba, Ed). 656 pp.
- Jiménez, M^a P. (2012). *Las prácticas científicas en la investigación y en la clase de ciencias*. XXV Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales (Editor: Domínguez Castiñeiras, J.M.). Santiago de Compostela, 5, 6 y 7 de septiembre de 2012. Universidad de Santiago de Compostela y APICE.
- Jiménez-Beltrán, D. (2001). Diez años después de la Cumbre de Río. Dónde estamos y adónde vamos. *Diagnósticos Ambientales*, 22:57-78.
- Johnson, C.C., Middendorf, J., Rehrey, G., Dalkilic, M.M. and Cassidy, K. (2014). Geological time, biological events and the learning transfer program. *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, 14(4):115-129.
- Jolley, A., Jones, F. y Harris, S. (2013). Measuring student knowledge of landscapes and their formation timespans. *Journal of Geoscience Education*, 61:240-251.
- Jordá, R. (2019). La Junta de Extremadura comprometida con la seguridad de los espacios turísticos subterráneos. *Tierra y Tecnología*, 53 (versión on-line). <https://www.icog.es/TyT/index.php/2019/01/la-junta-de-extremadura-comprometida-con-la-seguridad-de-los-espacios-turisticos-subterranos/>.
- Julivert, M. (2014). *Una historia de la geología en España: en su contexto socioeconómico, cultural y político, y en el marco de la geología internacional*. Universidad de Barcelona. 295 pp.
- Junta de Castilla y León (2021). *El Camino de Santiago como aula*. Portal de educación de Castilla y León, EDUCACYL. <http://www.educa.jcyl.es/profesorado/en/recursos-aula/camino-santiago-aula>.
- Junta de Extremadura (1999). *Premios Joaquín Sama 1998 a la innovación educativa*. Consejería de Educación y Juventud. Tomo 2:311-365.

- Junta de Extremadura (2002). *REDINET en Extremadura Red Estatal de Bases de Datos de Información Educativa*. 549 pp.
- Junta de Extremadura (2005). *Patrimonio geológico de Extremadura: geodiversidad y lugares de interés geológico*. Muñoz Barco y Martínez Flores (Eds.).
- Junta de Extremadura (2007). *Acuerdo para la mejora de la calidad de la educación en el siglo XXI en Extremadura*. 62 p.
- Junta de Extremadura (2009). *Guía turística de rutas histórico-artísticas de Extremadura*. 105 p.
- Junta de Extremadura-Universidad de Extremadura (2010). *Mapa geológico de Extremadura 1:250.000 y memoria*. Teodoro Palacios Medrano (Dir.).
- Junta de Extremadura (2015). Evaluación Inicial Proyecto: “La escuela adopta un monumento”. https://www.educarex.es/pub/cont/com/0047/documentos/escuela_adopta_un_monumento_evinicial.pdf.
- Junta de Extremadura (2016). *Guía de Servicios Educativos de Extremadura, curso 2016-2017*. <https://www.educarex.es/>.
- Junta de Extremadura (2017). Extremadura 2030. Estrategia de economía verde y circular. <https://extremadura2030.com/wp-content/uploads/2018/05/estrategia2030.pdf>.
- King, C. (2008). Geoscience education: an overview. *Studies in Science Education*, 44(2):187-222.
- King, C., Kennett, P. y Devon, E. (2013). Earthlearningidea: a worldwide web-based resource of simple but effective teaching activities. *Journal of Geoscience Education*, 61:37-52.
- Krepel, W.J. y Durrall, C.R. (1981). *Fieldtrip: A guide for planning and conducting educational experience*. Washington, DC: NSTA.
- Kripop, Ch.J. y Otieno, J.T. (2016). Students’ perceptions of the administration and management of fieldcourses: the case of third year students at Moi University, 2015. *Advances in Social Sciences Research Journal*, 3(11):176-192.
- Lacreu, H.L., Sosa, G. del R., Casalí, N., Martínez, A.N., Merlo, M., Díaz Mayo, A., Gómez, F.; Belpoliti, N. y Martínez, R. (2012). Paseos Geológicos Urbanos. *Fundamentos en Humanidades*, vol. XIII, nº 26:285-297.

- Lagar, D., García, R. y Pulido, M. (2013), Caracterización del potencial turístico del Geoparque Villuercas-Ibores-Jara (Extremadura, España). *Investigaciones Turísticas*, 5:136-162.
- Linemann, U., Pieren, A., Hofmann, M., Drost, K., Quesada, C. Gerdes, A., Marko, L., Gärtner, A., Zieger, J., Ulrich, J., Krause, R., Vickers-Rich, P. y Horak, J. (2018). A ~565 Ma old glaciation in the Ediacaran of peri-Gondwanan West Africa. *International Journal of Earth Sciences*, 107(3):885-911.
- Lisowski, M. (1987). *The effect of field-based learning experiences on students' understanding of selected ecological concepts*. Tesis Doctoral. Universidad Estatal de Ohio.
- López, J. (2007). Las salidas de campo: mucho más que una excursión. *Educación 2000: Revista de Educación del Profesorado*, 11:100–103.
- López, C.O. (2013). La educación para el desarrollo sostenible. Una solución de vida para el planeta. En: *Sustentabilidad. Educación, Comunicación, Medio Ambiente*. Navarro Zamora y Guerra Ruiz-Esparza (Coord.). Fundación Manuel Buendía. 157 pp. México.
- López, F.L. (2017). Las series cartográficas: el Mapa Geológico. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 14:107-123.
- López-Gay, R. (2017). Una revisión bibliográfica de la obra de Emilio Pedrinaci. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 87:36-47.
- Lozano, M. (2007). El proyecto Alba-Plata (1998-2004): ruta patrimonial de Extremadura. *Revista de estudios extremeños*, 63(2):585-597.
- Maldonado, J.J. (2010). *La Vía de la Plata: posibilidades educativas y aprovechamiento pedagógico de un proyecto cultural, turístico y de ocio*. [TFM]. Facultad de Educación. Universidad de Extremadura. No publicado.
- Maldonado, J.J., Corrales, J.M^a y Cardenal, M. (2018). *Patrimonio natural, educativo, cultural y socioeconómico de la Vía de la Plata en Extremadura*. En: Gómez-Ullate, M., Ochoa Siguencia, L., Álvarez-García, J. Del Río Rama, M. de la C. (ed.). *Cultural Routes and Heritage. Tourism and Rural Development. Cultour +. Book of Proceedings*:53-74.

- Manjón, J. (2018). Se supone que.... *Meridies*, 17/21:19-22.
- Marcos, J.M^a (2020). *Emociones y aprendizaje en las actividades prácticas de Biología en Educación Primaria y en el Grado de Maestro en Educación Primaria*. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura. 393 p.
- Marín, C. (2013). *Vicente Paredes Guillén (1840-1916). Medio siglo de trabajos, estudios y opiniones sobre la Vía de la Plata*. Actas XIV Jornada de Historia de Fuente de Cantos. La Vía de la Plata y otros Estudios sobre Extremadura. Fuente de Cantos, 109-128.
- Maroto, R.M., Morcillo, J.G. y Villacorta, J.A. (2008). Prácticas de campo y TIC: una webquest como actividad preparatoria de un itinerario en La Pedriza (Madrid). *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 16(2):178-184.
- Martín, S. (1994). *Materiales pétreos tradicionales de construcción en Madrid*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. 833 p.
- Martínez, E. (2017). Importancia de las rutas geológicas en la educación en Geociencias. *Tierra y Tecnología*, 49. <http://dx.doi.org/10.21028/emm.2017.02.07>.
- Martínez, J. (2019). Los monumentos como laboratorios de geología: Actividades didácticas para el estudio del patrimonio arquitectónico desde las Ciencias de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 27(1):66-74.
- Mateos, J.A., Lozano, J., Rebollada, E. y Gil, J. (2015a). La herencia geológica de don Eduardo. En: *Descripción geológica del macizo granítico de Montánchez y de los terrenos sedimentarios inmediatos a él, por Eduardo Hernández-Pacheco. Madrid-Mayo 1896*. José María Corrales (Ed.). Universidad de Extremadura-Asociación Geológica de Extremadura. 285 p.
- Mateos, J.A., López, R. y Sánchez, P. (2015b). *Estudio y cartografía del paisaje: El mapa del paisaje en Extremadura*. En: Nieto Masot, A. (Ed.). Actas “Aplicaciones TIG en el ámbito territorial. Transferencia a universidad, sector público y empresa”: 209-223.
- Matías, R. (2016). Las Médulas (León, España): revisión e incógnitas sobre la tecnología minera romana de la mayor explotación del mundo antiguo. *Actas del XI Congreso*

- Internacional de Historia de la minería* (Linares, 6 – 11 septiembre de 2016). 235-244.
- McConnell, D.A., Steer, D.N. y Owens, K.D. (2003). Assessment and active learning strategies for introductory Geology courses. *Journal of Geoscience Education*, 51(2):205-216.
- Meléndez, I. (2004). *Geología de España: una historia de seiscientos millones de años*. Editorial Rueda, S.L. 277 pp.
- Mendoça, C.A.S. (2013). El uso de mapas conceptuales progresivos como estrategia de enseñanza y aprendizaje en la formación de profesores de Biología. *Journal for Educators, Teachers and Trainers*, 4(1):107-121.
- Mendoza, M^aJ.V. (2013). La comprensión estadística en los estudiantes universitarios: un estudio entre alumnos del centro de ciencias sociales y humanidades de la UAA. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Aguascalientes. 158 pp.
- Mendoza, S.Y.G., Romero, H.M.G., Taisigüe, Á.J., Jirón, C.L.B. y Sile, S. del C.H. (2019). Discriminación, fiabilidad y validez de una escala factorial de la felicidad con estudiantes universitarios. *Revista Electrónica de Conocimientos, Saberes y Prácticas*, 2(2):55-70. <https://doi.org/10.5377/recsp.v2i2.9299>
- Mestre, M^a (2015). *Proyectos transversales desde la educación: la ciudad como espacio de investigación urbana*. En: *Personas y comunidades: Actas del Segundo Congreso Internacional de Buenas Prácticas en Patrimonio Mundial, Menorca (España)*, 29-30 de abril a 1-2 de mayo de 2015. Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones, Madrid, 1187 pp.
- Ministerio de Educación y Cultura (1998). *Premios Nacionales 1997 a la Innovación Educativa*. Centro de Investigación y Documentación Educativa. 65 p.
- Ministerio de Educación y Formación Profesional (2021). EDUCABASE, base de datos del Ministerio de Educación y Formación Profesional. <https://www.educacionyfp.gob.es/>.
- Moliner, O., Moliner, L. y Sales, A. (2012). Enseñar y aprender Biología y Geología a través de la tutoría entre iguales. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(3):189-206.

- Montiel, K. y Gouveia, E. (2007). Los mapas conceptuales como técnica cognitiva para el aprendizaje significativo de la geografía física. *Omnia*, 13(1):79-104.
- Morales, P. (2009). Análisis de ítems en las pruebas objetivas. Universidad Pontificia de Comillas de Madrid: Facultad de Ciencias Humanas y Sociales. <https://educreea.cl/wp-content/uploads/2014/11/19-nov-analisis-de-items-en-las-pruebas-objetivas.pdf>.
- Morales, J.A. (2012). *El uso de Facebook como herramienta en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra*. Comunicaciones del XVII Simposio sobre Enseñanza de la Geología (Huelva, 2012):275-278.
- Morcillo, J.G., Herrero, C., Centeno, J. de D, Anguita, F., Muñoz, F., Ortega, O. y Sánchez, J. (1997). El seminario sobre metodologías en las prácticas de campo: Rascafría 96. Resultados y valoración. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 5(1):69-76.
- Morcillo, J.G., Rodrigo, M., Centeno, J. de D. y Compiani, M. (1998). Caracterización de las prácticas de campo: justificación y primeros resultados de una encuesta al profesorado. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 6(3):242-250.
- Moreira, M.A. (2010). *Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas V e unidades de ensino potencialmente significativas*. Universidade do Rio Grande do Sul, 87 p.
- Moreno, I. (2010). *Vías romanas: las huellas de la ingeniería perdida*. V Congreso de Obras Públicas Romanas: Técnicas y construcciones en la Ingeniería Romana, Madrid, 11-46.
- Moreno, I. (2011). Valorización de la ingeniería romana. *Ingeniería y Territorio*, 92:62-69.
- Moreno, I. (2018a). Vías romanas. Estado de la cuestión y perspectivas de futuro. *Dendra Médica. Revista de Humanidades*, 12(2):211-233.
- Moreno, I. (2018b). Vías romanas. Identificación por la técnica constructiva. *Rutas*, 176:40-45.
- Moreno, D. y Carrillo, J. (2020). Normas APA 7ª edición. Guía de citación y referenciación. Universidad Central (Colombia). 44 p.
- Morín, E. (2001). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. Bueno Aires, Nueva Visión.

- Morón, H., Morón, M^a del C., Wamba, A. M^a y Jiménez, R. (2012). Una propuesta metodológica para la enseñanza de la biología y geología en la educación secundaria. *Revista de Educación en Biología*, 15 (2):58-68.
- Mosquera, J.L., Fernández, R.C. y Ambrona, E. (2014). Programa educativo: la escuela adopta un monumento (Extremadura). Fontal, O; Ibáñez-Etxeberria, A. y Martín, L. (Coords.) *Reflexionar desde las experiencias. Una visión complementaria entre España, Francia y Brasil. Actas del II Congreso Internacional de Educación Patrimonial*. Madrid: IPCE/OEPE.
- Mota, M^aI. (2015). *Caracterización y procedencia de los materiales geológicos utilizados en el teatro y anfiteatro de la ciudad de Mérida en época romana*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, 468 p.
- Muñiz, J. (2010). Las teorías de los tests: Teoría Clásica y Teoría de Respuesta a los Ítems. *Papeles del Psicólogo*, 31(1):57-66.
- Muñoz, D.M. (2010). Sobre el topónimo “Camino de la Plata” y el eje S-N / N-S del occidente hispano. Nuevas consideraciones, aportaciones y reflexiones. *El Nuevo Miliario*, 11:5-36.
- Muñoz, D.M. (2015). *La vía, camino, cañada, ruta... "de la Plata". Historia y futuro de un camino vivo en el occidente de Europa*. XVI Jornadas de Historia de Fuente de Cantos (Fuente de Cantos, 14 de noviembre de 2015). Libro de Actas, 143-191.
- Muñoz, P., Martínez, E. y Garzón, M^a G. (2014). Patrimonio geológico de Extremadura y conservación del paisaje. *Geogaceta*, 55:47-50.
- Muñoz, M^aB., González, L., García, A., Pérez, R., Espín, B., Benito, P., De Pablo, L., Gómez, M., Canales, M^a L., Sarmiento, G.N., Ureta, S. y Del Moral, B. (2015). Evaluación del aprendizaje significativo del concepto “Tiempo Geológico” en estudiantes con necesidades educativas especiales por discapacidad intelectual. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 23(2):220-231.
- Muriel, A., López, A. y González-Quijano, P. (1998). *La Vía de la Plata. De Mérida a Cáparra. Viaje en bici por la calzada romana en Extremadura*. En: Premios Joaquín Sama 1997 a la Innovación Educativa, tomo I. Junta de Extremadura.

- Murillo, F., Franco, J.A., Sánchez, C. y García, L.M. (1996). *Premios Joaquín Sama 1995 a la innovación educativa*. Consejería de Educación y Juventud (Junta de Extremadura).
- Nogales, T. y Álvarez, J.M^a (2020). *El museo arqueológico de Mérida y su papel en el primer tercio del siglo XX*. Actas X Jornadas de Historia de Almodóvar y Tierra de Barros: Almodóvar y Tierra de Barros en el primer tercio del siglo XX (1898-1931): 13-40. Almodóvar, 22-25 de noviembre de 2018. Asociación Histórica de Almodóvar.
- Nokonoko, L. (2015). *Sophie en el camino*. Ministerio de Educación, Cultura y deporte. OQO Editora. <http://estaticos.educalab.es/intef/recursos/caminodesantiago/>.
- Novak, J.D. y Cañas, (2010). *The universality and ubiquitousness of concept maps*. Concept Maps: Making Learning Meaningful Proc. of Fourth Int. Conference on Concept Mapping J.Sánchez, A.J.Cañas, J.D.Novak, Eds. Viña del Mar, Chile, 2010.
- Núñez, V., Pérez-Salamero, J. M., Regulez-Castillo, M., Ventura-Marco, M. y Vidal-Meliá, C. (2019). Automatic regrouping of strata in the goodness-of-fit Chi-square test. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3337624>
- OCDE. (2003). *Marcos teóricos PISA 2003. Conocimientos y destrezas en Matemáticas, Lectura y Ciencias*. Solución de problemas. París.
- Ojeda, A., Díaz, F.E., González, L., Pinedo, P. y Hernández, M.E. (2007). Los mapas conceptuales: una poderosa herramienta para el aprendizaje significativo. *ACIMED*, 15(5).
- Oliveira, D.P.S., Silva, T.P. y Guimaraes, F. (2016). Mineralogical and geochemical characterization of Série Negra black quartzites, Coimbra-Cordoba Shear Zone, East Portugal. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 29(2):23-38.
- Ordaz, J. (1978). La geología en España en la época de Guillermo Schultz (1800-1877). *Trabajos de Geología*, 10:21-35.
- Orrego, F. (2015). El “Mundus Subterraneus” de Juan Ignacio Molina o el geólogo como economista. *Asclepio. Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia*, 67(2):112. <http://dx.doi.org/10.3989/asclepio.2015.30>.

- Ortiz, J.E., De Torres, T., Martín-Sánchez, D. y Arribas, I. (2012). Mejora de la enseñanza de la Geología mediante e-learning. *Relada*, 6(2):117-125.
- Osgood, Ch.E., Suci, G.J. y Tannenbaum, P.H. (1957). *The measurement of meaning*. University of Illinois Press.
- Oviedo, H.C. y Campo-Arias, A. (2005). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 34(4):572-580.
- Palacios, T., Eguiluz, L., Apalategui, O., Jensen, S., Martínez, L.M., Carracedo, M., Gil, J.I., Sarrionandia, F. y Martí, M. (2013). *El Mapa Geológico de Extremadura 1/350.000 y su memoria*. Universidad del País Vasco. 222 p.
- Pampliega, E. (2013). *Salidas de campo. Tutorial Google Earth*. Curso Ilustre Colegio Oficial de Geólogos (ICOG). <http://icog.es/cursos/index.php/salidas-de-campo-tutorial-google-earth>.
- Pardo, P. (2004). ¿Qué actividades proponen los libros de texto elaborados para enseñar Geología? *Revista de Educación*, 27:49-60.
- Pedrinaci, E. (2012). Trabajo de campo y aprendizaje de las ciencias. *Alambique*, 71:81-89.
- Pedrinaci, E. (2013). Alfabetización en Ciencias de la Tierra y competencia científica. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21(2):208-214.
- Pedrinaci, E., Alcalde, S., Alfaro, P., Ruiz-Almodóvar, G., Barrera, J.L., Belmonte, A., Brusi, D., Calonge, M^aA., Cardona, V., Crespo-Blanc, A., Feixas, J.C., Fernández Martínez, E.M., González-Díez, A., Jiménez-Millán, J., López Ruiz, J., Mata-Perelló, J.M^a, Pascual, J.A., Quintanilla, L., Rábano, I., Rebollo, L., Rodrigo, A. y Roquero, E. (2013). Alfabetización en Ciencias de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21(2):117-129.
- Pedrinaci, E. (2014). La Geología en la Educación Secundaria: situación actual y perspectivas. *Macla*, 14:32-37.
- Perales, F.J. (2012). Presentación del XXV Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales (Editor: Domínguez Castiñeiras, J.M.). Santiago de Compostela, 5, 6 y 7 de septiembre de 2012. Universidad de Santiago de Compostela y APICE. Disponible en: www.apice-dce.com/sites/default/files/XXV%20EDCE.pdf.

- Pérez, E.M., Fort, R., Álvarez, M. y Varas, M^aJ. (2008). Rutas Geomonumentales: la geología para la enseñanza y difusión del patrimonio arquitectónico. *Tierra y Tecnología*, 33:39-46.
- Pérez, J.H., Acuña, N., y Arratia, E.R. (2008). Nivel de dificultad y poder de discriminación de tercer y quinto examen parcial de la Cátedra de Citología e Histología 2007 de la carrera de Medicina de la UMSAA. *Revista Cuadernos*, 53(2):16-22.
- Pérez, J.V., Jiménez, A., Azañón, J.M. y Azor, A. (2013). Desarrollo de un servidor SIG para la realización de excursiones geológicas virtuales. *Geogaceta*, 54:159-162.
- Pinto, M. (2018). *Iniciación a la investigación*. <http://www.mariapinto.es/e-coms/iniciacion-a-la-investigacion/>.
- Puche, O. (2011). *Apuntes biográficos de Claude Domergue*. Actas V Congreso Internacional sobre Minería y Metalurgia Históricas en el Suroeste Europeo (León, 2008), 5-50. SEDPGYM.
- Pulgarín, R. (1998). La excursión escolar como estrategia didáctica en la enseñanza de la Geografía. *La Gaceta Didáctica*. 2:13-15.
- Quero, M. (2010). Confiabilidad y coeficiente Alpha de Cronbach. *Telos*, 12(2):248-252.
- Quero, J.M., Rivas, P., Barriuso, L., Climent, F., Gil, A., Hernández, A., López, J., Ruiz, A. y Serna, A. (2013). La red de geoparques españoles: un modelo de desarrollo sostenible vinculado a la a la diversidad geológica. *Quercus*, 325:38-48.
- Quesada, C., Oliveira, J. (Eds.) (2019). *The Geology of Iberia: A Geodynamic Approach*. Regional Geology Reviews. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-10519-8_12
- Ramírez, T. (2010). *Cómo hacer un proyecto de investigación*. Caracas, Corporación Marca, S. A.
- Ramón, L., Roberto, E. y Brusi, D. (2014). Descubriendo los secretos de la Tierra. Geomagnetismo: experimentos y demostraciones didácticas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 22(2):147-156.

- Rebollada, E., Gumiel, P., Arias, M., Martín, S.J., Muñoz, P. y Tejado, J.J. (2009). *Guía de la excursión pre-congreso*. Libro de resúmenes. X Congreso Internacional sobre Patrimonio Geológico y Minero. Coria (Cáceres), 24 a 27 de septiembre de 2009.
- Rebollada, E. y González, R. (2010). *Museo de Geología de Extremadura: historia de un laboratorio de investigación geológico-minera*. En: Una visión multidisciplinar del patrimonio geológico y minero (Pedro Florido, Isabel Rábano, Eds.). Cuadernos del Museo Geominero: 613-618. Madrid, I.G.M.E.
- Rebollada, E., Gil, J., Barrera, J.M^a, Murillo, M., Cubero, J.J. y Muñoz, P. (2014). *El patrimonio geomorfológico en el Geoparque Villuercas Ibores Jara*. Actas XIII Reunión Nacional de Geomorfología (Cáceres, septiembre de 2014).
- Rebollada, E. (2015). *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias geológicas a partir de los recursos que ofrece el patrimonio de las ciudades: el caso de Cáceres*. [TFM]. Facultad de Formación del Profesorado. Universidad de Extremadura. <http://dehesa.unex.es/handle/10662/3471>.
- Rebollada, E., Fernández, F., Tejado, J.J., Martín, S., Gil, J., Martínez, L.F. (2015). La difusión de la geología a través del Geolodía por la ciudad monumental de Cáceres. *Actas I Congreso sobre Patrimonio Geológico y Minero de La Serena* (Quintana de la Serena y Valle de la Serena, 8 y 9 de mayo de 2015).
- Rebollada, E., Campos, M.A. y Cabezas, M^aT. (2016). *Estado del arte del termalismo en Extremadura: recursos minero-medicinales, condicionantes ambientales, tramitación administrativa y aprovechamiento turístico y terapéutico*. Derecho ambiental en tiempo de crisis: comunicaciones presentadas al Congreso de la Red ECOVER (A Coruña, 19 y 20 de noviembre de 2015):257-288.
- Rebollada, E.; Gil, J.; Muñoz, D.M. y Corrales, J.M^a. (2017a). Los recursos didácticos del corredor Vía de la Plata en Extremadura: una propuesta de su enseñanza en relación con las Ciencias de la Tierra. *Actas de VIII Jornadas de Historia de los Santos de Maimona: 181-207* (Los Santos de Maimona, 2 y 3 de diciembre de 2016).
- Rebollada, E., Corrales, J.M^a y Rus, E. (2017b). *Enseñanza de las Geociencias en la ciudad medieval de Cáceres (España)*. *Investigación aplicada al nivel de Educación*

Secundaria en alumnos de la Facultad de Formación del Profesorado de la Universidad de Extremadura. Publicia. Alemania. 165 pp.

Rebollada, E. y De las Llanderas, A. (2017). El viaje de los ingleses Daubeny y Widdrington (1829-1845) de Navalmoral de la Mata a Guadalupe: la ruta de la fosforita de Logrosán. *Revista de Estudios Extremeños*, LXXIII (1):701-744.

Rebollada, E., Corrales, J.M^a, Rus, E. y Martínez, L.F. (2018a). Utilización del patrimonio geológico, arqueológico y minero en la Vía de la Plata: una experiencia didáctica en el parque-cantera de la Cueva de Maltravieso (Cáceres, España). *XVII Congreso Internacional sobre Patrimonio Geológico y Minero* (Almadén, 21-24 septiembre de 2017).

Rebollada, E., Corrales, J. M^a y Rus, E. (2018b). *Patrimonio cultural de las ciudades vinculadas con la Vía de la Plata en Extremadura: un recurso para la enseñanza de las ciencias llevado a cabo en la ciudad de Cáceres*. En: Gómez-Ullate, M., Ochoa Sigüencia, L., Álvarez-García, J. Del Río Rama, M. de la C. (ed.). *Cultural Routes and Heritage. Tourism and Rural Development. Cultour +. Book of Proceedings*: 75-84.

Rebollada, E., Fernández, F.J., Muñoz, P., De Tena, M^a T. y Tejado, J.J. (2018c). *Geología*. En: Monumento Natural Mina La Jayona: un museo de ciencias naturales al aire libre. Crisóstomo, C., Rebollada, E., Muñoz, P. y Espina, S. (Eds.). Junta de Extremadura. 223 pp.

Rebollada, E. y Corrales, J.M^a (2019). Esbozo histórico del conocimiento sobre las geociencias de Extremadura (España) y bases conceptuales de la potencialidad de sus recursos geológicos para usos educativos. *Tabularium*, 6(1):212-226.

Rebollada, E. (2019). *Castillos geológicos*. En: Desarrollo y sostenibilidad: Reserva de la Biosfera de Monfragüe. Diputación de Cáceres. 38-49.

Redondo, C. y Mellado, V. (1997). Los mapas conceptuales en la formación inicial de maestros en la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 5.3:211-218.

Redondo, C. (2018). *La Segunda Enseñanza Pública en Extremadura (1900-1936)*. Tesis Doctoral. Universidad de Málaga. 347 pp.

- Redondo, C., Jociles, A., Ruiz, C., Caro, C. y González, T. (1987). Rocas y minerales de la región extremeña: su utilización didáctica. *Campo Abierto: Revista de Educación*, 4:213-219.
- Rengifo, J.I., Campesino Fernández, A.J. y Sánchez Martín, J.M. (2015). El turismo en la ciudad de Cáceres (1986-2010): un cuarto de siglo emblemático. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 67:375-401.
- Ribeiro de Assis, F.P., Soares, C.M^a y Soares, C.A. (2012). *El mapa conceptual como un recurso didáctico en construcción de los conceptos de la Astronomía*. En: Concept Maps: Theory, Methodology, Technology Proc. of the Fifth Int. Conference on Concept Mapping Valletta, Malta 2012.
- Ribeiro de Assis, F.P. (2014). *El uso del mapa conceptual como recurso didáctico facilitador del aprendizaje significativo de conceptos científicos de ciencias naturales en la enseñanza primaria*. Tesis doctoral. Universidad de Burgos.
- Ríos, N. (2018). *Cartografía de Lugares de Interés Geológico-Geomorfológico en Extremadura*. Trabajo Fin de Grado. Departamento de Arte y Ciencias del Territorio. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Extremadura.
- Ripollés, M^a del C. (2014). *Evolución de la Didáctica de las Ciencias Naturales en España desde el Informe Quintana hasta la L.O.E.* Tesis doctoral. Universidad Miguel Hernández.
- Rivero, J.M. (1996). *Itinerario geológico por Aliseda y Malpartida de Cáceres*. En: Premios Joaquín Sama 1995 a la Innovación Educativa, tomo 1. Junta de Extremadura.
- Rivero, M. (2018). *Descripción, análisis y evaluación de una reunión científica para estudiantes de ESO y Bachillerato*. Trabajo Fin de Máster. Universidad Católica de Ávila. 53 pp.
- Roa, R. (2017). Estructura del proyecto de investigación. Instituto Superior de Relaciones Internacionales de Cuba. En: <http://www.isri.cu/content/estructura-del-proyecto-de-investigacion>.
- Rocard, M. (2007). *Science education Now: A renewed Pedagogy for the future of Europe*. Belgium: European Communities. Resumen en *Alambique*, 55, 104-117.

- Rodrigo, M., Morcillo, J.G., Borges, R., Calvo, M^a A., Cordeiro, N., García, F. y Raviolo, A. (1999). Concepciones sobre el trabajo práctico e campo (TPc): una aproximación al pensamiento de los futuros profesores. *Revista Complutense de Educación*, 10(2):261-285.
- Rodríguez, E., Romero, D. y Fesharaki, O. (2014). Gymkhana geourbana como método didáctico y de motivación de estudiantes de Geología. *Reduca (Geología). Serie Fundamentos de Geología*, 6(1):1-25.
- Rodríguez, M.L. y Moreira, M.A. (2018). *Mapas conceptuales: herramientas para el aula*. Octaedro.
- Roldán, J.M (1971). *Iter ab Emerita Asturicam: el Camino de la Plata*. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca, 191 p.
- Roldán, J.M (2007). El Camino de la Plata: iter o negotium. *Gerión. Revista de Historia Antigua*, vol. Extra:323-340.
- Romero J.L. (2011). La educación en España: análisis, evolución y propuestas de mejora. *Innovación y Experiencias Educativas*, 42:1-15.
- Romero, G., García, A. y Cambil, M^aE. (2016). Valores sociales en la nueva realidad curricular: LOE versus LOMCE. *Opción*, 8:689-712.
- Ruiz, P. (2000). *Métodos estadísticos para investigación agraria y biológica*. Junta de Extremadura.342 pp.
- Rus, E. (2019). *Uso de los índices de facilidad y discriminación en la estimación de la confiabilidad de los cuestionarios en las geociencias*. VII Congreso Internacional de emprendimiento AFIDE. Córdoba, 23-28 septiembre 2019.
- Salazar, O.F., Vélez, C.M. y Zuleta, J.J. (2015). Evaluación de conocimientos con exámenes de selección múltiple: ¿tres o cuatro opciones de respuesta? Experiencia con el examen de admisión a posgrados médico-quirúrgicos en la Universidad de Antioquia. *IATREIA*, 28(3):300-311.
<https://doi.org/10.17533/udea.iatreia.v28n3a08>.
- Salazar, D. M., Ruiz, F. J., Suárez-Falcón, J. C., Barreto-Zambrano, M. L., Gómez-Barreto, M. P. y Flórez, C. L. (2019). Psychometric properties of the Avoidance and Fusion

- Questionnaire – Youth in Colombia. *Journal of Contextual Behavioral Science*, 12:305-313. <https://doi.org/10.1016/j.jcbs.2018.11.008>
- Sánchez, S. (2002). *Diagnóstico y Perspectivas de la Educación Ambiental en Extremadura*. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura,
- Sánchez, A. (2011). Estudio del patrimonio minero de Extremadura. En: P.Florido e I.Rábano (Eds.). *Una visión multidisciplinar del patrimonio geológico y minero*. Cuadernos del Museo Geominero, 12. IGME. Madrid:3-30.
- Sánchez, A. (2014). *La excavación, conservación y puesta en valor de las calzadas romanas. Estudio crítico y propuesta metodológica para la recuperación social de un patrimonio arqueológico inmueble*. TFM. Universidad de alicante. 143 p.
- Sánchez, F.J. y Currás, B.X. (2017). Minería del oro y explotación del territorio en Lusitania: estado de la investigación. IX Mesa Lusitania (Mérida):393-415.
- Sanchidrián, C. y Arias, B. (2013). La construcción de la identidad nacional española a través de los cuadernos escolares (1957-1959). *Revista de Investigación Educativa*, 31(1):257-274.
- Sanmartí, N. y Márquez, C. (2017). Aprendizaje de las ciencias basado en proyectos: del contexto a la acción. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 1(1):3-16.
- SEDPGYM (2009). El Congreso de Coria: XIV Sesión Científica de SEDPGYM y X Congreso Internacional sobre Patrimonio Geológico y Minero. *De Re Metallica*, 13:99-100.
- Sequeiros, L. (1998). De la III Cumbre de la Tierra (Río de Janeiro, 1992) al fracaso de la Conferencia de Kyoto (1997): claves para comprender mejor los problemas ambientales del planeta. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 6.1:3-12.
- SGE-IGME (2004). *Geología de España*. J.A. Vera (Ed.). 649 p.
- Simancas, F., Expósito, I., Azor, A., Martínez, D. y González, F. (2004). From the Cadomian orogenesis to the Early Palaeozoic Variscan rifting in Southwest Iberia. *Journal of Iberian Geology*, 30:53-71.

- Sos, V. (1988). Sobre la enseñanza de la Geología general en el Bachillerato de España (1845-1936). *Boletín de la Institución Libre de Enseñanza*, 5:3-12.
- Sos, A. (2013). *Biografía del profesor Dr. D.Vicente Sos Baynat*. Publicacions de la Universitat Jaume I. Servei de Publicacions de la Diputació de Castelló.
- Souza, E., Brusi, D. y Calonge, M^aA. (2017). El documento “Alfabetización en Ciencias de la Tierra” como referente para la investigación del potencial didáctico de las ilustraciones geocientíficas en los libros de texto de Enseñanza Secundaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 25(3):330-340.
- Tejedor, M., De Francisco, C., Nyssen, S., López, R., Sánchez, P., Mateos, J.A., Garzón, M.G. y Martín, J.F. (2014). *La cartografía geomorfológica de síntesis como base para estudios de paisaje en Extremadura*. XIII Reunión Nacional de Geomorfología. Cáceres, noviembre 2014.
- Toigo, A.M., Moreira, M.A. y Da Costa, S.S.C. (2012). Revisión de la literatura sobre el uso de mapas conceptuales como estrategia didáctica y de evaluación. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17(2):305-339.
- Torres, G. (2014). *Exploración regional de cobre en la Zona de Ossa Morena*. TFM. Universidad de Oviedo. <http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/28773/3/TFMGuim%20Torres%20Baltasar.pdf>
- Torres, J.M.T., García, G.G., Navas-Parejo, M.R. y Costa, R. S. (2020). The development of information literacy in early childhood education teachers: A study from the perspective of the education center’s character. *Journal of Technology and Science Education*, 10(1):47-59. <https://doi.org/10.3926/jotse.728>
- UICN-PNUMA-WWF (1991). *Cuidar la Tierra. Estrategia para el Futuro de la Vida*. Suiza, 263 p.
- UICN (1995). *Manual para comprender “Cuidar la Tierra”*. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio ambiente. Madrid. 63 p.
- UNESCO (1975). *Nuevo manual de la UNESCO para la enseñanza de las ciencias*. Editorial Sudamericana. 287 pp.

- UNESCO (2017). *Educación para los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Objetivos de aprendizaje*. París. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0025/002524/252423s.pdf>.
- Vacas, J.M., Urones, C. y Chamoso, J.M^a (2011). Geo_GPS: un “cuaderno de campo” para ordenadores de mano (“PDA” y “Smartphone”). *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19:67-73.
- Vallender, G.D. (2010). *Geological science education and conceptual change*. Tesis Doctoral. 487 pp. Universidad de Curtin (Australia).
- Varas, M^aJ., Vázquez, C., Fort, R. y Pérez, E.M. (2010). Canteras y monumentos históricos: un recurso didáctico. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 18(3):259-268.
- Vargas, O.I., Trujillo, J.M. y Torres, M.A. (2017). La economía verde: un cambio ambiental y social necesario en el mundo actual. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(2):175-186.
- Vehí, M. y Verd, J. (2004). El aula virtual: recursos didácticos en la red, foros, listas de Correo electrónico, chats,... *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 12.1:47-56.
- Velasco, J.M. y Blanco, F (2009). *Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza (Biología, Geología, Física y Química)*. Blanco y Velasco (Ed.). Salamanca.
- Velasco, C., y Gómez, P. (2019). Calidad y dificultad de los cuestionarios de un MOOC. *Uni-pluriversidad*, 19(2):124-143.
- Vera, O.D. (2015). *Comprensión de conceptos elementales del análisis de varianza por estudiantes universitarios*. Tesis doctoral. Universidad de Granada. 260 p.
- Vicente, F., Vallés, C. y López, M^a A. (2012). *Aportaciones a la formación científica desde actividades prácticas en el Grado de Maestro de Educación Primaria*. En J.M. Domínguez Castañeira (ed.). Actas de XXV Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Santiago de Compostela: Universidad de Santiago de Compostela:1313-1320.
- Vilches, A. y Gil, D. (2010). El programa PISA: un instrumento para la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje. *Revista Iberoamericana de Educación*, 53:121-154.

- Villahoz, M. (2018). *La minería del oro en el noroeste de la Península Ibérica: Las Medulas*. Trabajo de Fin de Grado en Historia. Curso 2017-18. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Valladolid. 51 pp.
- Viso, J.R. (2010). *Enseñar y aprender por competencias. Vol. I (Qué son las competencias)*. Editorial EOS, 226 pp.
- WCED (1987): *Our Common Future (Brundtland Report)*. United Nations.
- Wilcox, R. (2020). Bivariate Analogs of the Wilcoxon–Mann–Whitney test and the Patel–Hoel Method for Interactions. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 18(1). <https://doi.org/10.22237/jmasm/1556669880>
- Zamalloa, T., Sanz, J., Maguregui, G., Echevarría, I. y Fernández, M.D. (2013). *Perfil académico y actitud sobre la Geología/Geodiversidad en el profesorado de ciencias de la ESO*. IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Girona, 9-13 septiembre de 2013:3758-3763.
- Zamalloa, T., Maguregui, G., Fernández, M.D. y Echevarría, I. (2014). Acercar la geodiversidad a través de las salidas de campo en la ESO. Una investigación con el profesorado de ciencias de Bizkaia. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3):443-487.
- Zubiaurre, E. (2017). *Estrategias de control y gestión de los paisajes mineros del noroeste de Hispania (siglos I-III d. C.)*. Tesis doctoral Facultad de Geografía e Historia. Universidad Complutense de Madrid. 767 pp.

ANEXOS

Anexo I: Competencias, contenidos y actividades previas, durante y después de la salida de campo.

Anexo II: Objetivos para el Desarrollo Sostenible y metas.

Anexo III: Conocimientos relacionados con las geociencias incluidos en los currículos oficiales de Secundaria.

Anexo IV: Materiales educativos elaborados para los Geología celebrados en Extremadura.

Anexo V: Ideas-clave para la alfabetización en Ciencias de la Tierra.

Anexo VI: Carta del director de la tesis doctoral y del investigador a los directores de los veintidós centros educativos seleccionados.

Anexo VII: Instrucciones enviadas a los equipos docentes participantes en la investigación.

Anexo VIII: Centros educativos de Extremadura. Curso 2016/17.

Anexo IX: Equipos docentes intervinientes.

Anexo X: Material suministrado (presentaciones) a los equipos docentes para preparación de su alumnado previamente a la “salida de campo”.

Anexo XI: Mapas conceptuales elaborados para su utilización en la unidad didáctica y en la intervención educativa.

Anexo XII: Decálogo de conducta para las salidas fuera del aula.

Anexo XIII: Cuestionario utilizado en la evaluación y plantilla de examen.

Anexo XIV: Itinerarios realizados.

Anexo XV: Tablas con resultados estadísticos (salidas desde SPSS).

ANEXO I

COMPETENCIAS, CONTENIDOS Y ACTIVIDADES PREVIAS, DURANTE Y DESPUÉS DE LA SALIDA DE CAMPO.

Fuente: Brusi et al., 2011a).

	COMPETENCIAS	CONTENIDOS	ACTIVIDADES
PREVIAS A LA SALIDA DE CAMPO	<p>1. Asumir los objetivos formativos y aspectos metodológicos de las actividades de campo.</p> <p>2. Preparar previamente las actividades, y abordar los aspectos logísticos de la actividad de forma eficiente y segura en el campo.</p> <p>3. Buscar y seleccionar información relevante y fiable.</p>	<p>1. Finalidad de las actividades de campo.</p> <p>2. Contexto geográfico y geológico de la zona de estudio.</p> <p>3. Jerarquización de las observaciones de campo en Geología en el estudio de afloramientos.</p> <p>4. Material y equipo necesario para abordar el estudio.</p> <p>5. Itinerario a seguir, medios de transporte y horarios.</p> <p>6. Aspectos logísticos (donde comer, dormir...).</p> <p>7. Riesgos potenciales (desprendimientos, avenidas, mareas, oleaje...)</p> <p>8. Normas de seguridad y autoprotección para prevenir los riesgos.</p> <p>9. Condicionantes de la zona y previsión meteorológica durante el desarrollo de las actividades de campo.</p>	<p>1. Evaluación previa. Diagnosticar las ideas de los alumnos sobre que será importante observar y porqué.</p> <p>2. Exposición del profesor (clase participativa) sobre los objetivos a alcanzar y la tarea encomendada y la metodología a seguir.</p> <p>3. Formulación de preguntas significativas que den sentido al trabajo de campo.</p> <p>4. Búsqueda y selección de información adicional, que incluirá: textos, cartografías y páginas Web (GEOCAMP, GEODIVULGAR, AULAGEA) relacionadas con las actividades de campo propuestas y la zona a estudiar.</p> <p>5. Entrega de un dossier con información y las pautas a seguir antes, durante y después de la actividad de campo.</p> <p>6. Debate y elaboración de una síntesis escrita, de los datos seleccionados.</p>
DURANTE LA SALIDA DE CAMPO	<p>4. Dominar las técnicas de interpretación cartográfica y orientación</p> <p style="padding-left: 20px;">a. Situar geográficamente un elemento del paisaje sobre un mapa, mediante la utilización de instrumentos (brújula, GPS, altímetro...) o técnicas de orientación.</p> <p style="padding-left: 20px;">b. Realizar o interpretar mapas y cortes geológicos.</p>	<p>10. Los instrumentos y las técnicas de orientación.</p> <p>11. Los mapas topográficos: elementos y procedimientos de interpretación.</p> <p>12. Los mapas y cortes geológicos, procedimientos cartográficos.</p>	<p>7. Exposición del profesor (clase participativa), sobre las características y utilización de instrumentos (brújula, GPS, altímetro...) y mapas.</p> <p>8. Práctica en el manejo de instrumentos y otras de técnicas de orientación o situación geográfica.</p> <p>9. Ejercicios con mapas topográficos.</p> <p>10. Identificación del relieve en el campo.</p> <p>11. Reconocimiento de unidades cartográficas.</p> <p>12. Ejercicios con mapas y cortes geológicos.</p> <p>13. Deducción de la historia geológica regional a partir de los mapas y cortes geológicos.</p>

<p>5. Aplicar la metodología científica en el trabajo de campo:</p> <p>a. Observar un afloramiento o paisaje y seleccionar los rasgos geológicos relevantes.</p> <p>b. Describir y representar gráficamente, las principales características geológicas de un afloramiento o paisaje.</p> <p>c. Cuantificar determinadas características de los objetos de estudio (afloramientos, sedimentos, elementos geomorfológicos, fuentes, pozos, etc.).</p> <p>d. Plantear y formular hipótesis de modelos interpretativos a partir de los datos cualitativos y cuantitativos.</p> <p>e. Diseñar estrategias para comprobar las hipótesis de los modelos interpretativos.</p> <p>f. Extraer conclusiones fundamentadas en las observaciones y datos obtenidos.</p>	<p>13. Pautas metodológicas de observación y aspectos a observar en los afloramientos.</p> <p>14. Procedimientos para la toma de datos cuantitativos (buzamiento, esquistosidad, espesor de los estratos, caudal, nivel piezométrico, conductividad...).</p> <p>15. Procedimientos para la toma y conservación de muestras (rocas, minerales, fósiles, agua...).</p> <p>16. Identificación de minerales, rocas y fósiles.</p> <p>17. Reconocimiento de estructuras tectónicas y otros elementos producidos por procesos geológicos internos.</p> <p>18. Los procesos geológicos externos y el modelado de la superficie terrestre.</p> <p>19. Las aguas subterráneas.</p> <p>20. Técnicas de representación de datos geológicos (dibujos, fotografías, columnas estratigráficas, diagramas, gráficas, etc.).</p> <p>21. Reconstrucción de la historia geológica local o del modelo de un determinado proceso geológico.</p>	<p>14. Utilización del material de campo (martillo, lupa, binoculares, estereoscopio...).</p> <p>15. Técnicas de observación de los afloramientos.</p> <p>16. Descripción de los afloramientos.</p> <p>17. Medir dimensiones, ángulos y otros parámetros geológicos.</p> <p>18. Recogida, tratamiento, descripción, identificación, clasificación y conservación de muestras.</p> <p>19. Representación gráfica de los datos de campo.</p> <p>20. Debate: planteamiento y discusión de posibles interpretaciones.</p> <p>21. Síntesis parcial de las observaciones y datos cuantitativos.</p> <p>22. Interpretación de la historia geológica local o del modelo de un proceso geológico.</p> <p>23. Reiteración de actividades de campo y ejercitación metodológica.</p>
<p>6. Evaluar los recursos y riesgos geológicos de un territorio.</p>	<p>22. Los recursos geológicos y el impacto ambiental de su extracción y utilización.</p> <p>23. La gestión y almacenamiento de residuos.</p> <p>24. Los riesgos geológicos y la ordenación del territorio.</p>	<p>24. Análisis/estudio de casos y aprendizaje basado en problemas: identificación de recursos y riesgos geológicos mediante el estudio de afloramientos, fotografías aéreas y mapas.</p>

DESPUÉS DE LA SALIDA DE CAMPO	<p>7. Interpretar y reconstruir la historia geológica local o el modelo de un determinado proceso geológico fundamentado en datos objetivos.</p> <p>8. Desarrollar una actitud proactiva por descifrar e interpretar los problemas geológicos.</p> <p>9. Comunicar las conclusiones alcanzadas utilizando diversos recursos.</p>	<p>25. El tiempo geológico y los métodos de datación.</p> <p>26. Reconstrucción de la historia geológica local o del modelo de un determinado proceso geológico.</p>	<p>25. Interpretación de la historia geológica local o del modelo de un proceso geológico.</p> <p>26. Reiteración de actividades de campo y ejercitación metodológica.</p> <p>27. Actividades autónomas de investigación.</p> <p>28. Visitas a museos, yacimientos o Puntos de Interés geológico (PIG).</p>
COMPETENCIAS TRANSVERSALES	<p>10. Apreciar, valorar, respetar y proteger los elementos del patrimonio geológico.</p> <p>11. Analizar los problemas medioambientales desde una perspectiva multidisciplinaria.</p> <p>12. Trabajar en equipo potenciando la colaboración entre sus miembros</p> <p>13. Evaluar la propia actividad y el propio aprendizaje.</p>	<p>27. El valor cultural, científico y educativo del patrimonio geológico.</p> <p>28. La contaminación de suelos y aguas subterráneas.</p> <p>29. La restauración de espacios degradados.</p>	<p>29. Estudio de casos concretos de contaminación o degradación ambiental.</p> <p>30. Búsqueda de información adicional.</p> <p>31. Elaboración y entrega un informe final y del dossier de campo.</p> <p>32. Trabajo en equipo: presentación oral de les actividades realizadas y conclusiones obtenidas con el trabajo de campo, con soporte de medios audiovisuales.</p>

ANEXO II

OBJETIVOS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE Y METAS

Fuente: Gobierno de España


https://www.agenda2030.gob.es/recursos/docs/METAS_DE_LOS_ODS.pdf



OBJETIVO	METAS
<p style="text-align: center;">OBJETIVO 1 FIN DE LA POBREZA</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Erradicación de la pobreza extrema. - Reducción de la pobreza relativa en todas sus dimensiones. - Implantación de sistemas de protección social. - Garantía de acceso a servicios básicos y recursos financieros. - Resiliencia a desastres ambientales, económicos y sociales. - Fomentar la resiliencia a los desastres ambientales, económicos y sociales. - Creación de marcos normativos para erradicar la pobreza.
<p style="text-align: center;">OBJETIVO 2 HAMBRE CERO</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Poner fin al hambre. - Poner fin a todas las formas de malnutrición. - Duplicación de productividad e ingresos agrícolas a pequeña escala. - Prácticas agrícolas sostenibles y resilientes. - Mantenimiento de la diversidad genética de semillas. - Aumento de inversiones en agricultura. - Estabilidad mercados agropecuarios mundiales. - Control de la volatilidad de precios de los alimentos.
<p style="text-align: center;">OBJETIVO 3 SALUD Y BIENESTAR</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de la tasa de mortalidad materna. - Eliminar la mortalidad infantil. - Poner fin a las enfermedades transmisibles. - Reducción de las enfermedades no transmisibles y salud mental. - Prevención y tratamiento de abusos de drogas y alcohol. - Reducción de accidentes de tráfico. - Garantía de acceso a la salud Sexual y reproductiva, y a la planificación familiar. - Lograr la cobertura universal y acceso medicamentos. - Reducción de muertes por contaminación química y polución. - Control del tabaco. - Apoyo a la I+D de vacunas y medicamentos esenciales. - Aumento de la financiación del sistema sanitario. - Refuerzo en la gestión de riesgos sanitarios.

<p>OBJETIVO 4 EDUCACIÓN DE CALIDAD</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Asegurar la calidad de la educación primaria y secundaria. - Asegurar el acceso y calidad de la educación Pre-escolar. - Asegurar el acceso igualitario a la formación superior. - Aumento de las competencias para acceder al empleo. - Eliminación Disparidad de género y colectivos vulnerables. - Asegurar la alfabetización y conocimiento de aritmética. - Fomentar la educación Global para el Desarrollo Sostenible. - Mejora de instalaciones educativas inclusivas y seguras. - Aumento de becas para enseñanza superior. - Mejorar la cualificación de docentes.
<p>OBJETIVO 5 IGUALDAD DE GÉNERO</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Poner fin a la discriminación. - Eliminar todas las formas de violencia de género. - Eliminar matrimonio infantil y mutilación genital femenina. - Reconocer el trabajo de cuidados y doméstico. - Asegurar la participación plena de la mujer e igualdad oportunidades. - Asegurar el acceso salud sexual y reproductiva y derechos reproductivos. - Asegurar la igualdad de derechos a los recursos económicos. - Mejorar el uso de tecnología y TIC. - Aprobar políticas y leyes para la igualdad y el empoderamiento.
<p>OBJETIVO 6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Lograr el acceso a agua potable. - Lograr el acceso a servicios de saneamiento e higiene. - Mejorar la calidad de agua. Reducir la contaminación y aguas residuales. - Aumentar el uso eficiente de recursos hídricos (extracción de agua dulce). - Implementar la gestión integral de recursos hídricos. - Protección de los ecosistemas relacionados con agua. - Fomentar la creación de capacidades de gestión. - Apoyar la participación de las comunidades locales.

<p>OBJETIVO 7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Garantizar acceso universal a energía. - Aumento de las energías renovables. - Duplicar la tasa de eficiencia energética. - Aumento de la investigación e inversión en energías limpias. - Ampliar la infraestructura y tecnología en países en desarrollo.
<p>OBJETIVO 8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento del crecimiento económico. - Elevar la productividad a través de la diversificación, tecnología e innovación. - Fomento de pequeña y mediana empresa. - Mejora de la producción y consumo eficiente y respetuoso. - Lograr el pleno empleo y trabajo decente. - Reducción de los jóvenes sin trabajo ni estudios. - Erradicación la esclavitud, trata y trabajo infantil. - Protección de los derechos laborales y trabajo seguro. - Promoción el turismo sostenible. - Fortalecimiento la capacidad de las instituciones financieras. - Aumento ayuda para el comercio en países en desarrollo. - Desarrollo de la estrategia mundial para empleo juvenil.
<p>OBJETIVO 9 INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de Infraestructura sostenible. - Promoción de industria inclusiva y sostenible. - Aumento del acceso PYMES a servicios financieros y cadenas de valor. - Modernización de la infraestructura, tecnología limpia. - Aumento de la investigación científica, capacidad tecnológica. - Apoyo a infraestructuras sostenibles y resilientes. - Desarrollo de la tecnología, investigación e innovación. - Aumento del acceso a TIC e Internet.

<p>OBJETIVO 10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Crecimiento de Ingresos del 40% población pobre. - Promoción de la Inclusión social, económica y política. - Garantizar la igualdad de oportunidades. - Adopción de políticas fiscales, salariales y de protección social. - Mejorar de la regulación de los mercados financieros mundiales. - Participación de países en desarrollo en IFIs y OOII. - Facilitar la migración y políticas migratorias ordenadas. - Aplicación del principio del trato especial y diferenciado (OMC). - Fomento de corrientes financieras para países en desarrollo. - Reducción de costes de Remesas.
<p>OBJETIVO 11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Asegurar el acceso a la vivienda. - Proporcionar el acceso a transporte público. - Aumento de la urbanización inclusiva y sostenible. - Protección del patrimonio cultural y natural. - Reducción del número de muertes por desastres y reducción de vulnerabilidad. - Reducción del impacto ambiental en ciudades. - Proporcionar el acceso a zonas verdes y espacios públicos seguros. - Apoyo a vínculos zonas urbanas, periurbanas y rurales. - Aumento de la reducción de riesgos de desastres en ciudades. - Apoyo a la construcción de edificios sostenibles y resilientes en PMAs.
<p>OBJETIVO 12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicación marco de consumo y producción sostenibles. - Lograr el uso eficiente de recursos naturales. - Reducción del desperdicio de alimentos. - Gestión de desechos y productos químicos. - Prevención, reducción, reciclado y reutilización de desechos. - Adopción de prácticas sostenibles en empresas. - Adquisiciones públicas sostenibles. - Asegurar la educación para el Desarrollo Sostenible. - Fortalecimiento de ciencia y tecnología para sostenibilidad. - Lograr turismo sostenible - Regulación de subsidios a combustibles fósiles.

<p>OBJETIVO 13 ACCIÓN POR EL CLIMA</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Fortalecimiento de la resiliencia y adaptación. - Incorporación del cambio climático en políticas, estrategias y planes nacionales. - Mejora de la Educación y sensibilización medioambiental. - Movilización de recursos económicos. - Gestión cambio climático en los países menos avanzados.
<p>OBJETIVO 14 VIDA SUBMARINA</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Prevención y reducción de la contaminación marina. - Gestión ecosistemas marinos y costeros. - Minimización de la acidificación de océanos. - Regulación de la explotación pesquera sostenible. - Conservación zonas costeras y marinas. - Combatir la pesca ilegal y excesiva. - Aumento de los beneficios económicos de la pesca sostenible. - Apoyo a la investigación y tecnología marina. - Fomento de la pesca a pequeña escala y artesanal. - Aplicación Convención de NNUU sobre el Derecho del Mar.
<p>OBJETIVO 15 VIDA Y ECOSISTEMAS TERRESTRES</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Asegurar la Conservación y uso sostenibles de los ecosistemas. - Gestión sostenible de bosques. - Lucha contra la desertificación. - Asegurar la conservación ecosistemas montañosos. - Medidas contra la degradación y pérdida de biodiversidad. - Acceso y uso adecuado de los recursos genéticos. - Combatir la caza furtiva y especies protegidas. - Prevención de especies invasoras. - Integración de planes sensibles a medioambiente. - Movilización y aumento de los recursos financieros. - Aumento de recursos para gestión forestal. - Apoyar la lucha contra caza furtiva.

<p>OBJETIVO 16 PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de todas las formas de violencia. - Erradicación del maltrato, trata y explotación infantil. - Promoción del Estado de Derecho, acceso a justicia. - Reducción de las Corrientes financieras y de armas ilícitas. - Reducción de la corrupción y soborno. - Creación de instituciones eficaces y transparentes. - Fomento de la participación ciudadana. - Fortalecimiento de la participación países en desarrollo en OOII. - Proporción de identidad jurídica y registro de nacimientos. - Acceso a información y libertades fundamentales. - Fortalecimiento instituciones en prevención de la violencia. - Promoción y aplicación de leyes y políticas (DDHH).
<p>OBJETIVO 17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Movilización de recursos domésticos para recaudación fiscal. - Cumplimiento del 0,7% AOD. - Movilización de recursos financieros adicionales. - Reestructuración de la Deuda. - Promoción de inversiones en países menos adelantados. - Mejora del traspaso de tecnología. - Promoción de tecnologías ecológicamente racionales. - Creación de banco de tecnología. - Refuerzo de capacidades de implementación ODS. - Promoción de comercio multilateral universal. - Aumento de las exportaciones de países en desarrollo. - Acceso a mercado para países en desarrollo. - Aumento de la estabilidad macroeconómica mundial. - Mejora de la coherencia de políticas. - Respeto a la Soberanía nacional. - Mejorar la Alianza Mundial para el desarrollo sostenible. - Fomento de alianzas público-privadas. - Creación de capacidad estadística. - Promoción de indicadores que vayan más allá del PIB.

ANEXO III

CONOCIMIENTOS RELACIONADOS CON LAS GEOCIENCIAS INCLUIDOS EN LOS CURRÍCULOS OFICIALES DE SECUNDARIA (3º y 4º).

Fuente: Decreto 98/2016 de la Junta de Extremadura.

Materia “BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA”	
3º ESO	
Bloque 1. Habilidades, destrezas y estrategias. Metodología científica.	<p>La metodología científica. Sus características básicas: observación, planteamiento de problemas, discusión, formulación de hipótesis, contrastación, experimentación, elaboración de conclusiones, etc.</p> <p>Fuentes de información del medio natural.</p> <p>Avances tecnológicos: aplicación en la industria, medicina y otros campos.</p> <p>Normas de comportamiento, trabajo y seguridad en el laboratorio.</p> <p>Material básico que se utilizará en el laboratorio de Biología. La lupa binocular y el microscopio óptico: sus partes y manejo.</p>
Bloque 5. El relieve terrestre y su evolución	<p>Factores que condicionan el relieve terrestre. El modelado del relieve. Los agentes geológicos externos y los procesos de erosión, transporte y sedimentación.</p> <p>Las aguas superficiales y el modelado del relieve: ríos, aguas salvajes. Formas características. Las aguas subterráneas, su circulación y explotación. Acción geológica del mar.</p> <p>El viento y su acción geológica. Acción geológica de los glaciares. Formas de erosión y depósito que originan.</p> <p>Acción geológica de los seres vivos. La especie humana como agente geológico.</p> <p>La influencia humana en el medio ambiente: impactos ambientales.</p>
Bloque 6. Los ecosistemas	<p>El medio ambiente natural. Conceptos de biosfera, ecosfera y ecosistema. Ecosistema: identificación de sus componentes.</p> <p>Factores abióticos y bióticos en los ecosistemas. (...)</p>
4º ESO	
Bloque 1. La evolución de la vida	<p>(...)</p> <p>Origen y evolución de los seres vivos. Hipótesis sobre el origen de la vida en la Tierra.</p> <p>Teorías de la Evolución. El hecho y los mecanismos de la evolución.</p> <p>La evolución humana: proceso de hominización.</p>
Bloque 2. La Tierra, un planeta en continuo cambio.	<p>La historia de la Tierra.</p> <p>El origen de la Tierra. El tiempo geológico: ideas históricas sobre la edad de la Tierra. Principios y</p>

	<p>procedimientos que permiten reconstruir su historia. Utilización del actualismo como método de interpretación.</p> <p>Los eones, eras geológicas y periodos geológicos: ubicación de los acontecimientos geológicos y biológicos importantes.</p> <p>La Tectónica de Placas y sus manifestaciones: evolución histórica: de la Deriva Continental a la Tectónica de Placas.</p> <p>Pliegues y fallas.</p>
Bloque 3. Ecología y medio ambiente.	<p>(...)</p> <p>Impactos y valoración de las actividades humanas en los ecosistemas.</p> <p>La actividad humana y el medio ambiente.</p> <p>Los recursos naturales y sus tipos. Consecuencias ambientales del consumo humano de energía.</p> <p>Los residuos y su gestión. Conocimiento de técnicas sencillas para conocer el grado de contaminación y depuración del medio ambiente.</p>
Materia: “CIENCIAS APLICADAS A LA ACTIVIDAD PROFESIONAL”	
4º ESO	
Bloque 1. Técnicas instrumentales básicas.	<p>(...)</p> <p>Técnicas de experimentación en física, química, biología y geología.</p> <p>Aplicaciones de la ciencia en las actividades laborales.</p>
Bloque 2. Aplicaciones de la ciencia en la conservación del medio ambiente	<p>(...)</p> <p>Contaminación del suelo.</p> <p>Contaminación del agua.</p> <p>(...)</p> <p>Contaminación nuclear.</p> <p>Tratamiento de residuos.</p> <p>(...)</p> <p>Desarrollo sostenible.</p>
Materia: “FÍSICA Y QUÍMICA”	
3º ESO	
Bloque 2. La materia	<p>(...)</p> <p>Estructura atómica. Isótopos. Modelos atómicos.</p> <p>El sistema Periódico de los Elementos.</p> <p>Uniones entre átomos: moléculas y cristales.</p> <p>(...)</p>
4º ESO	
Bloque 2. La materia.	<p>Modelos atómicos.</p> <p>Sistema Periódico y configuración electrónica.</p> <p>Enlace químico: iónico, covalente y metálico.</p>
Materia: “GEOGRAFÍA E HISTORIA”	
3º ESO	
Bloque 1. El espacio humano	(...) La ciudad y el proceso de urbanización.

	Aprovechamiento y futuro de los recursos naturales. Desarrollo sostenible. Impacto medioambiental y aprovechamiento de recursos. (...)
Materia: “CULTURA CIENTÍFICA”	
4º ESO	
Bloque 2. El Universo	El origen del Universo. (...) Organización y estructura del Universo. (...)
Bloque 3. Avances tecnológicos y su impacto ambiental.	El desarrollo tecnológico y su impacto en el medio ambiente. La sobreexplotación de los recursos naturales. El impacto medioambiental. El desarrollo científico-tecnológico y la sociedad de consumo. Análisis medioambiental y energético del uso de los materiales: las energías renovables Capacidad de renovación de los recursos.
Bloque 5. Nuevos materiales	La Humanidad y el uso de los materiales. Localización, producción y consumo de materiales: control de los recursos. La respuesta de la ciencia y la tecnología: los nuevos materiales. Aplicaciones en diferentes campos de la sociedad. Análisis medioambiental y energético del uso de los materiales. (...)
Materia: “EDUCACIÓN FÍSICA”	
3º ESO	
Bloque 3. Actividades físico-deportivas en el entorno natural	(...) Manejo de la brújula (...) (...) Actitud crítica ante la utilización irresponsable de los recursos naturales que ponen en peligro el equilibrio y la riqueza natural.
Materia: “FILOSOFÍA”	
4º ESO	
Bloque 4. Pensamiento.	(...) La ciencia como problema. Ciencias materiales y ciencias formales. Ciencias naturales y ciencias sociales. (...)
Bloque 5: Realidad y metafísica.	(...) Las teorías científicas sobre el universo y sus implicaciones filosóficas. Determinismo e indeterminismo. Orden y caos. (...)

Materia: “TECNOLOGÍA”	
4º ESO	
Bloque 6. Tecnología y sociedad	(...) Conocimiento de los materiales de uso habitual en la industria, la construcción, el transporte y el hogar. Efectos en el medio ambiente y la salud. (...) Adquisición de hábitos que potencian el desarrollo sostenible.
Materia: “VALORES ÉTICOS”	
3º ESO	
Bloque 3. Los valores éticos y su relación con la ciencia y la tecnología.	La dimensión moral del progreso científico y tecnológico. (...) El impacto medioambiental del progreso científico y tecnológico.(...)
4º ESO	
Bloque 6. Los valores éticos y su relación con la ciencia y la tecnología.	Criterios éticos en la evaluación de proyectos científicos y tecnológicos. La necesidad de la deontología ética.

(...) Otros conceptos

ANEXO IV

MATERIALES EDUCATIVOS ELABORADOS PARA LOS DIFERENTES GEOLODÍAS CELEBRADOS EN EXTREMADURA

Fuente: AGEx e investigador.

Cartel-guía del Geolodía 2013 en el Parque Natural de Cornalvo (Badajoz)

geología 13 Badajoz



RUTA GEOLÓGICA
POR EL RUGIDERO
(PARQUE NATURAL DE
CORNALVO)

Lugar de encuentro:
Centro de Interpretación del Parque
Natural de Cornalvo (Trujillos)
Hora: 10:30

LOCALIZACIÓN E ITINERARIO

El Geolodía de Badajoz se celebra este año con un recorrido geológico por el Berrocal de el Rugidero situado en el Parque Natural de Cornalvo donde disfrutaremos de un singular paisaje granítico modelado por el agua en el que destacan la formación de marmitas de gigantes de gran espectacularidad.

El acceso al lugar de encuentro se realiza desde la N-V, salida hacia Trujillos.

El itinerario programado incluye cuatro paradas. Las tres primeras se llevarán a cabo en el paraje del Rugidero donde se explicaran los principales caracteres de este paisaje y una cuarta parada se realizará a la presa de Cornalvo



- ☆ Lugar de encuentro
- Berrocal el Rugidero: Paradas 1, 2 y 3.
- ◡ Presa de Cornalvo: Parada 4.

10.30.- Encuentro de los participantes en el Centro de Interpretación del Parque Natural de Cornalvo.

10:30 a 11:00.- Visita al Centro de Interpretación.

11:00.- Salida para el Rugidero. El trayecto se realizará en autobús que se completará por orden de llegada. El resto de los asistentes se desplazarán en sus vehículos particulares.

Parada 1.-
Panorámica general del berrocal el Rugidero
Encuadre geológico del berrocal.
Procesos de formación e interpretación de las morfologías graníticas.



Parada 2.-
Características Fisiográficas del valle de las Muelas



Parada 3.-
Marmitas de Gigante.
Características y génesis.
Reconocimiento de estas formas menores en el berrocal.



Parada 4.-
Presa de Cornalvo.



14.00-14.30.- Finalización y regreso al Centro de Interpretación. Se puede llevar comida para reunirnos posteriormente en el merendero que hay próximo a estas instalaciones.

geología 13 Badajoz

COORDINA:



ORGANIZAN:



GOBIERNO DE EXTREMADURA
Consejería de Agricultura,
Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Energía



COLABORAN:



PATROCINA:



Cartel-guía del Geología 2013 en la Ciudad Vieja de Cáceres

LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO

Geomorfología

Además de La Montaña, el paisaje que mejor define a Cáceres es la penillanura que rodea la ciudad. Y en esa penillanura se encuentra un berrocal conocido internacionalmente, Los Barruecos, donde los granitos son "atacados" por los agentes meteorológicos formando bolos o grandes esferas pétreas, a veces en posiciones que parecen obra de gigantes.



Minería

Cáceres aparece en los anales de la minería española y europea, debido a sus importantes yacimientos de fosfatos. El barrio cacereño de Aldea Moret, en honor del político y empresario español, D. Segismundo Moret y Pendergast, mantiene un patrimonio industrial y cultural que es seña de identidad de nuestra ciudad.



Hidrogeología

El suministro del agua procedente del manantial de El Marco ha sido fundamental para la población cacereña hasta hace bien poco. Se trata de un acuífero de aguas carbonatadas procedentes de las abundantes calizas de El Cacerizo.



Paleontología

Es común encontrar en pizarras graptolitos y, en menor medida, trilobites, mientras que en las areniscas aparecen huellas de anélidos (skolitos). En el Parque del Príncipe y en la Sierra de la Mosca pueden verse algunos de ellos.



Estratigrafía

Las rocas exógenas que encontramos en el subsuelo cacereño proceden de sedimentos que se formaron inicialmente en antiguas cuencas o mares, iguales a los que vemos en las costas actuales. Aplicando el Principio del Actualismo se llega a esa conclusión. Arenas y fangos de hace millones de años son hoy areniscas y lutitas, por ejemplo.



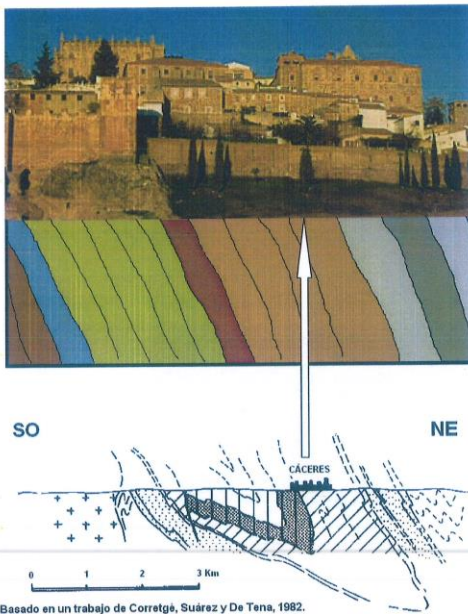
Petrología

Otras rocas, como las ígneas y las metamórficas, se forman a altas temperaturas y/o presiones, por tanto, con minerales y texturas diferentes a las de las rocas exógenas.



Tectónica

Las rocas cacereñas, sean del tipo que sean, están deformadas. Gracias a la Teoría de la Tectónica de Placas entendemos mejor cómo pueden llegar a formarse cordilleras y cómo los sedimentos se convierten en roca, se deforman y, finalmente, se erosionan, en un ciclo permanente conocido como ciclo de las rocas.

Sección vertical deducida de la estructura geológica del sinclinal de Cáceres, con detalle del subsuelo bajo el casco antiguo de la ciudad (arriba).

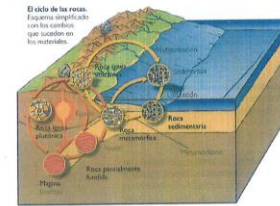
LAS ROCAS DEL CASCO ANTIGUO DE CÁCERES

Descubrir la geología cacereña en un mapa geológico constituiría la manera más correcta de determinar qué rocas existen, su edad y demás particularidades de interés geológico. No obstante, para el visitante ocasional resulta más ventajoso fijarse en el subsuelo sin mirar al suelo, aunque ello parezca un sinsentido. La razón estriba en que la mayor parte de las edificaciones antiguas están construidas de piedra y esa piedra procede del propio subsuelo de la ciudad o sus inmediaciones. Los constructores de antaño utilizaban las mejores rocas a su disposición para los mejores propósitos.

Es, por ejemplo, el caso de los granitos, rocas ígneas con las que se han construido gran parte de los edificios monumentales de la ciudad antigua. Los granitos que vemos en los edificios del casco urbano medieval cacereño proceden de la zona occidental de la ciudad, donde aparecen grandes superficies del suelo con este tipo de roca, formada por el enfriamiento de un magma hace unos 300 millones de años, durante la formación de la cadena montañosa hercínica.



Una mirada más detenida durante el paseo por la urbe antigua permite descubrir otras rocas en los muros y los suelos, como areniscas, pizarras o calizas, en algunos casos incluso con los fósiles que las caracterizan. Pero estas otras rocas son complementarias al granito, que es el elemento constructivo primordial.



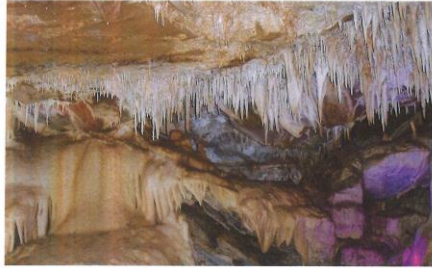
Entender que las fuerzas de la naturaleza son poderosas puede parecer más o menos fácil. Pero apreciar el resultado de dichas fuerzas en las rocas, en principio, resulta algo sólo al alcance de los geólogos. Sin embargo, un paseo por la ciudad de Cáceres nos va a enseñar que muchas rocas han sufrido sus "valientes" geológicos, consistentes en su movimiento lento y, consiguientemente, en su fracturación, basculamiento y plegamiento, así como su metamorfismo, todo ello sin olvidar el gran poder de la meteorización.

Las rocas, así, aparecen ante nuestros ojos de manera diferente a como estaban dispuestas hace millones de años. Descubrir los procesos que dan lugar a esas nuevas disposiciones y estructuras constituye un ejercicio detectivesco que resulta muy interesante. Será, desde luego, una forma diferente de ver nuestra ciudad.

Más Geología al alcance de todos en:

- "Paseos por la Sierra de la Mosca", de Mora, Pizarro y García. Ayuntamiento de Cáceres, 1997.
- "La geodiversidad cacereña", de Gil Montes. <http://jujumo.blogspot.com.es/>
- "Rutas geológicas", de A. Muñoz. <http://caceresnatura.blogspot.com.es/>
- "Geología en 3-D en Cáceres", de E. Rebollada. <http://geologiaextremadura.blogspot.com.es/>
- Web de la Asociación Geológica de Extremadura: www.agex.org.
- Web de la Sociedad Geológica de España: www.sociedadgeologica.es.
- Web de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra: www.aspect.org

Guía del Geolodía 2014 en las Cuevas de Fuentes de León



geología 14 Badajoz

RUTA GEOLÓGICA MONUMENTO NATURAL "CUEVAS DE FUENTES DE LEÓN" 10 de mayo de 2014



COORDINA



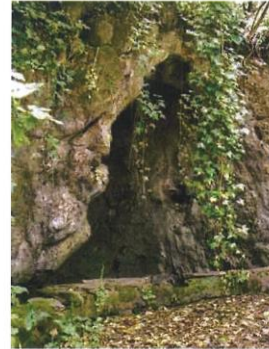
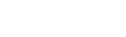
ORGANIZA



COLABORA



PATROCINA

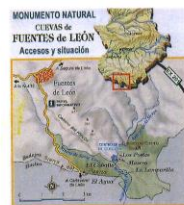


SITUACIÓN GEOGRÁFICA

Las Cuevas de Fuentes de León fueron declaradas Monumento Natural en Julio del 2001. Situada en el término municipal de Fuentes de León, al sur de la provincia de Badajoz, en los límites de la provincia de Huelva.

La importancia de estas cuevas se debe a su origen kárstico, formado como consecuencia de la alteración producida, por la acción del agua, en los carbonatos de las rocas calizas. En su interior encontramos formaciones de gran belleza destacando estalactitas, estalagmitas, coladas, lenares, espículas de argonito, sifones, etc.

Este extraordinario Monumento Natural está formado por un conjunto de cuevas kársticas denominadas: **Cueva Caballo, La lamparilla, Cueva del Agua, Los Postes, y Cueva Masero**, sobre materiales carbonatados de la Unidad Herrería de edad Cámbrico inferior.



RECORRIDO

1. Museo de Geología de Fuentes de León. Centro de Interpretación del Monumento Natural.

2. Cueva del Caballo

La Cueva Caballo es la más pequeña de todo el conjunto kárstico; se desarrolla a través de una falla de dirección N50°E, con dos pequeñas gateras que se abren en dirección N140°E. Desde la entrada es visible una formación situada a mitad de recorrido, se trata de una colada cuya morfología aparenta la cabeza de un caballo.

La importancia geológica de esta cueva radica en la presencia de dos enormes coladas de más de cuatro metros de desarrollo.

Restos arqueológicos:

La Cueva del Caballo manifiesta restos de ocupación humana a lo largo de distintos periodos.

3. Cueva de los Postes

La cueva está recubierta por arcillas pudiéndose apreciar en la primera sala una hilera de columnas (postes), lo que ha dado nombre a la cueva. Existe una segunda sala más espaciosa, de unos 140 metros m². La práctica totalidad de la sala es una colada de suave pendiente, con gours asociados.

En la Cueva de Los Postes existe uno de los yacimientos Neolíticos tardíos y Epipaleolíticos más importantes de Extremadura. Se han localizados restos humanos de hace más de 10.000 años, así como la presencia de restos de Oso Pardo de hace unos 170.000 años. Presencia de huellas de dientes en algunos de los huesos humanos hallados, indicando prácticas caníbales. Además son numerosos los restos hallados del calcolítico y de época romana.

4. Cueva Masero

La Cueva Masero es desde el punto de vista geológico la cueva más espectacular de todo el conjunto kárstico de Fuentes de León. Tiene un recorrido de aproximadamente 90 metros lineales, se pueden encontrar hasta 6 salas de dimensiones importantes, y otras cuantas de pequeñas dimensiones.

Cueva relativamente pequeña, sin embargo esta circunstancia se ve compensada con la gran cantidad de espeleotemas que aparecen en la misma.

Las formaciones singulares y de elevado valor patrimonial geológico, estalactitas con morfología de "alas de mariposa", "punta de lanza" o "champiñón"...

En un estudio reciente se ha descubierto que algunas formaciones de Fuentes de León son fluorescentes

5. Cueva del Agua

La Cueva del Agua es la más grande Fuentes de León, tiene un lago interior de más de 250 metros cuadrados, esta singularidad dota a la cueva de un atractivo especial, siendo el lago subterráneo más importante de Extremadura. Desde el punto de vista geológico esta cueva alberga una gran cantidad y variedad de espeleotemas en las salas interiores, destacan: coladas, gours, estalactitas, estalagmitas, sombreros-hongo, pendants...

El recorrido se complementará con la observación de el jardín de rocas, formas exocársticas y el itinerario botánico.

Finalizada la visita se celebrará comida campestre en el entorno de las cuevas y por la tarde tiempo libre para visitar el pueblo de Fuentes de León.

geolodía 15

Badajoz

9 de mayo 2015
Un viaje al Carbonífero del
Cerro de los Santos



COORDINA



ORGANIZA



PATROCINA



SITUACIÓN GEOGRAFICA



RECORRIDO

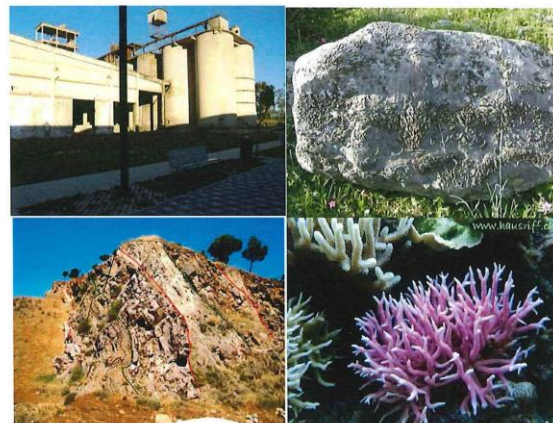
Parada 1. Rivera del Robledillo en Fuente del Maestro
Recorrido por las unidades geológicas del Carbonífero para observar los distintos materiales que las forman y la fauna fósil que contienen.

Parada 2. Cerro de Los Santos
Observación de corales fósiles e interpretación de la paleogeografía del Carbonífero en esta zona.

Parada 3. Cantera de Calizas de Los Santos de Maimona
Recorrido por una antigua cantera para explicar el aprovechamiento industrial de las rocas además de observar los detalles de estructuras y formaciones geológicas.

Conocer el proyecto de restauración ambiental de la cantera.
En esta parada se dará tiempo para realizar la comida (campestre).

Parada 4. Cementera de los Santos de Maimona
Visita a las instalaciones de la antigua cementera hoy abandonada y reconvertida en la Fabrica de toda la Vida un espacio para la gestión social del territorio.



Guía del Geología 2015 en Aldea Moret (Cáceres).

Un poco de historia minera: Aldea Moret

Aldea Moret es una barriada nacida a mediados del siglo XIX tras el descubrimiento de la fosforita en 1864, por Francisco Lorenzo y Diego Bibiano González.

Desde el año 1886 el fosfato se exportó a varios países europeos, lo que llevó al propio Segismundo Moret a adquirir los derechos del rico coto minero en el año 1876; gracias a su iniciativa e influencia en Madrid se creó el primitivo Barrio de Moret y se construyó en 1880 el ferrocarril que enlaza Cáceres con Lisboa, lugar y puerto de embarque de los fosfatos hacia toda Europa.

La mejora de las técnicas extractivas y de procesamiento permitió la fabricación de los *superfosfatos*, de mayor concentración y riqueza en fósforo; para ello se instaló una fábrica de ácido sulfúrico, la cual empleaba las piritas provenientes de Huelva.

Al cierre de la fábrica en el año 1963, existían en Aldea Moret una explotación minera de fosfatos (parada desde 1960), dos instalaciones para la elaboración de ácido sulfúrico -con dos baterías de horno-cuba cada una-, una planta para la obtención de cobre en cáscara y electrolítico y un almacén de fosfatos con cintas móviles de transporte.

En el momento de máxima extracción se encontraban en producción las siguientes minas: Perla de Cáceres, La Esmeralda, San Salvador, María Estuardo, Abundancia, Labradora, Imposible, Casualidad, Agricultora, San Eugenio, San Salvador, Estrella, Eloisa, Productora, Esperanza y Carvajala, totalizando 12 pozos de extracción de mineral y 119 construcciones anexas.

Un poco de Geología: El Calerizo

En las proximidades de Aldea Moret, al suroeste de Cáceres, se localizan los yacimientos de fosfatos filonianos (fosforitas), de origen endógeno, cuyos filones se emplazan en las calizas dolomíticas de El Calerizo, justo en la zona de contacto del batolito granítico de Araya con su encajante.

El subsuelo de la ciudad de Cáceres y sus alrededores más inmediatos está constituido esencialmente por tres tipos litológicos diferentes: calizas, pizarras y cuarcitas, formando una estructura sinclinal, discordante sobre los extensos afloramientos de pizarras y grauwacas precámbricas pertenecientes al gran anticlinorio centro-extremo de la Zona Centroibérica del Macizo Ibérico.

Las rocas más antiguas corresponden a una monótona serie metamórfica que como componente del llamado complejo esquistograuwáquico (C.E.G.) se ha venido estableciendo en el Precámbrico Superior (Serie Antordovíca). Discordante sobre la serie anterior se encuentra la llamada "Serie Postordovíca", indicada por la presencia discontinua de conglomerados, sobre los que se hay cuarcitas blancas (facies armoricana). Sobre las rocas anteriores se sitúan formaciones de pizarras y areniscas, con abundantes niveles de cuarcitas, propias del resto del Ordovícico y del Silúrico. Sobre ellas otra serie también cuarcítico-pizarrosa y de vulcanitas ácidas caracteriza la presencia del Devónico y finalmente aparece el Carbonífero Inferior representado por los niveles carbonatados de "El Calerizo", con calizas y dolomías en las que se observa fauna de crinoideos, algas y corralarios. Se superpone, por último una formación pizarrosa que colmata la serie, no existiendo representación litológica de ningún otro periodo, excepto los suelos cuaternarios de arcillas y tobas desarrollados sobre el conjunto calcareo-dolomítico.

GEOLOGÍA CÁCERES 2015

LAS MINAS DE FOSFATO DE ALDEA MORET

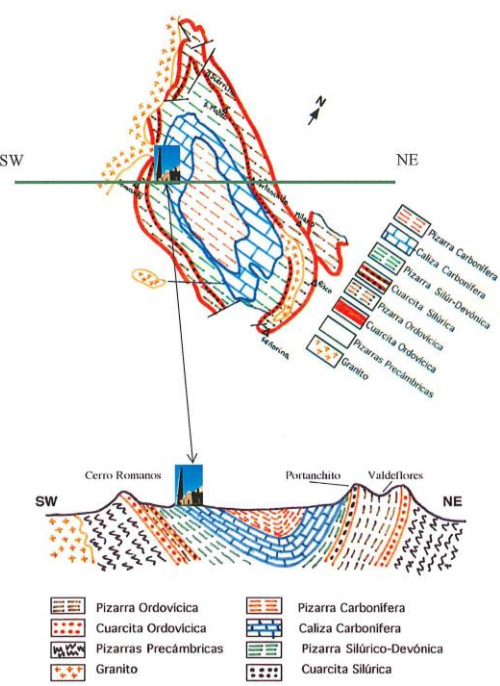
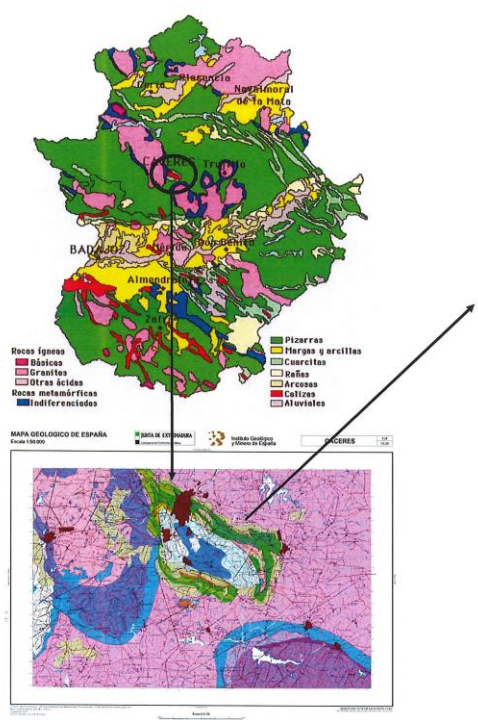
10 de mayo de 2015

Excursión gratuita

Horario: 10:00 (Edificio El Embarcadero) – 14:00



Diseño y textos: Eduardo Rebolada Casado, Luis Francisco Martínez Corrales, Juan Gil Montes, Juan José Tejado Ramos, Santos Martín Sánchez y Francisco Fernández de la Llave.



Diseño y textos: Eduardo Rebolada Casado, Luis Francisco Martínez Corrales, Juan Gil Montes, Juan José Tejado Ramos, Santos Martín Sánchez y Francisco Fernández de la Llave.

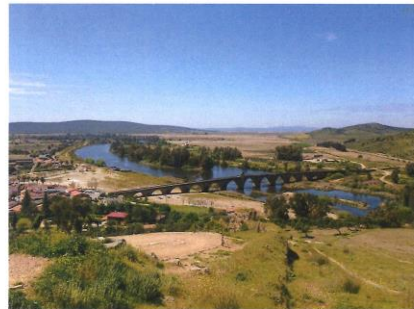
Guía del Geolodía 2016 en Medellín y Magacela.

[Escribir texto]

geología 16

Badajoz

7 de mayo 2016
Montes islas entre las
Vegas Altas del Guadiana y
la penillanura de la Serena



COORDINAN



ORGANIZAN



FINANCIA



[Escribir texto]

SITUACIÓN GEOGRAFICA



RECORRIDO

Parada 1. Medellín.

Panorámica desde HR Quinto Cecilo donde la red fluvial, representada por el río Guadiana, ocupa una extensa llanura aluvial, destacando fuertemente el cerro de cuarcitas de Medellín, donde se ubica el castillo. La composición litológica del sustrato y su estructura geológica han

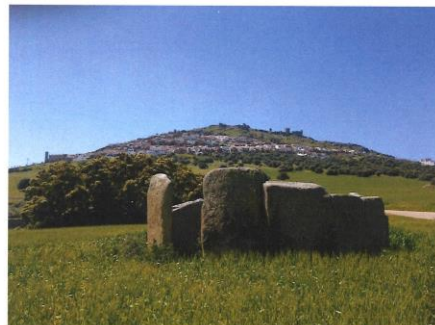


condicionado la distribución de los contrastados conjuntos orográficos del área. Se llevará a cabo una explicación de estas diferentes unidades morfológicas, su evolución en el tiempo y la importante influencia del hombre en el modelado del paisaje.

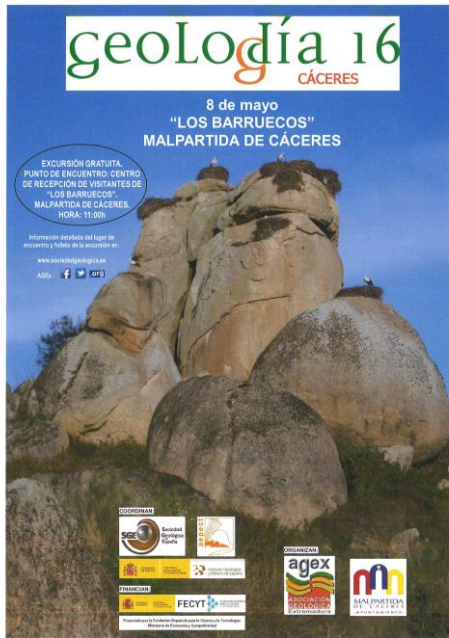
Parada 2. Magacela.

Recorrido por la ladera de la sierra hasta culminar el cretón cuarcítico de Magacela donde se contempla el relieve suavemente alomado que enlaza con las Vegas del Guadiana y las extraordinarias vistas de la extensa penillanura de la Serena desarrollada sobre el sustrato de granitos y pizarras.

En esta parada se dará tiempo para realizar la comida (campestre) aunque también existe un bar en la localidad para quien desee otra opción.



Guía del Geolodía 2016 en Los Barruecos (Malpartida de Cáceres) (1 de 2)



1.- EL MONUMENTO NATURAL DE "LOS BARRUECOS".

El Geolodía 2016 de la provincia de Cáceres, se celebra este año en el Monumento Natural de "Los Barruecos", situado en la localidad de Malpartida de Cáceres. De gran valor geomorfológico por concentrar en un área reducida gran número y variedad de geofomas de notable belleza, se realza con la presencia de una importante colonia de cigüeña blanca, que coloca sus nidos sobre los bolos de mayor tamaño. Este valor se completa con restos de una prolongada ocupación humana neolítica, romana y del periodo alto medieval.

El itinerario que se propone engloba gran número de puntos aptos para la observación a lo largo de un recorrido cómodo de realizar, aunque existen otras opciones que podrán realizar los asistentes de forma autónoma en futuras visitas.

A lo largo del itinerario diferenciaremos rocas ígneas, metamórficas y diferentes tipos de sedimentos, relacionados temporalmente. Discutiremos los procesos que han podido intervenir en la formación de modelados tan singulares en el granito. Aprenderemos las geofomas mayores y menores más frecuentes que se generan en este entorno. Tomaremos conciencia del valor de este importante patrimonio y añadiremos al deleite visual el disfrute del saber.

2.- CONTEXTO GEOLÓGICO.

Los Barruecos forman parte de la gran unidad paisajística denominada "Penillanura Cacerífera" que se forma sobre materiales muy antiguos, intensamente erosionados desde hace unos 300 M.a., hasta generar las extensas planicies y suaves ondulaciones del relieve que ahora observamos. Excepcionalmente quedan interrumpidas por profundos tajos excavados por los ríos, en tiempos geológicos recientes. Geológicamente, esta zona se encuadra localizada en la parte meridional de la Zona Centroibérica del Macizo Ibérico o Hespérico (Grupo Domo Extremeño), Figura 1.

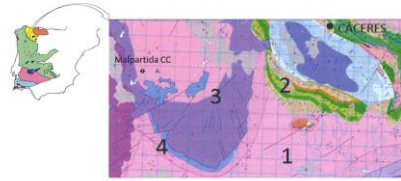


Fig. 1. Leyenda de mapa geológico simplificado. 1 Precámbrico. 2 Paleozoico. 3 Batolito Cabeza Araya. 4 Corneanas.

Durante un largo periodo de tiempo hace más de 550 M.a., denominado Proterozoico, se depositó un potente sedimento de arcillas y arenas en los bordes de un talud continental que fue metamorfozado, dando lugar a pizarras y grauwacas, plegado por la Orogenia Cadomiense.

Posteriormente durante el Paleozoico, entre 500 y 250 M.a., se depositaron en un ambiente marino somero y de playa arenas, arcillas y carbonatos junto con algunos restos orgánicos que se transformarían durante la Orogenia Varisca (300 M.a) en rocas metamórficas: cuarcitas, pizarras y mármoles.

Estas rocas fueron intruidas por diversos tipos de granitoides, como el Batolito de Cabeza Araya, que deja englobados fragmentos de las rocas encajantes y han formado una aureola metamórfica con corneanas. A los episodios orogénicos citados hay que añadir la Orogenia Alpina (35 M.a.) que fracturó y reajustó el conjunto de materiales intensamente plegados.

Por otro lado, a lo largo del Mesozoico y Cenozoico la zona ha estado emergida y sometida a una intensa erosión. Durante el Cuaternario, se implantó el sistema fluvial actual que dejó los depósitos asociados que ahora contemplamos.

3.- RECORRIDO GEOLÓGICO.

PARADA 1: PRESA DEL LAVADERO. LA ROCA GRANÍTICA, LA PENILLANURA Y EL SISTEMA FLUVIAL.

CARACTERÍSTICAS DEL GRANITO.

La roca que iremos viendo durante el recorrido es un granito de dos micas de grano grueso. Las micas son moscovita y biotita. Los cristales de ortosa (feldespato) son de gran tamaño y con frecuencia los observamos orientados, lo que puede indicar que durante su formación estaban sometidos a tensiones tectónicas que favorecieron el crecimiento en la dirección de menor esfuerzo. La existencia de grandes cristales con caras bien definidas favorece la formación de los modelados que vamos a ir viendo durante el recorrido.

El macizo granítico está recorrido por filones de granito aplítico y de cuarzo. Abundan los gabarros, enclaves formados por fragmentos de rocas encajantes que han sido englobados por la masa ígnea.

ORIGEN DE LA PENILLANURA.

Si nos situamos encima de cualquiera de los grandes bloques que nos rodean podemos observar una extensa planicie o penillanura limitada al NO por la Sierra de Cañaverál-Serradilla, al O por los relieves del sinclinal de Cáceres y al SE por la Sierra de San Pedro. Estas elevaciones son rocas Paleozoicas resistentes a la erosión como la Cuarzita Armoricana. Para formar esta planicie tan extensa sobre pizarras, granitos y cuarcitas, que en origen tienen resistencias muy diferentes frente a la erosión, debió originarse previamente un potente manto de alteración con resistencia uniforme que posteriormente se erosionaría dando lugar a una extensa superficie de arrasamiento que llamamos penillanura. Figura 2

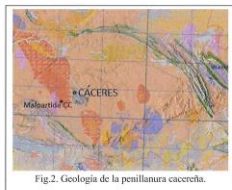


Fig.2. Geología de la penillanura cacerífera.

FRACTURACIÓN.

Las fracturas son básicamente de dos categorías: mayores o fallas y menores o diaclasas distensivas.

- Las fallas se originaron durante la Orogenia Varisca y reactivadas durante la Orogenia Alpina, con direcciones N30-60°E / N150-180°E, y se encuentran verticalizadas.
- Las diaclasas de distensión originadas por la erosión de materiales suprayacentes, están dispuestas subhorizontales.

La intersección de los juegos de fracturas produce en el macizo granítico bloques paralelepípicos que van transformándose en esféricos al penetrar el agua por los planos de fracturación, provocando alteraciones químicas.

3

RED HIDROGRÁFICA, CHARCAS NATURALES Y PEQUEÑOS PANTANOS.

La red hidrográfica es dendrítica, como corresponde a la incisión de los ríos sobre sustratos duros y ligeramente abombados. Las direcciones predominantes de los cursos de agua coinciden con las direcciones de fractura.

En las zonas deprimidas topográficamente se acumulan sedimentos que son muy adecuados para formar acuíferos y humedales.

La disponibilidad de agua, tan necesaria en esta zona, se incrementa mediante la construcción de pequeñas presas en las vauadas por donde discurren los regatos.

PARADA 2: MECANISMOS DE ALTERACIÓN. BLOLOS.

Los mecanismos que intervienen en la transformación del granito fresco son la meteorización y la erosión. Figura 3.

Existen meteorizaciones físicas y químicas, además de alteraciones de tipo biológico.

Las rocas fracturadas y cubiertas por material alterado embebido en agua se fueron transformando por procesos de oxidación, reducción, hidratación, carbonatación y sobre todo hidrólisis. Los silicatos, como la ortosa, las plagioclasas y las micas, pierden silice y se transforman en arcillas delezables y de mayor volumen favoreciendo la arenización de la roca. El cuarzo en ciertas condiciones de humedad y temperatura y con ambiente ácido, se transforma en ópalo, favoreciendo la silicificación superficial.

El proceso principal de alteración química es la hidrólisis que actúa sobre los bloques enterrados en el suelo con agua disponible disociada como H⁺ y (OH)⁻, transformando los minerales más erosionables (las ortosas y las micas) en arcillas y arenizando la roca.

Los seres vivos han tenido especial importancia en la génesis de este modelado y muy especialmente los líquenes, que actúan conjuntamente con otros microorganismos, generando un biofilm que cubre la superficie y promueve una degradación física y química de la roca.

Los microorganismos con un comportamiento más agresivo son los hongos, tanto en vida libre como liquenzados, que producen acciones mecánicas y químicas. Mediante la actuación mecánica se desprenden pequeños fragmentos minerales o rocosos al introducir sus hifas entre las discontinuidades microscópicas de las rocas. La acción química se ejerce por las sustancias poliméricas orgánicas que se depositan sobre los componentes minerales y pueden extraer diferentes elementos químicos de su estructura, como sucede con las micas, de las que se extrae el potasio.

Los seres vivos macroscópicos también realizan alteraciones físicas y químicas sobre las rocas. Las raices se introducen por las grietas y al engrosar las abren. Algunos animales producen alteración mecánica, mediante la acción de "zapu".

4

Guía del Geolodía 2016 en Los Barruecos (Malpartida de Cáceres) (2 de 2)

Tanto animales como vegetales liberan moléculas orgánicas con afinidad para formar quelatos y sustancias poliméricas, con los elementos metálicos de los edificios cristalinos, rompiendo su equilibrio físico-químico y desmoronando la roca.

La alterabilidad de una roca polimineral como el granito, depende del mineral que se altera con más facilidad. Cuando este mineral se erosiona, la roca se areniza. Al actuar la meteorización química durante un tiempo prolongado sobre los bloques rocosos enterrados, los transforma en bolos, al ser la erosión más intensa en las aristas y en los vértices.

PARADA 3: OTRAS MANIFESTACIONES MORFOLÓGICAS: SUPERFICIES POLIGONALES/ALVEOLOS/COSTRAS.
En esta parada sobre "bolos y setas" podemos encontrar modelados menores como superficies poligonales, alveolos aislados, "panales de abeja" y costras. Figura 4.

Las superficies poligonales se forman sobre superficies silíceas y endurecidas que posteriormente se agrietan por alteración y aumento de volumen del material situado bajo ella.



Fig. 4. Agrietamiento poligonal en bolo granítico.

Las superficies de descamación pueden dispense como hojas de cebolla debido a la meteorización progresiva que avanza desde exterior al interior.

Los alveolos son oquedades que progresan en cualquier dirección, con frecuencia en sentido opuesto a la gravedad. Se producen por disgregación de la masa granítica al concentrarse microorganismos donde hay más humedad o ausencia de radiaciones directas del sol, porque en éstas existen mejores condiciones para el desarrollo de un biofilm.

En ocasiones los alveolos se reúnen dejando entre ellos resaltes más o menos poligonales. Los resaltes están más endurecidos que los alveolos por contener sílice removilizada. La agrupación de alveolos forma una estructura que recuerda los "panales de abejas".

PARADA 4: SETAS, DOMOS Y CAVIDADES INTERNAS.

Las morfologías en "seta" se forman porque la humedad del suelo en contacto con la parte baja de los bloques produce una meteorización química más rápida que en la zona alta. En los domos, sin embargo, el ataque químico del bloque se produce prioritariamente en el plano superior y en las aristas laterales. Figura 5.

Observamos en algunas ocasiones bloques graníticos alterados internamente, Figura 5. En este paraje son abundantes los bolos, que externamente son de roca no alterada, pero en su interior progresa la alteración y pueden labrarse oquedades tan grandes que permite colocarse dentro de ellas una persona de pie. Dentro de las cavidades podemos comprobar que las paredes y el techo se siguen arenizando lo que demuestra que el proceso de descomposición interna continúa. Figura 6.

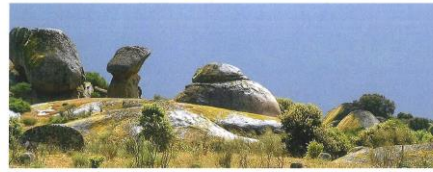


Fig. 5. Formas de seta, domos y corrosiones internas.



Fig. 6. Techo de una cueva

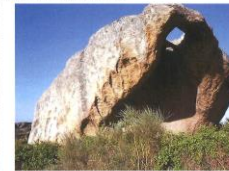


Fig. 7. Hueco formado por la unión de erosión ascendente y la erosión a favor de la gravedad de un piloncillo.

Favorece la formación de cuevas o cavidades internas en los bloques la existencia de cristales con caras bien definidas y de gran tamaño. Cuando la cavidad ha iniciado su formación, aunque sea incipiente, se crea un microclima en el interior. Con frecuencia la superficie de la bóveda se subdivide en varias superficies cóncavas que evolucionan de forma independiente.

PARADA 5: TAFONI DE PARED, MARMITAS NO FLUVIALES Y "ESCURRIDERAS".



Fig. 8. Tafoni

Estos tafoni (el modelado en singular se llama tafone y en plural tafoni) son oquedades producidas sobre las paredes verticales o extra plomadas de los bloques. Figura 8.

Las marmitas no fluviales son hendiduras sobre superficies horizontales que van profundizando por procesos de hidrólisis, hidrataciones, disoluciones y denudaciones sucesivas.

Las "escurrideras" y canales se abren por zonas donde discurre el agua y evolucionan más rápidamente cuando retienen suelo.

PARADA 6: TORS, PEÑAS CABALLERAS, PANSIAIE RUIIFORME.

Los Tors son apilamientos o torres de bloques superpuestos que pueden haberse generado por alteraciones bajo el suelo y que posteriormente quedaron en superficie al erosionarse los materiales alterados que les rodeaban. Figura 9.

Las Piedras Caballerías son apilamientos con aparente inestabilidad.
Los paisajes ruiformes o pedrizas son agrupaciones de bolos y bloques en disposición caótica.



Fig. 9. Tors

A lo largo del recorrido propuesta se podrán encontrar otros tipos de geoformas que no se han descrito, pero que se irán analizando durante el recorrido, como: bloques con pedestal o pilinto, paredes zapadas, bloques hendidos, lanchares, navas, pasillos de arenización, abertura de ventanales...

4.- BIBLIOGRAFÍA.

- Corral, R. (2005): Los Barruecos. En Libro Patrimonio Geológico de Extremadura: Geodiversidad y Lugares de Interés Geológico.
- Gómez Amela, D. (1984): Los Barruecos (Cáceres): unas formas modélicas sobre granitos. Rev. Nerha, V.
- Gómez Amela, D. (1996): Morfologías graníticas de "Los Barruecos". Jornadas de Divulgación del Monumento Natural "Los Barruecos" Malpartida de Cáceres.
- Martín Sánchez, S. y Rebolada Casado, E. (2010): Génesis y evolución de las geoformas en el Monumento Natural de los Barruecos, Malpartida de Cáceres (Cáceres, España). Una apuesta por el Desarrollo Local Sostenible. Servicio Publicaciones Univ. Huelva.
- <http://info.igme.es/cartografia/>
- <http://www.ign.es/iberpix2/vision/>

RECORRIDO PROPUESTO



Organizadores: S. Martín Sánchez, F. Fernández de la Llave, J.J. Tejado Ramos, J.A. Martín Andrada, E. Rebolada Casado.

COORDINAN:



ORGANIZAN:



FINANCIAN:



Guía del Geolodía 2017 en la Mina La Jayona (Fuente del Arco) (1 de 2)

GEOLODIA-17 "MINA LA JAYONA": DIVULGACIÓN GEOLÓGICA (FUENTE DEL ARCO, EXTREMADURA, ESPAÑA).

E. Rebollada, F.J. Fdez.-Año, P. Muñoz, M.T. de Tena y J.J. Tejado.

Introducción

La Mina Jayona se ubica en el Término Municipal de Fuente del Arco. Esta localidad se localiza al Sur de la provincia de Badajoz, a unos 134 kilómetros al sudeste de Badajoz capital. Localidades cercanas son: Llerena (14) o Zafrá (57 km). Dentro del Término Municipal de Fuente del Arco, la Mina Jayona se localiza en el paraje de "Sierra de la Jayona". Además de la explotación minera, a lo largo de toda la Sierra La Jayona se abicán diferentes registros y labores mineras en las que se explotaron diferentes menas de hierro.

Para acceder a las instalaciones de la Mina la Jayona hay que tomar la carretera comarcal 432 de Llerena a Fuente del Arco. Aproximadamente un kilómetro antes de llegar al pueblo, se toma una circunvalación, en la cual existe un cruce a la derecha (aproximadamente en el punto kilométrico 14), que nos lleva directamente a las instalaciones mineras.

Con motivo de la gran afluencia de personal docente al Monumento Natural Mina La Jayona, se planteó la necesidad de ofertar, dentro de los itinerarios, una primera propuesta de geositas para facilitar la labor de los educadores a la hora de planificar las visitas con sus alumnos. Este trabajo amplía y actualiza aquella información.

Descripción Geológica

Geológicamente, la Mina La Jayona pertenece a la Zona de Ossa-Morena, según la división del Macizo Ibérico realizada por Franz Lotze. Dentro de esta zona, los materiales que aparecen en el área de estudio corresponden al dominio de Zafrá-Alanis Córdoba.

Dentro de este dominio aparecen materiales de origen Precámbrico, Cámbrico, Carbonífero y Pérmico. En la zona de estudio se pueden aislar una serie de afloramientos caracterizados por una estratigrafía específica de los materiales cámbricos encontrados, a los cuales se les da el rango de unidad. Los diferentes materiales pertenecientes al dominio Zafrá-Alanis-Córdoba aparecen compartimentados en varias fallas longitudinales que nos dividen este dominio en varias unidades; una de las fallas presentes en la zona nos separa la zona en dos unidades claramente diferenciadas: Unidad Loma del Aire y Unidad Benalija.

La mina La Jayona se desarrolla en la Formación Carbonatada Cámbrica Inferior de la Unidad Benalija. Esta unidad se encuentra limitada por dos fallas: al sur, por una zona con fallas inversas de dirección N40°-160°E, compartimentadas por fracturas tectónicas de descompresión; y al norte se puede observar la Falla de Guadacanal, que nos separa esta unidad de la Unidad Loma del Aire.

- Siderita (FeCO₃): Con un contenido en hierro del 48,2%, se genera por metasomatismo: intercambio del hierro por el calcio de las calizas y mármoles dolomíticos de la Formación Carbonatada de la Caliza del Agua. Se altera fácilmente en la zona de oxidación y se convierte en óxidos e hidróxidos constituyendo monteras.
- Limonita: Es una mezcla de diferentes hidróxidos de hierro (goethita, hidroggoethita, lepidocrocita e hidrolepidocrocita), con impurezas (arcillas, cuarzo...). En la zona también pueden verse grandes cristales de calcita, formando romboedros, así como costuras de malaquita (carbonato de cobre) y yesos, todos ellos no explotados.

Historia de su minería

La mina La Jayona se encuentra a unos 4,5 kilómetros al S de Fuente del Arco (Badajoz), en el límite con la provincia de Sevilla, en las estribaciones más septentrionales de Sierra Morena (Fig. 1).

La explotación comienza en el año 1900 y finaliza en febrero de año 1921. Durante este tiempo se extrajeron aproximadamente 270.000 toneladas de mineral de hierro a lo largo de un filón corrido de calizas cámblicas karstificadas de algo más de 600 metros de longitud y dirección aproximada E-O, en dos cortas: "El Monstruo" y "Va te lo decia". El mineral obtenido (goethita y hematites) era transportado por un cable aéreo hasta una fundición existente en la estación de ferrocarril de Fuente del Arco, situada a unos 5 kilómetros al N de la mina, y desde esta fundición hasta Peñaroya por un ferrocarril de vía estrecha.

Según se iba avanzando (dejando llaves de sostenimiento, consistentes en zonas sin explotar para garantizar la seguridad de la mina) se fueron formando banquetas o andenes por donde se sacaba el mineral y la ganga al exterior. En total se crearon 11 niveles, de los que de los que se visitan en la actualidad solamente 4.

El arranque, con excepción de la zona más próxima a la superficie, se realizó con dinamita, ayudado con picos y palas, siendo el mineral acarreado fuera de la excavación con vagones hasta el cargadero existente en el exterior de la mina, y desde éste hasta la fundición existente en Fuente del Arco, con boriccos hasta 1903 y mediante teleférico a partir de ese año.

La zafra se depositó en las laderas, en tantas alturas como niveles de la mina, utilizando en numerosos casos la piedra para las construcciones y edificaciones, cargaderos, muros de mampostería, etc.

La iluminación en los primeros años se realizó con lámparas de aceite. No se sabe si en los siguientes años se llegó a utilizar la electricidad.

El 23 de septiembre de 1997 la Junta de Extremadura procedió a su declaración como Espacio Natural Protegido, con la figura de Monumento Natural.

Acondicionamiento y uso público

Los trabajos de acondicionamiento se hacen necesarios para hacer visitable y sacarle mayor partido al Monumento Natural.

Dentro de la Unidad Benalija, la mineralización de hierro objeto de la antigua explotación de La Jayona se encuentra en la Formación Caliza del Agua, del Cámbrico inferior.

Es frecuente la existencia de óxidos y pátinas de hierro, resultado de los procesos diagenéticos que han concentrado el mineral de hierro en fracturas y diaclasas de la caliza; este hierro se encuentra dentro de la paragénesis oligistio micácea, goethita, limonita y siderita, que ha sido objeto de explotación.

Yacimiento de la Mina La Jayona

Este yacimiento, a pesar de ser quizás el más visitado por turistas de toda Extremadura, no ha sido nunca objeto de una investigación exhaustiva desde el punto de vista de su génesis mineral. No existen datos (inclusiones fluidas, sondcos, geofísica, geoquímica) publicados que nos aporten un modelo genético del yacimiento en cuestión. De los datos recabados en campo, se puede aportar el modelo genético que a continuación se describe.

La paragénesis en la zona es claramente de baja temperatura: el tipo de hematites (oligistio micácea) indica que la temperatura de génesis de esta mineralización es muy baja. A no haber minerales que indiquen lo contrario, se puede entender que es un yacimiento básicamente diagenético. No se sabe con claridad el origen del hierro que da lugar a la mineralización presente en la mina. Según algunos autores, éste pudo proceder de estratos infrayacentes.

Al seno calizo llegaron fluidos cargados en hierro siguiendo los planos de fractura. El hierro sustituyó a gran parte del calcio de la estructura molecular de las calizas, originándose FeCO₃ (siderita). Este hierro, mediante procesos diagenéticos y posiblemente también con componente tectónica, dio lugar a una removilización de los fluidos que precipitaron sobre las diferentes fallas y diaclasas que afectaban al tramo superior de la Formación Caliza del Agua.

Al aflorar en superficie estos materiales, y verse expuestos a la intemperie (oxidación), se desarrolló una montera de óxidos (hematites u oligistio) e hidróxidos de hierro (goethita), además de producirse una hidratación por el contacto con las aguas freáticas.

Como resultado de este origen, aparecen paragénesis minerales pobres en fases, entre las que se incluyen una baja diversidad de óxidos, hidróxidos y carbonatos. A continuación, describimos brevemente los minerales que pueden reconocerse en la zona. Cada uno tiene una ley o pureza en hierro diferente, lo cual condiciona, durante la época de su explotación, las diferentes infraestructuras utilizadas que aún se pueden observar:

- Hematites (Fe₂O₃): Incorpora en su estructura hasta el 71 % del hierro explotable. Se forma en la zona de alteración supergénica, por oxidación de la siderita. La hematites que se observa en la zona es la variedad especularita, comúnmente denominado oligistio micácea, color gris metálico y de baja dureza, de aspecto micáceo (laminar), con un grado de pureza en hierro generalmente elevado (entre 58% y el 61%), por lo que tuvo que ser el primero en aprovecharse y también el primero en agotarse.
- Goethita (FeOOH): Con un 62,9% en hierro, forma la corteza de meteorización, por oxidación e hidratación, como producto de descomposición de la siderita.

Consisten, por un lado, en obras encaminadas a dotar de seguridad a la mina (estabilización de taludes, barandillas, puentes...) y, por otro, en preparadas infraestructuras de apoyo a actividades de educación ambiental y a los guías y vigilantes (centro de interpretación, paneles, agua potable, bar, merenderos, WC, electricidad, etc.).

La Jayona dispone de tres guías turísticos, a los que acudir para consultar cualquier aspecto relacionado con la historia y naturaleza de la mina.

Conclusiones

- 1) En la visita a la Mina La Jayona se pueden observar diferentes procesos geológicos endógenos y exógenos.
- 2) Todos los niveles actualmente visitables (2, 3, 4 y 9) pueden ser utilizados perfectamente para explicar dichos procesos geológicos.
- 3) En la mina puede apreciarse el sistema de explotación de menas de hierro de principios de siglo XX.
- 4) El aprovechamiento de la mina ha pasado, a lo largo de 80 años, de minero a turístico y didáctico.

Para saber más:

- Perianes, V. y Muñoz, P. (1998): Monumento Natural Mina "La Jayona". Publicaciones del Museo de Geología de Extremadura, n.º 5. Mérida
- Rebollada, E., Merino, R., Fernández, F.J., Muñoz, P. y de Tena, M.T. (2000): Guía geológica para el Monumento Natural "Mina La Jayona" (Fuente del Arco, Badajoz). *XV Simposio sobre la Enseñanza de la Geología*. Santander, septiembre.
- Fernández, F.J. y Rebollada, E. (2005): *PIG Mina La Jayona*. En: Muñoz y Martínez (Ed.). *Libro de Patrimonio Geológico de Extremadura*. Consejería de Agricultura y Medio Ambiente. Badajoz.

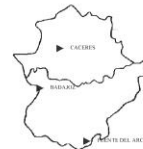


Figura 1. Mapa de situación de la Mina La Jayona.

Guía del Geología 2017 en la Cueva de Castañar (Castañar de Ibor) (1 de 4)

INFORMACIÓN E INSCRIPCIÓN NECESARIA
http://www.sociedadgeologica.es/divulgacion_geologia.html
www.geoparquevilurcas.es/geologia2017

geología 17 Cáceres

EXCURSIÓN GRATUITA
 PUNTO DE ENCUENTRO Y HORA:
 Centro de Interpretación de la Cueva de Castañar.
 10 horas.

COORDINAN: ORGANIZAN:

FINANCIAN:

geología 17

Indicaciones prácticas:
Mapa de situación:

Explicación de los puntos y otras indicaciones:

El lugar de reunión para el inicio del Geología 2017 Cáceres (**PUNTO 1**) es el Centro de Interpretación del Monumento Natural de la cueva de Castañar de Ibor (Avda. Navalmaral s/n, 10.340, Castañar de Ibor, Cáceres; junto al camping Los Ibores). En este punto se desarrolla parte de la actividad.

Para continuar con la actividad, se sale del Centro de Interpretación en vehículos particulares hacia la derecha (EX-118). A 650 m se llega a un cruce (**PUNTO 2**). Se debe continuar de frente, por la carretera EX-386 en dirección a Robledollans.

A 2,1 km (**PUNTO 3**) se debe tomar una pista a mano derecha. En este punto se puede dejar el coche en un aparcamiento a mano izquierda de la carretera EX-386 (téngase en cuenta que si se escoge esta posibilidad se deberán recorrer a pie 1,5 km).

Se debe recorrer la pista (1,3 km) y al final de esta se debe girar a la derecha y recorrer unos 240 m hasta el **PUNTO 4**, donde se desarrolla la otra parte de la actividad.

- AUNQUE NO SE VA A CAMINAR MUCHO TIEMPO Y EL TERRENO ES LLANO, SE RECOMIENDA LLEVAR CALZADO APROPIADO PARA ANDAR POR EL CAMPO, TAMBIÉN AGUA Y PROTECCIÓN SOLAR Y ALGO DE COMIDA.

- SE PREVÉ TERMINAR LA EXCURSIÓN ENTRE LAS 2 Y LAS 3 DE LA TARDE.

15

geología 17

Fig. 9. Esquema de la formación de los distintos minerales de los espeleotemas de la cueva de Castañar y las relaciones entre ellos.

Con todo esto que sabemos, seguro que se nos ocurre una pregunta fundamental ¿Cuándo se formó la cueva? Esta es una pregunta difícil, pero las dataciones de que disponemos indican que la formación de espeleotemas en la cueva ya había empezado hace 350.000 años.

Todos estos estudios de investigación llevados a cabo, han quedado plasmados, de una manera didáctica, en el Centro de Interpretación que ahora visitamos y que nos permite conocer con gran detalle la cueva de Castañar.

14

geología 17

Fig. 8. Imagen de microscopio de abanicos de aragonito fibroso.

Muchos de estos minerales son inestables y con el tiempo se transforman en fases más estables, por ejemplo, el aragonito se transforma en calcita y en dolomita (Fig. 9). Esto nos demuestra que la cueva es un sistema vivo y que, en ella, aunque sea lentamente, se forman y transforman muchos espeleotemas.

Hay otro hecho que da más vistosidad a la cueva de Castañar. Si habéis entrado en otras cuevas, rara vez tienen las paredes de color rojo, pues bien, gran parte de las paredes, el suelo o el techo de la cueva de Castañar son de color rojo. Eso se debe a la presencia de arcillas rojas que se han depositado sobre las cavidades previamente formadas.

13

4. EL CENTRO DE INTERPRETACIÓN DE LA CUEVA DE CASTAÑAR. LOS ESPELEOTEMAS

La Cueva de Castañar destaca por la abundancia, diversidad y belleza de sus espeleotemas (las diferentes formaciones que podemos ver en las cuevas). Fue declarada Monumento Natural, en 1997. El tamaño de la cueva y sus delicadas espeleotemas hacen muy difíciles las visitas turísticas a la cueva. Por ello, se ha diseñado el Centro de Interpretación, así todo el mundo puede conocer las maravillas de la cueva, sin causarle ningún daño.

En la cueva de Castañar hay muchos tipos distintos de espeleotemas (Fig. 7), como son: coladas, banderas o corinas, varillas, estalactitas, estalagmitas, columnas, gours, formas fibrosas a veces formando "pompones de aragonito" y moon-milk

(una masa blanca y pastosa que cubre muchos de los otros espeleotemas). La cueva de Castañar presenta como rasgo más llamativo una gran abundancia de espeleotemas de aragonito fibroso (Fig. 8). Además de aragonito y calcita (que tienen la misma composición, CO_2Ca , pero distinta morfología), la cueva incluye otros muchos minerales mágnésicos. Esto se debe a la abundancia de magnesio en las aguas que circulan por la cueva, pues las rocas que se han disuelto (dolomías y magnesitas) son muy ricas en ese elemento. De esta forma en la cueva se forman inicialmente aragonito, calcita y todos esos minerales mágnésicos.



Fig. 7. Espeleotemas de aragonito fibroso, características de la cueva de Castañar. La imagen de la derecha muestra el desarrollo de "pompones" de aragonito sobre las arcillas rojas que tapizan las paredes de la cueva.



Fig. 5. Izquierda: Dolomías y magnesitas, muy bien estratificadas. Derecha: la masa gris corresponde a las dolomías que han sido sustituidas por magnesita (masas marrones).

Cuando estas dolomías y magnesitas quedan en superficie, por ellas circula el agua de lluvia, que poco a poco las va disolviendo y crea cavidades o cuevas como la de Castañar (Fig. 6).

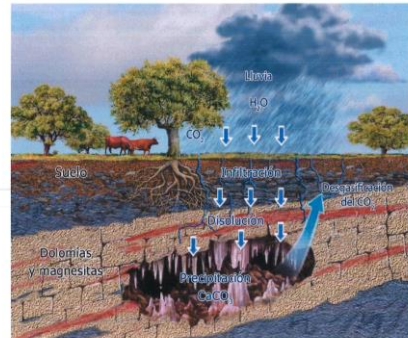


Fig. 6. Esquema que muestra los procesos de formación de la cueva de Castañar de Ibor.

3. LAS ROCAS EN LAS QUE SE FORMA LA CUEVA

Las rocas ediacáricas han estado enterradas durante muchos millones de años, y como resultado de ese prolongado enterramiento y de la circulación de aguas profundas (Fig. 4), las calizas se transformaron en dolomías (carbonato

cálcico mágnésico) y magnesitas (carbonato mágnésico), las lutitas y arcillas en pizarras y las arenas en areniscas. Por eso ahora ya no son calizas, son dolomías y magnesitas, formadas por cristales de alrededor de 1 mm.

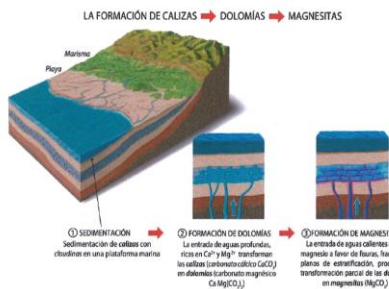


Fig. 4. Esquema que muestra cómo se formaron las calizas, y cómo se transformaron posteriormente en dolomías y magnesitas.

En el afloramiento de Castañar no quedan ya restos de las calizas, pero si vemos que las dolomías se transformaron parcialmente en magnesitas (cristales más marrones y gruesos; Fig. 5). Como hemos

visto, los esfuerzos tectónicos [arrogancia] hicieron que esos materiales volvieran de nuevo a la superficie. Prueba de los esfuerzos son los pliegues que veremos a lo largo de la ruta geológica.

Todo esto lo iremos viendo poco a lo largo del itinerario, en el que visitaremos el emplazamiento del nuevo geositio con fósiles de Cloudina.



Fig. 3. Representación del fondo marino que era este territorio hace unos 540 millones de años, con Cloudina a la izquierda, vendoténidos y sabelalidos en el centro y a la derecha, y los estromatolitos justo detrás. Ilustración de Antonio Grayser.

Guía del Geología 2017 en la Cueva de Castañar (Castañar de Ibor) (3 de 4)

geología17

2. LA VIDA HACE 540 MILLONES DE AÑOS

La evolución de la vida, Cloudina y el futuro geosito

La aparición de la vida y su evolución en nuestro planeta puede resumirse en tres etapas principales. La primera de ellas sería el origen de la vida misma. De los 4.600 Ma de antigüedad que tiene la Tierra, tenemos evidencias de vida en forma de fósiles desde hace unos 3.700 Ma. Como es de suponer, se trata de organismos unicelulares (bacterias procariontas, sin núcleo verdadero) de los que posteriormente aparecieron las cianobacterias, que vivían en aguas someras realizando la fotosíntesis y que formaban los estromatolitos. Cianobacterias similares siguen formando estas estructuras en playas de la actualidad (en Australia y Brasil, por ejemplo). Más tarde aparecerían los eucariotas (unicelulares pero con núcleo verdadero).

La segunda etapa se correspondería con la unión de varios eucariotas unicelulares para formar organismos pluricelulares de cuerpo blando: extraños organismos con forma de disco, plumas... llamados "fauna de Ediacara" por el lugar de Australia donde se hallaron por primera vez, y con una edad de unos 600 Ma.

La tercera etapa comprende el origen de los esqueletos, en sus diversas formas: conchas, escleritos, espinas, placas, huesos... En la explosión biótica del Cámbrico (hace unos 530 Ma), donde aparecieron los miembros más primitivos de muchos de los metazoos (animales pluricelulares) actuales, casi todos estos tipos de esqueletos se hicieron muy comunes. Los esqueletos son como una navaja suiza de la naturaleza: sirven para atacar (garras, dientes...), defenderse (conchas, caparzones...), anclaje para los músculos (lo que permite alcanzar tamaños tan grandes como el de la ballena azul), etc. Tal es su importancia que todas las divisiones principales del árbol animal, así como muchos protistas y algas, tienen grupos con esqueletos mineralizados.

Los fósiles más antiguos de la península los podemos encontrar en el geoparque, en las rocas (lutitas) que se originaron en el fondo del océano que cubría este territorio hace 580 Ma. Formas unicelulares (cubiertas orgánicas de bacterias) han sido descritas en varios yacimientos.

También se han encontrado fósiles de organismos pluricelulares de cuerpo blando denominados sabelididos.

En las dolomías y magnesitas que se formaron a partir de las calizas del Grupo Ibor aparecen unos fósiles esenciales para conocer el origen de los esqueletos, como hemos visto, un acontecimiento evolutivo crítico. Se trata de *Cloudina*, un pequeño organismo tubular descrito como uno de los primeros animales con exoesqueleto mineralizado (concha), precursores de la biomineralización generalizada que se produjo en el Cámbrico, y que formaba los arrecifes más antiguos conocidos, viviendo de forma similar a como lo hacen los corales en la actualidad (Fig. 3).

Los yacimientos del geoparque, junto con otros encontrados en Badajoz y en China, son los mejores del mundo para estudiar estos organismos, debido a la excepcional preservación que muestran los fósiles y a su diversidad, ya que aparecen otros géneros e incluso una especie nueva para la ciencia, *Cloudina carinata*.

El estudio de estos organismos y los ecosistemas en los que vivían es esencial para conocer la evolución, y especialmente el proceso de biomineralización (formación de los esqueletos), una fascinante historia a la cual pertenecemos.

8

geología17

La orogenia Alpina: erosión y cuencas continentales. Aparecen los ríos que hoy conocemos

Conforme la erosión iba desnudando los materiales más resistentes y elevados del paleozoico, las rocas más antiguas del Ediacárico ocupaban mayores extensiones, configurando durante el Cenozoico cuencas endorreicas (internas, los ríos no desembocaban en el océano, sino en grandes lagos interiores), a veces delimitadas por fallas normales asociadas a los recientes movimientos orogénicos alpinos, que se van rellenando de sedimentos fluviales y fluvioalacustres, dando lugar a extensas llanuras dominadas por unos relieves paleozoicos menos agrestes que los actuales y que culminaron con el depósito de las rañas, en un momento incierto que se sitúa entre el Plioceno y Pleistoceno. Inmediatamente antes o justo posterior al depósito de las rañas según distintos autores, las cuencas endorreicas se abren al Atlántico y comienzan la intensa erosión de los recientes materiales cenozoicos sin consolidar y el encajamiento de los ríos que configuran las actuales cuencas del Tago y Guadiana. Nos quedan los testigos de lo que fueron los paisajes plio-pleistocenos las actuales rañas adosadas a los relieves paleozoicos.

Se forman las pedreras... y la cueva de Castañar

El encajamiento de los ríos durante los 2 últimos Ma (Fig. 2, dibujo 6) ha producido un rejuvenecimiento del relieve aumentando las pendientes de los relieves paleozoicos dominados por la Cuarcita Armárica, en cuya base se han formado los típicos depósitos de gravedad que dan lugar a las pedreras tan características del geoparque y, más recientemente, la disolución de las dolomías y magnesitas para formar la maravillosa cueva de Castañar. Todo esto lo iremos viendo poco a lo largo del itinerario.

7

geología17

Otra orogenia. La unión hace la fuerza, Pangea

Los movimientos hercínicos provocaron la unión de los continentes en el supercontinente Pangea. Esto produjo la emergencia definitiva del geoparque y plegaron los materiales sedimentarios, formando las anticlinales (zonas elevadas) y sinclinales (zonas bajas). En las áreas próximas a las importantes intrusiones ígneas relacionadas con la orogenia Hercínica (como por ejemplo el granito de Peralada de San Román) las rocas se metamorizaron debido a la presión y a la temperatura.

A partir del Pérmico (Fig. 2, dibujo 4), se inicia la intensa erosión que ha ido desnudando las elevadas montañas hercínicas durante casi 300 Ma. La erosión a la que se ha visto sometida esta vieja cordillera ha dado lugar a un proceso muy conocido de evolución geomorfológica, la **inversión del relieve**. Aquí, al contrario de lo que suele ser normal, algunos sinclinales constituyen las áreas más elevadas y los anticlinales, al ser erosionados, han dejado al descubierto los materiales ediacáricos (fundamentalmente lutitas y grauwacas), fácilmente erosionables y que acaban ocupando cada vez mayores extensiones que conforman las zonas más bajas y llanas (zócalo cadomiense).

Pangea se rompe

Durante el Mesozoico (Fig. 2, dibujo 5) Pangea comenzó a romperse y los continentes se fueron separando hasta llegar a la posición que hoy ocupan. Los climas eran mucho más cálidos y en el entorno del geoparque existía una vegetación muy distinta a la actual, dominada por gimnospermas (pinos, cipreses, etc.), que daba cobijo a una gran diversidad de dinosaurios cuyos restos fosilizaron en áreas próximas a las tierras bajas y pantanosas que rodeaban el Macizo Ibérico (ahora Portugal, La Rioja, Teruel...).

6

geología17

Una orogenia pone en superficie las rocas con Cloudina

En el inicio del Cámbrico, el entorno de Castañar de Ibor emergió (orogenia (485-470 millones de años) se inicia la Cadomiense; Fig. 2, dibujos 1 y 2) y apertura de un nuevo océano (Océano Reico) en cuyas costas se situaba el geoparque. (todavía las plantas no habían hecho su aparición en los paisajes terrestres). Durante el Ordovícico Inferior de Castañar de Ibor emergió (orogenia (485-470 millones de años) se inicia la Cadomiense; Fig. 2, dibujos 1 y 2) y apertura de un nuevo océano (Océano Reico) en cuyas costas se situaba el geoparque. (todavía las plantas no habían hecho su aparición en los paisajes terrestres).

De vuelta al mar

Los dominios marinos regresaron y se depositaron nuevos areniscos, en los que encontramos rastros y fósiles de los invertebrados marinos que vivían en aquellas aguas y fondos, y una sucesión de rocas sedimentarias que van desde el Ordovícico Inferior al Carbonífero (Fig. 2, dibujo 3). El Océano Reico, en expansión hasta el Silúrico, comenzó a contraerse durante el Devónico, marcando el inicio de la orogenia Hercínica o Varisca, para cerrarse definitivamente con la formación de Pangea al final del Carbonífero.

Figura 2. Evolución geológica del geoparque.

5

Guía del Geología 2017 en la Cueva de Castañar (Castañar de Ibor) (4 de 4)

geología 17

1. LA HISTORIA (GEOLÓGICA) DE LOS IBORES

Las rocas sedimentarias más antiguas de la Península

Los primeros capítulos de la historia de la región se encuentran, por ejemplo, en el entorno de Guadalupe: son las rocas sedimentarias más antiguas de la Península Ibérica, constituidas por alternancias de grauwacas (un tipo de areniscas que incluyen en su interior abundante matriz arcillosa) y lutitas (roca de grano muy fino), típicas de medios marinos muy profundos. Estos materiales representan casi la mitad de las rocas de la provincia de Cáceres y de una gran extensión del geoparque. La geografía extremeña era muy diferente de la actual cuando se estaban depositando estas rocas, hace unos 600 Ma, en el Ediacárico. Conformaba un paisaje similar al que hoy día encontramos en el este asiático, con una zona de subducción, un arco isla (al sur de Extremadura, entonces similar al actual Japón, una sucesión de islas alineadas) y una gran trazarca (norte de Extremadura, entonces similar

al mar de Japón, entre este país y el continente asiático), que se iba llenando de sedimentos procedentes del arco isla y que comenzaron a plegarse y emerger (elevarse) progresivamente de sur a norte. En las áreas próximas a los relieves emergidos situados en la provincia de Badajoz se instauró la costa de una plataforma cuyo límite se extendía hasta el norte del geoparque y donde se depositaban las diversas rocas sedimentarias que hoy constituyen el Grupo Ibor, que ahora en el entorno de Castañar de Ibor. Son rocas estratificadas muy variadas y algo inclinadas (Fig. 1) que incluyen conglomerados, diversos tipos de areniscas (grauvacas, arcosas), muy abundantes lutitas y varios niveles discontinuos de carbonatos. Los niveles inferiores de carbonatos se depositaron inicialmente como calizas (sólo carbonato cálcico) con *Cloudina* en los mares de hace entre unos 550 a 542 millones de años.

4

geología 17

Se realizarán varias paradas. Las paradas 1 a 3 se realizarán en el Centro de Interpretación y su entorno (Mapa de situación: PUNTO 1). Las paradas 4 y 5 se realizarán en otra localización (Mapa de situación: PUNTO 4). (NO NECESARIAMENTE EN ESTE ORDEN, en función DEL NÚMERO DE ASISTENTES). El desplazamiento entre los dos entornos se realizará en vehículos particulares.

1. Alrededores del Centro de Interpretación: Geología de Los Ibores.
2. Magnesitas junto a Centro de Interpretación.
3. Visita guiada al Centro de Interpretación. Reconocimiento de las formaciones de la cueva de visu y microscópico.
4. Pista (diversidad litológica del Grupo Ibor).
5. Afloramiento con *Cloudina* y próximo geosilo.

INTRODUCCIÓN

El Geoparque Mundial de la UNESCO Villuercas-Ibores-Jara guarda en sus rocas la historia de nuestro planeta desde hace más de 600 millones de años hasta nuestros días. Es difícil de imaginar, pero hace 600 millones de años esta región estaba cubierta por el mar. ¿Cómo sabían esos tiempos? ¿Quién vivía por aquí en esos tiempos? ¿Cómo manejarnos con un calendario que tiene tantos millones de años hacia atrás? ¿Cuándo se formó la cueva de Castañar? Intentaremos contestar estas y otras preguntas.

En concreto, en el territorio del geoparque, vivieron en ese ambiente marino unos organismos tubulares muy característicos, llamados *Cloudina*, que son los primeros animales que fabricaron un esqueleto, en su caso, en forma de un tubo rígido. *Cloudina*, junto con los estromatolitos (acumulaciones de bacterias que llegan a endurecerse formando rocas), contribuyeron a formar rocas calizas en aquellos antiguos mares. Y aquí comienza la historia que iremos desvelando a lo largo de la visita, leyendo las rocas como si fuesen las páginas de un libro.

3

geología 17

GEOLÓGIA CÁCERES 2017:
La vida se abrió camino, los organismos colonizaron los mares y al final se formó la cueva de Castañar.

Geología 17 en Castañar de Ibor

El 14 de marzo de este año se celebró el 50 aniversario del descubrimiento de la cueva de Castañar. Por ello, este año el Geología 17 Cáceres se desarrolla en el entorno de la cueva.

Este Geología se centrará en dos temas principales:

1. Las rocas en las que se formó la cueva de Castañar. Estas rocas contienen los primeros fósiles que construyeron el esqueleto (en forma de caparazón), hace unos 550 millones de años (Ma), por lo que su conocimiento es fundamental para entender para la evolución de la vida en nuestro planeta. Los asistentes tendrán la oportunidad de entender cómo se han formado las rocas del entorno de Castañar de Ibor y la evolución del paisaje.
2. Los procesos de formación de la cueva y sus minerales. Dadas las características de la cueva no será posible que los asistentes al Geología la visiten. Sin embargo, además de una visita guiada al Centro de Interpretación, los participantes podrán observar muestras de mano de los espeleotemas (estalactitas, "pompones de aragonito", etc.) de la cueva y también el material que ha servido para las numerosas investigaciones. La observación de los minerales de la cueva se hará mediante microscopios y lupas ópticas.

Los participantes en el Geología de Cáceres de 2017 recorrerán el entorno de la cueva de Castañar guiados por Ana Blázquez (Centro de Interpretación de la cueva de Castañar), Teodoro Palacios e Iván Cortijo (Universidad de Extremadura y Geoparque Mundial de la UNESCO Villuercas-Ibores-Jara), José María Barrera (director del Geoparque Mundial de la UNESCO Villuercas-Ibores-Jara), Javier López (Dirección-Gerencia APRODERVI y subdirector del Geoparque Mundial de la UNESCO Villuercas-Ibores-Jara), Ana Mª Alonso Zarza, Álvaro Rodríguez, Ana Isabel Casado y Pablo Melón (Universidad Complutense de Madrid-IGEO CSIC) y Pedro Muñoz Barco (Junta de Extremadura).

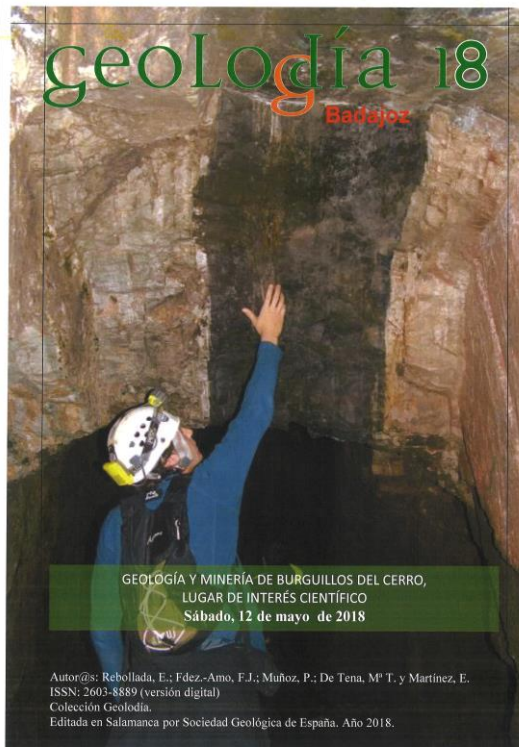
2

Domingo 7 de mayo 2017
Castañar de Ibor

geología 17
Cáceres

La vida se abrió camino, los organismos colonizaron los mares y al final...

Guía del Geolodía 2018 en Burguillos del Cerro (1 de 2).



GEOLOGÍA

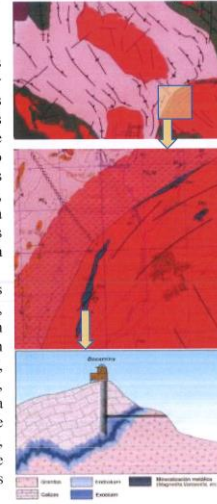
Geología es un conjunto de excursiones gratuitas, guiadas por geológ@s y abiertas a todo tipo de público. Tendrá lugar el fin de semana del 12-13 de Mayo 2018, en todas las provincias de España, a razón de una excursión por provincia. Nació en la provincia de Teruel en el año 2005 y se organiza a nivel nacional desde el año 2010.

El objetivo principal de Geología es que los participantes se acerquen a la Geología y la sientan como una ciencia atractiva y útil para la sociedad. Para ello se pretende que observen con "ojos geológicos" el entorno, entiendan el funcionamiento de los procesos geológicos, conozcan el patrimonio geológico, tomen conciencia de la necesidad de protegerlo y valoren la importancia que tiene para la sociedad el trabajo que desarrollan l@s geológ@s.

CONTEXTO GEOLÓGICO

En la Sierra del Cordel encontramos dos tipos de rocas: calizas marmóreas y granitos. Las calizas son rocas sedimentarias formadas en ambientes marinos de hace casi 600 millones de años. Junto con otras rocas, como pizarras y areniscas, fueron plegadas durante las orogéncias Cadomiense, Varisca o Hercínic y Alpina. La disposición geométrica actual de las rocas se debe fundamentalmente a la Orografía Hercínic.

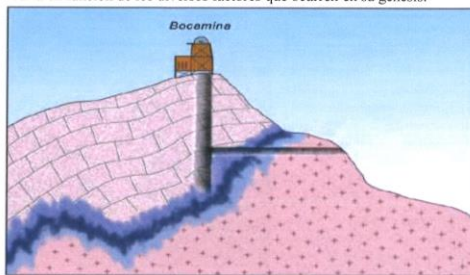
Durante las orogéncias las placas tectónicas chocan a velocidades lentas, pero muy potentes, donde se producen fenómenos geológicos de gran relevancia, como plutonismo, vulcanismo, plegamiento y fracturación, etc. La aparición en la base de la Corteza (a unos 20-30 km. de profundidad) de magmas que ascienden, produce las intrusiones plutónicas, que son causa de la aparición de muchos yacimientos minerales.



YACIMIENTOS MINERALES DE BURGUILLOS DEL CERRO

El yacimiento es de tipo Skarn. Los skarns son rocas que se producen por la interacción físico-química entre cuerpos intrusivos y rocas encajantes carbonatadas ricas en calcio y/o magnesio.

Como resultado de esta interacción, aparecen minerales muy diversos, como silicatos, sulfuros, óxidos, carbonatos y otros, cuya composición varía en función de los diversos factores que ocurren en su génesis.



El Skarn de la Mina Monchi está localizado en las proximidades del contacto entre las rocas ígneas ácidas del batolito granítico de Burguillos del Cerro y los mármoles cámbricos de la Sierra del Cordel. El yacimiento se origina por el ascenso de la masa granítica y su emplazamiento en zonas superficiales, en contacto con las rocas carbonatadas anteriormente mencionadas.

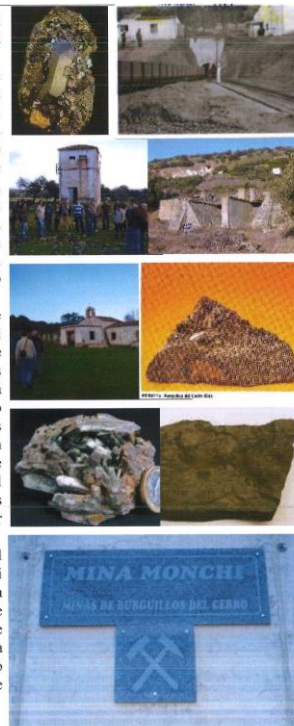
La principal peculiaridad del skarn que se observa en Monchi es el alto contenido en Boro y tierras raras de los fluidos mineralizadores. Como consecuencia de ello aparece: clinopiroxeno (diópsido-hedembérgita), granate (melanito-andradita), anfíbol (actinolita-hornblenda), turmalina, axinita, allanita, epidota (pistachita-zoisita), crocidolita, riebeckita, magnetita, pirrotina, uraninita, lolingita, vonsenita, ilvaita, cobaltina, pirita, calcopirita, bismutina, molibdenita, bismuto nativo, esfena, calcita, yeso, eritrina, malaquita, uranilito y otros menos comunes.

RUTA GEOLÓGICA POR EL EXTERIOR DE MINA MONCHI

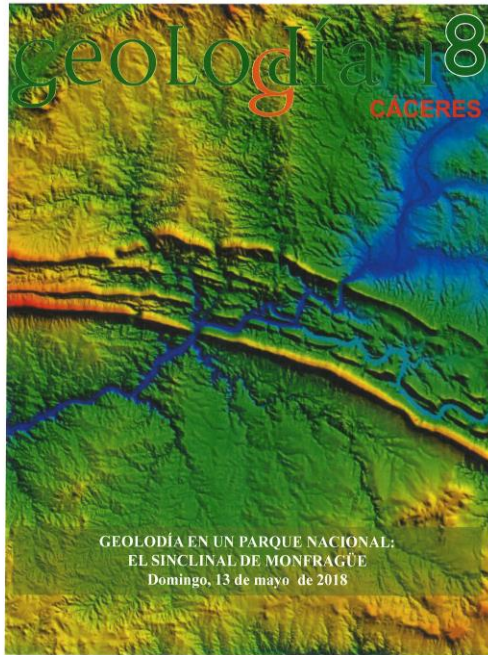
La ruta por el exterior de la mina tiene un interés básicamente mineralógico, ya que en las escombreras existentes es posible encontrar minerales de skarn: allanita, axinita, diópsido, hedembérgita, vonsenita, granates, lolingita, magnetita, pirita, calcopirita, molibdenita, pirrotina, uraninita, uranilito y crocidolita.

También desde un punto de vista minero Monchi presenta interés. Aún se conservan infraestructuras mineras, ya que la mina estuvo en funcionamiento hasta 1975. Entre otras estructuras, se observan hasta tres niveles de escombreras, siendo el primer y segundo nivel los que manifiestan mayor interés mineralógico.

Otro hecho destacable en el exterior de la Mina Monchi es la corta minera situada unos 20 metros al noroeste del tercer nivel: de este intento de explotación a cielo abierto se han podido extraer muestras de exoskam de alto interés.



Guía del Geolodía 2018 en el Parque Nacional de Monfrágüe (1 de 2).



Autores: Martín, S.; Rebollada, E.; Tejado, J.J.; Fernández, F.
ISSN: 2603-8889 (versión digital)
Colección Geología.
Editada en Salamanca por Sociedad Geológica de España. Año 2018.

El Geolodía

Geolodía es un conjunto de excursiones gratuitas, guiadas por especialistas en geología y abiertas a todo tipo de público. Tendrá lugar el fin de semana del 12-13 de Mayo 2018, en todas las provincias de España.

El objetivo principal de Geolodía es que los participantes se acerquen a la Geología y la sientan como una ciencia atractiva y útil para la sociedad. Para ello se pretende que observen el entorno geológico, entiendan el funcionamiento de los procesos geológicos, conozcan el patrimonio geológico, tomen conciencia de protegerlo y valoren la importancia que tiene para la sociedad el trabajo que desarrollan los geólogos.

Contexto geológico del Parque Nacional de Monfrágüe

El Parque Nacional de Monfrágüe está situado en la Zona Centroibérica del Macizo Ibérico. En líneas generales, Monfrágüe se caracteriza por la existencia de un estrecho sinforme construido con materiales paleozoicos, que se dispone en dirección NO-SE y tiene una dimensión kilométrica. Se encontraría rodeado de grandes antifórmas, desaparecidos por erosión, que dejan ver las rocas del Neoproterozoico y las intrusiones de masas graníticas.

Desde un punto de vista litostratigráfico, los materiales presentes son:

- Materiales del Proterozoico sup.-Cámbrico inf.: se denominan "Grupo Domo Extremeño", formado por alternancias de pizarras y grauwacas.
- Materiales Paleozoicos (Ordovícico-Silúrico): se disponen de forma discordante sobre los materiales anteriores y están representados por alternancias de cuarcitas y pizarras, con un pequeño nivel volcánico hacia el techo de la serie.
- Materiales de cobertera: corresponden a cantos, gravas, arenas y arcillas, depósitos terciarios y cuaternarios que se sitúan encima por encima de los otros dos.

Recorrido geológico

Se realizarán 4 paradas explicativas, con el siguiente contenido:

- P1. Salto del Gitano: geomorfología y aspectos generales del Sinforme.
- P2. Puente del Cardenal: ambiente sedimentario del Paleozoico inferior.
- P3. Pliegue en la cuarcita de *Caradoc*: estructuras de plegamiento.
- P4. Presas de Torrejón: ingeniería geológica y tectónica.

Agradecimientos

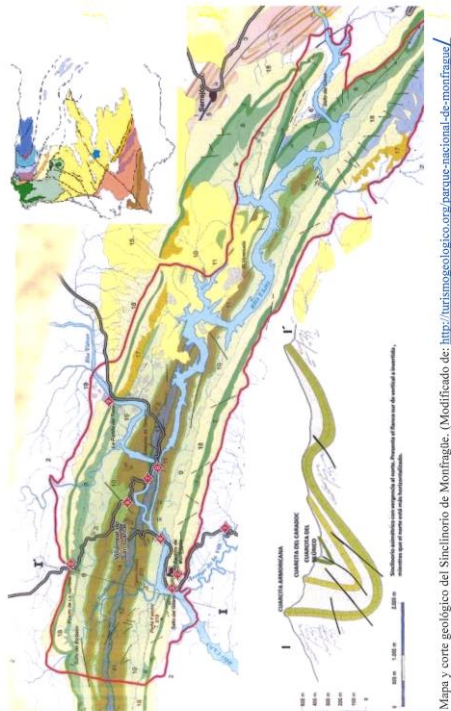
Al personal del Parque Nacional, en especial a José María Jiménez Barco.

PARADA 1. Salto del Gitano

Fíjate en el paisaje que estás viendo y en las características que en cada punto se describen:



- 1.- Son esquistos que están inclinados. Se depositaron como arenas y arcillas, hace unos 600 M.a en el fondo oceánico. Se plegaron (Orogenia Cadomiense). Sufrieron bajo metamorfismo. Emergieron y se erosionaron en un ambiente continental.
 - 2.- Sobre los materiales anteriores deformados, se depositaron horizontalmente los que se describen a continuación aunque ahora se encuentran verticalizados. Entre ellos hay una discordancia.
 - 3.- Los materiales que se indican se depositaron como arenas y arcillas, en un ambiente de playa y plataforma marina, entre -550 y -450 M.a.
 - 4.- En las arenas de playa anteriores existirían trilobites y gusanos filtradores porque han dejado sus huellas.
 - 5.- Hace unos 300 M.a se produjo la Orogenia Varisca: transformando las arenas y arcillas en cuarcitas y pizarras, generando el sinclinorio de Monfrágüe cuyo flanco sur vemos y produciendo fallas. La Orogenia Alpina posterior (producida desde hace unos 60 M.a) reactivó las fracturas existentes, creó otras y basculó los bloques.
 - 6.- Las formas del relieve actual refleja la estructura de los pliegues y fallas que existen. Los ríos excavan sus cauces por las zonas más favorables y forman saltos o portillas como la que estamos viendo.
 - 7.- De las elevadas cumbres caen materiales rocosos que cubren la ladera y forman coluviones.
- Toda esta diversidad geológica es el fundamento para que exista la biodiversidad del PNM.



Mapa y corte geológico del Sinclinorio de Monfrágüe. (Modificado de: <http://turismoigeologico.org/parque-nacional-de-monfrague/>)

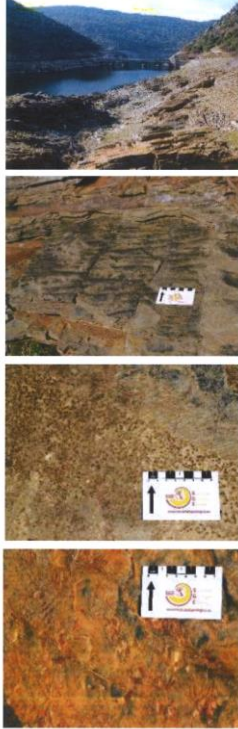
Guía del Geolodía 2018 en el Parque Nacional de Monfrágüe (2 de 2).

PARADA 2. Puente del Cardenal

En el talud de la antigua carretera que baja hacia el Puente del Cardenal encontramos una unidad cartográfica (200 m de espesor) formada por lutitas (pizarras sedimentarias) y areniscas del Ordovícico superior, muy tableadas. Este paquete sedimentario sigue uniformemente la estructura del Sinclinorio de Monfrágüe. En la parte inferior (muro) de la serie estratigráfica, es decir, en las rocas más antiguas, abundan las lutitas. En la parte superior (techo), las rocas más modernas suelen ser areniscas y cuarcitas.

Explicación: Al comienzo del Ordovícico el medio sedimentario marino es más tranquilo, más profundo y de menor energía, donde son abundantes las lutitas con algunos sulfuros (piritas) indicadores de un medio con poco oxígeno; mientras que en las etapas finales del Ordovícico el medio se vuelve más energético, más somero o de plataforma, pues así nos lo demuestra la mayor abundancia de sedimentos de tamaño de grano más grueso (arenas).

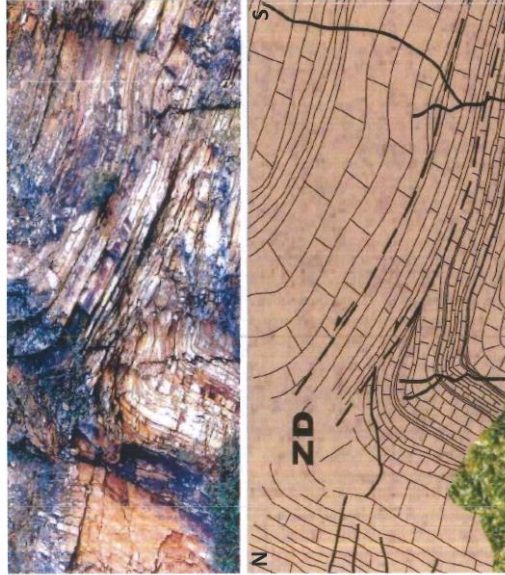
Es posible observar en esta parada estructuras sedimentarias, como marcas de corriente (ripples-marks o tool-casts), bioturbación, etc., así como deformaciones tectónicas, que pueden borrar las demás estructuras sedimentarias.



PARADA 3. Pliegue en la cuarcita del Caradoc

Pliegue asimétrico en las Cuarcitas del Caradoc, con vergencia al norte. Zonas de despegue en la charnela, arco interno comprimido y arco externo estirado. Bancos bien estratificados y laminaciones de flancos por fallas inversas. Se observan estructuras sedimentarias tipo ripples de oscilación.

Fotografía y esquema modificado, procedente de la "Guía Geológica del Parque de Monfrágüe" (Junta de Extremadura, 2000)



PARADA 4. Presas de Torrejón

La parada se sitúa en el sinclinal central, con abundantes rasgos geológicos de interés, destacando los siguientes:

Los embalses de Torrejón. Dos presas de hormigón, en los ríos Tajo y Tiétar, que comparten central eléctrica, asentadas en pizarras silúricas de baja calidad geotécnica. Destaca el fuerte control que, sobre el terreno, ejerce la litología y las estructuras geológicas (fallas y pliegues), que modifica bruscamente la trayectoria de ambos ríos.



(Foto Google Earth: se aprecian las dos presas y los cambios de dirección de los ríos)

El "sinclinal central". Horizontalidad de capas, bajo ángulo entre estas y la esquistosidad. Familias de diaclasas distensivas de charnela etc.

El sill de diabasa. Disposición interestratificada de la roca subvolcánica. Alterabilidad de las rocas máficas y marcada esquistosidad

Estructuras tectónicas. Pliegues de ejes curvos, geometrías de interferencia de pliegues menores, fracturas rellenas de cuarzo etc.



Itinerario



COORDINA:



ORGANIZAN:



Con la colaboración de:



Guía del Geolodía 2019 en Herrera del Duque (1 de 2)

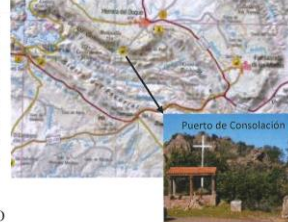


www.geolodia.es

¿Qué es el GEOLODÍA?

Geolodía es un conjunto de excursiones gratuitas coordinadas por la Sociedad Geológica de España, guiadas por geólogos y abiertas a todo tipo de público. Con el lema "Mira lo que pisas", su principal objetivo es mostrar que la Geología es una ciencia atractiva y útil para nuestra sociedad. Se celebra el mismo fin de semana en todo el país.

Este año 2019 el GEOLODÍA de la provincia de Badajoz se celebra en Herrera del Duque, localidad conocida geológicamente por su sinclinal, un gran pliegue con forma de "U" que condiciona el relieve de sierras y valles, así como de los suelos y sus usos.



CONTEXTO GEOLÓGICO

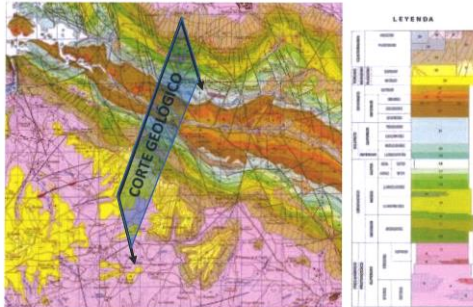
En nuestro recorrido por el Sinclinal de Herrera encontraremos diferentes tipos de rocas sedimentarias (areniscas, cuarcitas, pizarras...). Todas ellas pertenecen al Paleozoico, una era geológica caracterizada por un gran desarrollo de la vida marina. Todas estas rocas, que en origen se depositaron como estratos horizontales unos encima de otros, fueron plegadas al unísono durante la orogénia Varisca (hace aproximadamente 300 M.A.), dando lugar a la formación de las sierras que ahora vemos.

Parada 1: Relieve y Geología

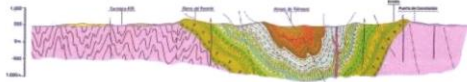
En esta parada nos presentaremos y comenzaremos a explicar dónde nos encontramos, las formas del relieve y su relación con la geología.

La llanura en la que se asienta actualmente Herrera del Duque está compuesta por pizarras del Precámbrico (Ediacárico o Vendense), un periodo geológico de hace aproximadamente 600 M.A. Esas rocas proceden de la litificación de sedimentos marinos profundos, en concreto arcillas y arenas finas, idénticas a las que hoy en día se están depositando en los fondos abisales.

MAPA GEOLÓGICO DEL SINCLINAL DE HERRERA (Instituto Geológico y Minero de España)



CORTE GEOLÓGICO



Sobre estas rocas se fueron depositando y superponiendo progresivamente otros sedimentos marinos, como arcillas, limos, arenas, etc., que al compactarse y cementarse dieron lugar a areniscas y pizarras, fundamentalmente. En algunos casos las areniscas, tras metamorfizarse, adquirieron gran dureza, formando cuarcitas, rocas que resisten mejor la erosión que otras, razón por la cual forman las crestas de las sierras que observamos en el paisaje circundante. En las areniscas es posible observar huellas de algunos organismos que poblaron el fondo del mar, como la cruciana de la fotografía inferior, huella producida por unos artrópodos marinos muy comunes en el Paleozoico inferior, denominados trilobites.

Los sedimentos que observaremos suelen depositarse horizontalmente unos encima de los otros (Principio de Superposición de Estratos). Sin embargo, en esta primera parada vemos que dichos sedimentos, ya convertidos en roca, en la actualidad no están horizontales, debido a que han sido deformados por esfuerzos tectónicos, que los han plegado (ver imagen de página anterior). En concreto, las rocas que veremos de cerca a lo largo del recorrido hasta la Ermita de la Virgen de la Consolación han sido comprimidas durante la Orografía Varisca (hace unos 300 M.A.), quedando como un acordeón, con sinclinales y anticlinales, que hoy vemos casi totalmente erosionados. Sin embargo, en esta excursión veremos parte del Sinclinal de Herrera, uno de los pocos que aún no han sido erosionados.



Parada 2: Pizarras, coluviones y suelos

En esta parada observaremos unas rocas totalmente diferentes a las areniscas y cuarcitas. Se trata de las pizarras, rocas que se forman por la compactación de pequeños granos minerales que decantan en zonas profundas de los mares, alejadas de las costas, donde por el contrario son más habituales las arenas.

Una de las características fundamentales de las pizarras es su menor dureza en comparación con las areniscas o cuarcitas. Además, debido a la deformación (aplastamiento) que han sufrido, presentan pizarrosidad, una textura prácticamente única de estas rocas que permite saber también que el sentido de los esfuerzos tectónicos.

También observaremos un coluvión, un tipo de depósito de rocas y sedimentos totalmente diferente, formado en periodos geológicos recientes (Holoceno), por la erosión y transporte desde las zonas más elevadas ladera abajo. Son un conjunto más o menos heterogéneo de rocas de diferente tamaño, dentro de una matriz arcillosa o limosa, que cubre las laderas, y que facilita su deslizamiento de manera imperceptible por efecto de la gravedad.

Guía del Geolodía 2019 en Herrera del Duque (2 de 2)

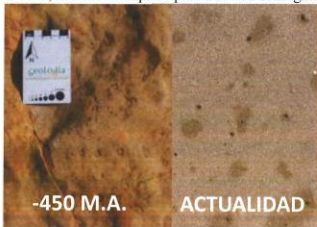
Finalmente en la zona superior del coluvión es posible observar un suelo edáfico incipiente, colonizado en mayor o menor grado por organismos vivos actuales (principalmente vegetales).



Parada 3: Bioturbación: huellas fosilizadas.

En esta parada nos encontraremos una serie de estratos paralelos, pero todos ellos inclinados exactamente con la misma orientación que las areniscas y pizarras vistas en las paradas anteriores.

La particularidad de esta parada es que las areniscas presentan huellas de los seres vivos que poblaban el planeta hace unos 450 M.A. No eran especímenes extraordinarios, sino invertebrados (anélidos), que excavaban el sedimento del litoral en busca de alimento, dando lugar a estas huellas denominadas Skolitos (foto inferior izquierda), y que son similares a las que vemos en la actualidad en muchas playas (foto inferior derecha). Las similitudes son tales que, siguiendo el Principio del Actualismo, podemos afirmar que las pequeñas huellas circulares que observamos en las rocas pertenecieron a gusanos u organismos marinos parecidos, que utilizaban el fondo arenoso no sólo como refugio ante los predadores o las corrientes y mareas, sino como soporte para a su vez conseguir alimento.



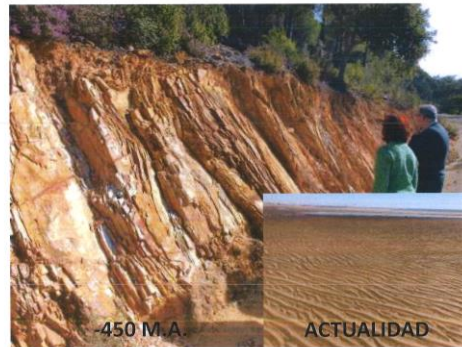
La mayor parte de los fósiles que observaremos en estas rocas, por tanto, no son de los organismos, sino las huellas que dejaron sobre o dentro del sedimento, que denominamos "icnitas".

Parada 4: Pequeñas dunas bajo el mar

Una vez que hemos entendido que los sedimentos se convierten en rocas sedimentarias y que forman estratos, en esta parada daremos un paso más. Veremos un conjunto variado de morfologías que suelen formarse en los sedimentos, denominadas estructuras sedimentarias (laminaciones, marcas de corriente o ripple-marks, estratificaciones cruzadas, etc.), que son indicadoras de las zonas del fondo marino y demás condiciones concretas bajo las cuales se depositaron.

En esta parada es importante darse cuenta de la alternancia de estratos con texturas (granos de mineral) y estructuras (formas) diferentes. Como hemos dicho, las características observadas en cada estrato nos ayudan a comprender en qué ambiente se depositaron los sedimentos originalmente (playa, plataforma, talud...). La granulometría, por ejemplo, suele ser indicativa de la profundidad a la que se produce la sedimentación. Por otro lado, algunas estructuras sedimentarias en concreto permiten saber cómo eran las corrientes y el oleaje.

Otro aspecto que merece la pena señalar en esta parada es que las alternancias de estratos con características sedimentarias diferentes son debidas en general a variaciones del nivel del mar, que a lo largo del tiempo geológico han sido notables.

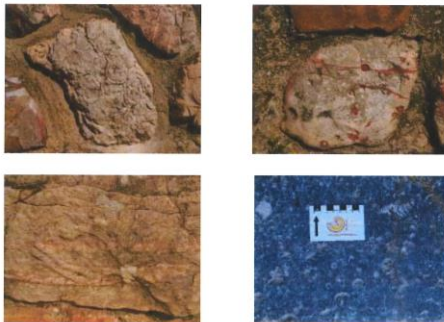


Parada 5: Los re-fósiles

En esta última parada analizaremos más a fondo el concepto de fosilización. Aunque sepamos cómo se forman las rocas sedimentarias, la fosilización realmente se refiere única y exclusivamente a la litificación (conversión en piedra) de organismos que vivieron en el pasado y cuyas improntas han quedado preservadas en las rocas.

Pero esto es sólo el principio. Los sedimentos se convierten en roca, las rocas se erosionan y se convierten nuevamente en sedimentos. Es lo que llamamos el "ciclo geológico". Y eso es de alguna manera lo que hemos visto hoy y, salvando las distancias, lo que vemos en las paredes de la explanada del recinto de la ermita, donde de alguna manera algunos fósiles han "refosilizado", pasando a formar parte de una nueva "roca", la de las paredes que los seres humanos han construido con cemento.

Para finalizar y siguiendo con el juego, convirtámonos en paleontólogos por un rato y busquemos por las paredes del recinto exterior icnofósiles como los que hemos visto a lo largo del recorrido, es decir, crucianas y skolitos, fundamentalmente. Y no olvidéis echar un vistazo a la entrada de la ermita, que también esconde sorpresas paleontológicas. Escribid sus nombres debajo de cada imagen. Si no os acordáis preguntad a los monitores.



¿QUÉ HEMOS APRENDIDO?

- 1) ¿Cómo se depositaron los sedimentos en el pasado geológico: horizontales, inclinados o verticales?
- 2) ¿Cómo crees que han sido los esfuerzos que han producido el Sinclinal de Herrera? ¿Verticales u horizontales?
- 3) Dibuja los sedimentos antes y después de plegarlos.



- 4) ¿Cómo se llaman las huellas fósiles?
- 5) ¿Para qué sirven los fósiles?

- 6) Encuentra estas palabras en la sopa de letras: geología, arenisca, cruciana, cuarcita, estrato, fósil, pizarra, pliegue, ripple, sinclinal, skolito, trilobite.

NRABERC RUCIANAD
 ASECUARCITAERZM
 PIALNGWJHVJQHKQ
 RNHGGSDMNAPEQOS
 ACYYJKLKARRAZIP
 WLCFQOCXKZMGCVC
 JICPRLDPFUNIAVH
 VNVOQIELPPIRESD
 GAAPWTESTRATOAG
 MLVGLOFOSILLRCG
 FEYPLIEGUENANIM
 QYAZCBMVFQFOEW
 OLKTRILOBITEZTD
 FUIRDAÍDOLOEGYU
 MAWGAC SINERAVXE

Creado con www.olesur.com

Para saber más:

- Junta de Extremadura (2005). Libro Patrimonio Geológico de Extremadura: lugares de interés geológico.
- IGME (1989). Mapa geológico nº 756 (Herrera del Duque).
- Fotografías: Los autores (geologiasextremadura@gmail.com).



COORDINA:

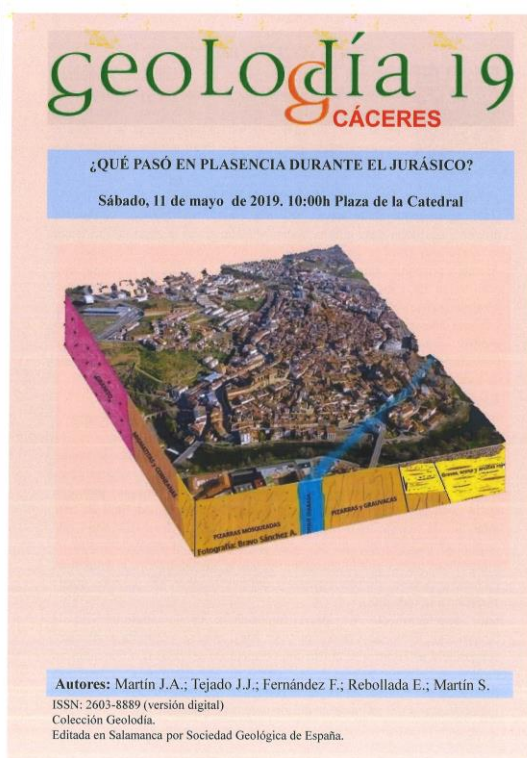


ORGANIZAN:



Con el patrocinio de:





Recorrido geológico

Se realizarán 5 paradas explicativas, con el siguiente contenido:

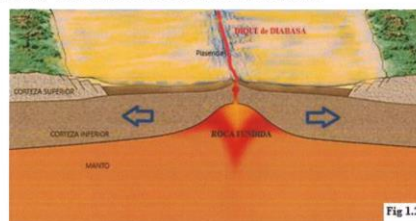
- P1. Catedral: explicación general. Importancia del Dique
- P2. Puerta Trujillo: el río Jerte y la cuenca sedimentaria de Plasencia.
- P3. Puente de San Lázaro: contacto metamórfico, encajamiento del río.
- P4. Puerta Berrozana: tipos y deformaciones de las rocas.
- P5 Torre Lucía: El Valle del Jerte

PARADA 1. El dique de Plasencia

Fijate en la roca de los cimientos de la catedral. ¿Cómo es?

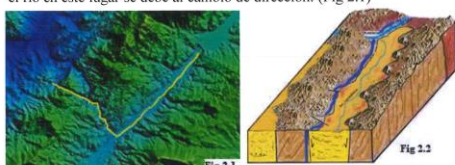


Observamos una roca oscura y verdosa de minerales grandes que llamamos diabasa que procede de zonas profundas de la Corteza, se encuentra muy fracturada y se altera con facilidad, a pesar de ser rocas compactas y duras. (Fig 1.1 y Fig 1.2). Los bloques con aristas vivas se van transformando en formas redondeadas dispuestas en capas de cebolla y descomponiéndose en arcillas blancuzcas.



PARADA 2. El río Jerte y la cuenca sedimentaria

El río discurre en dirección NE-SO, siguiendo la Falla de Plasencia, hasta el sur de la ciudad donde gira bruscamente al W en vez de continuar hacia la cuenca sedimentaria de Plasencia, que es la opción aparentemente más favorable. Este giro está motivado por la existencia de otras fallas en la nueva dirección. La llanura de inundación que forma el río en este lugar se debe al cambio de dirección. (Fig 2.1)



La cuenca sedimentaria de Plasencia se corresponde con el área que ocupa el polígono industrial. Tiene una longitud aproximada de 3 km y una anchura de 1 km (Fig. 2.2)

La formación obedece al movimiento diferencial de fallas asociadas a la Falla de Plasencia durante el Neógeno (≈ 20 Ma.).

El relleno de la cuenca está constituido por arcillas algún nivel arenoso y abundantes cantos angulosos de pizarras y cuarzo procedentes de las elevaciones del terreno circundantes. El área con mayor espesor de sedimentos coincide con el lugar donde el río Jerte gira actualmente, lo que indica que la cuenca estaba basculada hacia este lugar.

Entre estos sedimentos se encontró en 1960 un fósil de rinoceronte de pequeña talla (*Hispanotherium matritensis*).

PARADA 3. Puente de San Lázaro

Se puede apreciar el encajamiento profundo del río en el macizo granítico y los cambios bruscos de dirección aprovechando las fracturas existentes (Fig. 3.1).

En ladera de la margen izquierda del río se aprecia un escalón en la pendiente debido al cambio entre las rocas de granito y las pizarras. En estas laderas existen riesgos geológicos asociados a procesos gravitacionales (Fig. 3.2).

¿Qué es el GEOLODÍA?



Geolodía es un conjunto de excursiones gratuitas coordinadas por la SGE, guiadas por profesionales y abiertas a todo tipo de público. Con el lema "Mira lo que pisas", su principal objetivo es mostrar que la Geología es una ciencia atractiva y útil para nuestra sociedad. Se celebra el mismo fin de semana en todo el país.

www.geolodia.es

¿Qué pasó en Plasencia durante el Jurásico?

Hace aproximadamente unos 200 Ma (inicio del periodo Jurásico), mientras se estaba formando el océano Atlántico, en la zona de Plasencia se abría una enorme grieta en la corteza terrestre, que iba desde el Alentejo portugués hasta la cuenca del Duero. En ella se introdujo una gran masa de roca fundida, procedente del interior de la tierra, que posteriormente solidificó y formó lo que hoy se conoce como el Dique de Diabasa Messejana-Plasencia, con un recorrido de unos 500 km y un espesor variable entre 25-200m. Este acontecimiento marcará posteriormente la evolución de gran parte de la geomorfología y el paisaje de toda la comarca de Plasencia.

La Geología del entorno de Plasencia

Las rocas más antiguas se remontan a unos 600 Ma., son las pizarras y grauwacas presentes en la sierra de Santa Bárbara y El Merengue.

Sobre las rocas anteriores se instala el océano *Japeto* y se depositan grandes espesores de arcillas y arenas que actualmente encontramos transformadas en las cuarcitas y pizarras del P.N. de Monfragüe, pero que en la zona de Plasencia han desaparecido por erosión. Al final de este intervalo de tiempo tuvo lugar la Orogenia Varisca (hace 300 Ma), que originó el plegamiento de las capas geológicas y el emplazamiento de importantes masas graníticas como las que se encuentran en la ciudad de Plasencia. A partir de este periodo y durante muchos Ma. la zona queda expuesta a la erosión.

Otro acontecimiento de suma importancia es la aparición de la denominada Falla de Plasencia (≈ 40 Ma), que se acomoda y discurre subparalela al Dique (de ahí la importancia de este). Esta falla tiene un desgarrar en algunos tramos de más de 3 Km. Es responsable directa de la formación del Valle del Jerte, de la cuenca que se dispone entre Plasencia-Fuentidueñas y del giro brusco del río Jerte en Plasencia.

Guía del Geolodía 2019 en la ciudad de Plasencia (2 de 2)



PARADA 4 . Puerta Berrozana

En esta parada se puede apreciar claramente un metamorfismo de contacto y se diferencian las transformaciones producidas por la masa granítica en su contacto con las antiguas pizarras, generando bandas de rocas parcialmente fundidas y de corneanas (Fig. 4.1 y Fig. 4.2).

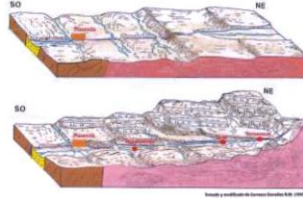


PARADA 5. Vista del Valle desde Torre Lucía

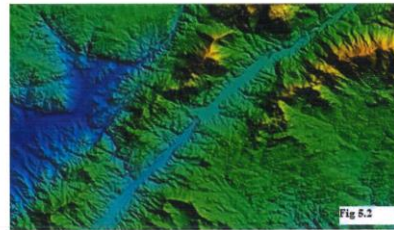
El Valle del Jerte es excepcionalmente recto con dirección constante NE-SO, presenta un escalonado tanto longitudinal como transversal (fig. 5.1 A). Su origen se debe al juego de la Falla de Plasencia. Anteriormente su morfología era muy distinta (fig. 5.1B).

Algunos de los juegos de fracturas que escalonan el valle son muy recientes y quedan remarcadas por la trayectoria de los cursos de agua que producen cascadas y rápidos en los ríos (Fig. 5.2).

En el modelado del valle han intervenido procesos fluviales, fluviotorrenciales, glaciares, periglaciares y sobre todo gravitacionales.



Figs. 5.1A y 5.1.B Evolución del Valle y escalonamientos.



REFERENCIAS

- Carrasco R.M. (1999). Geomorfología del Valle del Jerte: las líneas maestras del paisaje. Universidad de Extremadura, Cáceres, 246 pp.
- de Vicente, G., Cunha, P. P., Muñoz-Martín, A., Cloetingh, S. A. P. L., Olaiz, A., y Vegas, R. (2018). Tectonics, 37. <https://doi.org/10.1029/2018TC005204>.
- Villamor, M. P. (2002). Cinemática terciaria y cuaternaria de la falla de Alentejo-Plasencia y su influencia en la peligrosidad sísmica del interior de la península ibérica. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, 343 pp.

- Encuentra 3 rocas diferentes, observa sus características, indica a qué grupo de rocas pertenece y averigua su nombre. Pregunta a los monitores lo que no sepas.

	Cómo es	Ígnea, metamórfica o sedimentaria	Nombre
Roca 1			
Roca 2			
Roca 3			

- Dibuja un pliegue anticlinal como los vistos en la parada 4. ¿Cómo han sido los esfuerzos que lo han producido?



- Encuentra las siguientes palabras: dique, granito, estrato, pliegue, falla y corneana.

Creado con www.educima.com



COORDINAN:



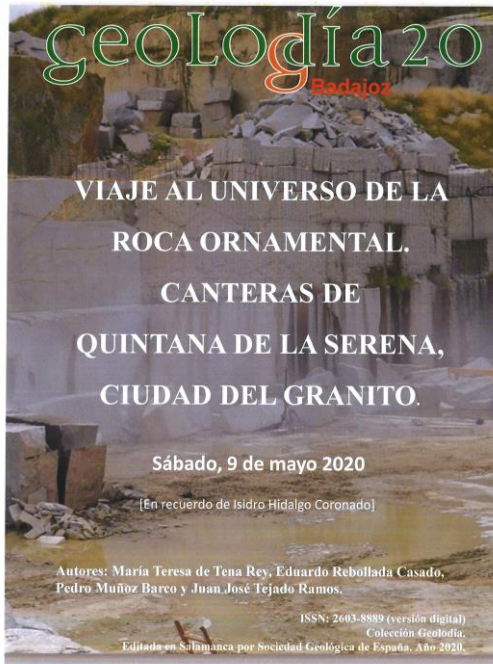
ORGANIZAN:



Con el patrocinio de:



Guía de los Geolodías 2020 y 2021 en Quintana de la Serena (1 de 2)



¿Qué es el GEOLODÍA?

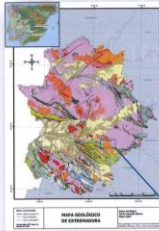


Geolodía es un conjunto de excursiones gratuitas coordinadas por la SGE, guiadas por geolog@s y abiertas a todo tipo de público. Con el lema "Mira lo que pisas", su principal objetivo es mostrar que la Geología es una ciencia atractiva y útil para nuestra sociedad. Se celebra el mismo fin de semana en todo el país.

www.geologia.es

En esta edición, el Geolodía de Badajoz se celebra en Quintana de la Serena y sus alrededores. Conocida como la Ciudad del Granito, esta población es célebre por sus canteras de granito "Gris Quintana".

Encuadre Geológico



La granodiorita de Quintana, conocida comercialmente como "Granito Gris Quintana", forma parte del Batolito de los Pedroches, un cuerpo magmático alargado en dirección NO-SE, subparalelo a las estructuras regionales. Se extiende desde el Valle del Guadalquivir, en la zona de Bailén y Linares, hasta Castuera, a lo largo de más de 200 km y con una anchura que oscila entre 5 y 30 km con una superficie próxima a los 3.500 km².



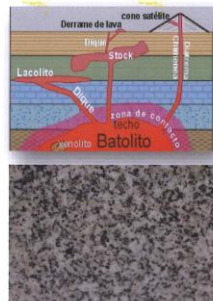
Mapa Geológico Nacional 1:50.000 Hoja 805 (Castuera).

Las granodioritas son rocas intrusivas ácidas, aunque no tanto como los granitos, puesto que tienen menos cuarzo que estos. Sus minerales principales son plagioclasa, cuarzo, biotita y feldespato potásico.

Hablaremos en esta pequeña guía de "granito" en general, ya que es el término utilizado habitualmente para referirse a las rocas formadas por la solidificación y consolidación de un magma por enfriamiento en la corteza terrestre, lentamente y en profundidad, dando tiempo a que crezcan los cristales de minerales, pudiéndolos ver a simple vista sin necesidad de lupa.

Las diferentes temperaturas y composiciones dan lugar a diferentes tipos de granito, de grano más grueso o más fino, con mayor o menor cuarzo, feldespatos, micas.

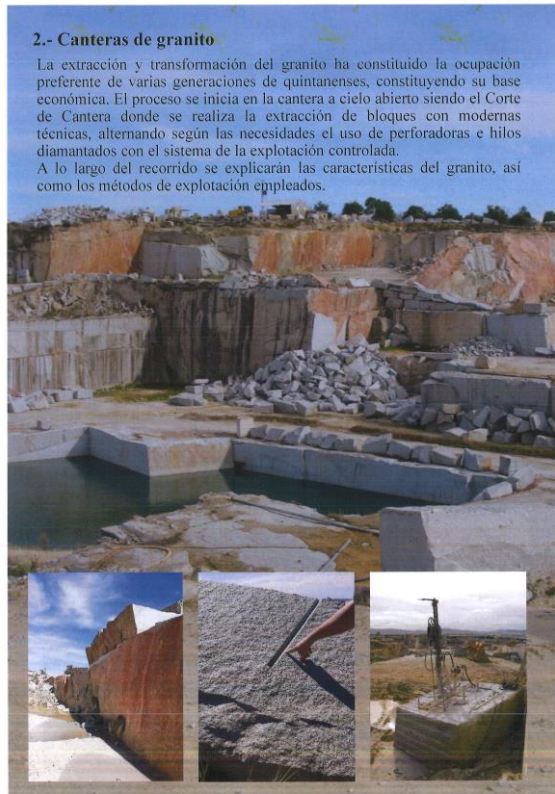
La granodiorita de Quintana presenta tres tipos aunque la variedad de granito ornamental más explotada se denominada "Gris Quintana". Las otras variedades tienen tonalidad rosada (Gris Rosado) y oscura (Negro Fantasía).



2.- Canteras de granito

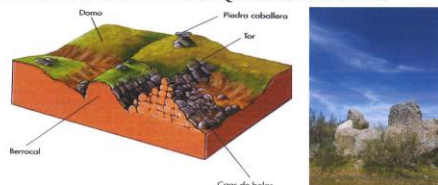
La extracción y transformación del granito ha constituido la ocupación preferente de varias generaciones de quintanenses, constituyendo su base económica. El proceso se inicia en la cantera a cielo abierto siendo el Corte de Cantera donde se realiza la extracción de bloques con modernas técnicas, alternando según las necesidades el uso de perforadoras y hilos diamantados con el sistema de la explotación controlada.

A lo largo del recorrido se explicarán las características del granito, así como los métodos de explotación empleados.



RECORRIDO DEL GEOLODÍA

1.- Berrocal en el entorno de Quintana de la Serena



Guía de los Geolodías 2020 y 2021 en Logrosán (1 de 2)



geología 20
Cáceres

**Descubre el plutón de Logrosán
y adéntrate en sus minas**

Domingo 10 de mayo de 2020

Logrosán, Cáceres

EXCURSIÓN GRATUITA
No es necesaria inscripción previa

Hora: 10:00 h
INICIO: Parking del Centro de Interpretación de la Mina Costanaza

Información y guía de la excursión en:
<http://www.geolodia.es/geolodia-2020/caceres2020/>

@GeolodiaCaceres
#GeolodiaCaceres20
#Geolodia20

Ana Isabel Casado, Eduardo Rebollada, Emma Losantos, Íñigo Borrajo y Ángela Claro
ISSN: 2603-8889 (versión digital)
Colección Geolodía.
Editada en Salamanca por Sociedad Geológica de España. Año 2020.

¿Qué es el GEOLODÍA?



Geolodía es un conjunto de excursiones gratuitas coordinadas por la SGE, guiadas por geólogos y abiertas a todo tipo de público. Con el lema "Mira lo que pisas", su principal objetivo es mostrar que la Geología es una ciencia atractiva y útil para nuestra sociedad. Se celebra el mismo fin de semana en todo el país.

www.geolodia.es

¿Quiénes estamos en el GEOLODÍA DE CÁCERES 2020?

En la organización de esta edición participamos profesionales de distintos ámbitos de la geología que queremos acercar nuestro trabajo y nuestro conocimiento a la sociedad.

En Extremadura la Asociación Geológica de Extremadura ha venido realizando el Geolodía en ambas provincias, Cáceres y Badajoz, desde el año 2013. Cáceres, Los Santos de Maimona, Plasencia, Monfragüe, La Jayona (Fuente del Arco), Quintana de la Serena, etc. han sido algunos de los lugares elegidos para realizar excursiones guiadas para conocer aspectos geológicos de nuestro territorio.



iTarg3T es un proyecto de investigación que busca el autoabastecimiento sostenible en Europa de materias primas minerales entre las que se encuentran el estaño, el tántalo y el wolframio.



Minas de Logrosán es un proyecto iniciado en 2008 por el Ayuntamiento de Logrosán para poner en valor su patrimonio minero



NEXT es un proyecto europeo que desarrolla nuevos métodos de exploración minera rápidos, rentables, respetuosos con el medio ambiente y socialmente aceptables.



El Instituto de Geociencias es un centro mixto de la Universidad Complutense de Madrid y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

¿Qué es el GEOPARQUE VILLUERCAS-IBORES-JARA?

Los Geoparques son territorios que contienen un patrimonio geológico singular, que están claramente delimitados y que generan su propio desarrollo económico. El interés de los geoparques es tanto la calidad de vida de sus habitantes como su riqueza geológica.

El geoparque de Villuercas-Ibores-Jara fue incluido en la Red Europea y la Red Global de Geoparques en septiembre de 2011. Desde noviembre de 2015, tiene además la consideración de Geoparque Mundial.

El geoparque de Villuercas-Ibores-Jara incluye a 19 municipios del sureste de la provincia de Cáceres, entre los que se encuentra Logrosán, ocupando una superficie de 2.544 km², donde hay más de 14.000 habitantes censados.



Para más información del Geoparque visita su web escaneando el código QR



Dentro del Geoparque existen 10 Centros de información. En Logrosán se encuentran el Centro de Interpretación del Cerro San Cristóbal y el Museo Geológico y Minero "Vicente Sos Baynat".

En la actualidad están catalogados 50 Geositos entre los que se encuentran la Mina Costanaza y el Cerro de San Cristóbal.

Museo Geomínero "Vicente Sos Baynat"



Entrada al Museo

El Museo Geomínero de Logrosán se encuentra en las instalaciones de la Mina Costanaza y está dedicado al ilustre geólogo Vicente Sos Baynat, pionero en el estudio de la Sierra de San Cristóbal. El museo cuenta con una colección de materiales geomíneros y paleontológicos tanto de las Villuercas como de otras zonas del mundo. También dispone de paneles informativos sobre las características geológicas del Geoparque y sobre la minería del estaño y del fosfato en Logrosán.

Centro de Interpretación de la Mina Costanaza

En el primer piso del centro de Interpretación de la Mina Costanaza se muestran las distintas minas que existen en el Geoparque y se exponen minerales de toda Extremadura. Parte de la exposición se basa en la minería del estaño y del fosfato de Logrosán.

En el segundo piso, se conserva el laboratorio químico que se empleaba para tratar la fosforita y extraer el fosfato que se empleaba como fertilizante en los cultivos intensivos.



Laboratorio de Química

La Mina Costanaza

La mina Costanaza fue una explotación de fosforita (roca formada por minerales fosfatados del grupo del apatito, como el fluorapatito (Ca₅(PO₄)₃F)) que mantuvo su actividad minera desde 1863 hasta que fue abandonada en 1946, cuando dejó de ser rentable por el descubrimiento de los depósitos de fosfato del Sáhara Occidental. En total, se extrajeron unas 200.000 toneladas de mineral.

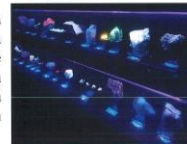


Mina de Costanaza

A la mina se accede por un ascensor en el pozo María. La mina tiene 14 niveles que profundizan hasta alcanzar los 210 m, pero solo los dos niveles superiores son visitables.

En el interior de la mina se pueden ver tanto filones de fosforita, espejos de falla y geodas como arcos de sostenimiento minero, pozos de mampostería y chimeneas de aireación. Este recorrido permite imaginar cómo eran las duras condiciones de trabajo de los mineros.

En un antiguo polvorín se encuentra una peculiar exposición. En la denominada "Sala Negra" se pueden observar cerca de 300 minerales fluorescentes. Gracias a la luz ultravioleta, los minerales de esta sala muestran unos colores que no dejan indiferente a nadie.



Minerales fluorescentes

Guía de los Geolodías 2020 y 2021 en Logrosán (2 de 2)

Orogenia Varisca y granitos asociados

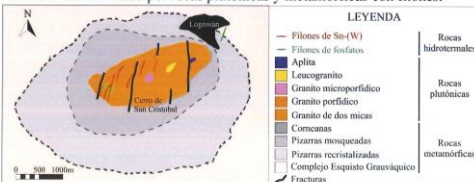
Una **orogenia** es un evento geológico en el que se forman las cadenas montañosas por la colisión de dos placas continentales, como la actual cordillera del Himalaya.

A finales de la era Paleozoica, durante el Carbonífero (~350-280 Ma), se produjo la colisión de Laurusia y Gondwana, formándose la Orogenia Varisca. Esta orogenia se caracteriza por una gran cantidad de intrusiones graníticas. En la Península Ibérica, la mayor cantidad de intrusiones de esta época se encuentran en el Macizo Ibérico, en la Zona Centroibérica. A estas unidades geológicas pertenece el **plutón de Logrosán**.



Reconstrucción paleogeográfica de la Orogenia Varisca, y la ubicación de Logrosán (*). Modificado de *Deep Time Maps*

El plutón de Logrosán es la cúpula de un gran cuerpo granítico denominado **Batolito Central de Extremadura**, que está formado por un alineamiento de plutones de menor tamaño. En el **Cerro de San Cristóbal** afloran 4km² de este plutón, con morfología alargada y dirección NE-SW. El cerro está formado por rocas plutónicas y metamórficas con filones.

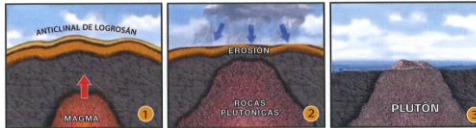


Mapa geológico esquemático del plutón de Logrosán. Modificado de Chicharro et al., 2015. *Ore Geology Reviews* 65, 294-307.

La intrusión de este tipo de rocas plutónicas suele producirse en un contexto distensivo, como lo fue la erosión de la cadena montañosa Varisca.

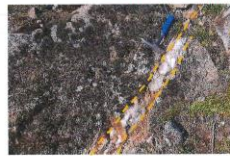
Los granitos se forman por la fusión parcial de rocas de la corteza continental que se encuentran en profundidad. El material parcialmente fundido es menos denso, por lo que asciende a través de la corteza favorecido por dicho régimen extensional.

Al ascender el magma, deforma los materiales que se encuentran por encima formando un anticlinal. Una vez solidificado el magma, la erosión de los materiales del anticlinal dejan expuesta la roca plutónica.



Esquema del ascenso y afloramiento del plutón de Logrosán. Ilustración: Juan Gil Montes
 1) El magma asciende a la superficie, enfriándose y solidificándose lentamente, deformando los materiales de la superficie formando un anticlinal.
 2) La erosión afecta a las rocas de la superficie
 3) La erosión continúa, pero el plutón es más resistente que las rocas de alrededor por lo que queda al descubierto formando un relieve positivo de unos 200m.

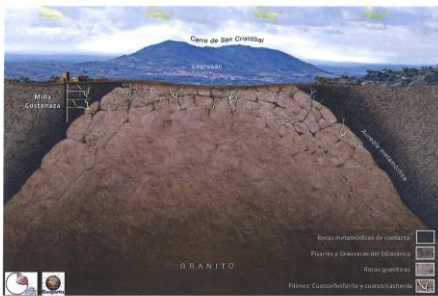
Las mineralizaciones de Logrosán: estaño (Sn)-wolframio (W) y fósforo (P)



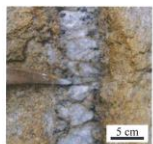
Vena de cuarzo en el granito

Posteriormente al emplazamiento de los granitos, se forman fracturas que funcionan como canales por los que circulan fluidos hidrotermales cargados de elementos químicos y que darán lugar a venas de depósitos minerales. Esto sucedió en Logrosán hace entre 308 y 303 Ma.

Las rocas generadas de esta manera se denominan granitos evolucionados y pueden albergar mineralizaciones de estaño (Sn), wolframio (W), litio (Li), fósforo (P) y uranio (U).



Esquema de emplazamiento del Plutón de Logrosán, y sus mineralizaciones en filones o venas. Modificado de Ilustración: Juan Gil Montes / Antonio Grajera



Filón de cuarzo con casiterita

Un ejemplo típico de mineralizaciones de estaño, son las venas o filones de cuarzo con casiterita (SnO₂), principal mena de estaño.

Este mismo proceso es el que da lugar a los filones de la mina Costanaza, pero en esa ocasión las venas son ricas en flúor (F) y fósforo (P), precipitando en ellas mineralizaciones de fluorapatito (Ca₅(PO₄)₃F).

Además de la casiterita, en los filones de Logrosán hay otros minerales que contienen elementos metálicos, pero todos ellos en concentraciones con poco interés económico. Estos son: wolframita (FeWO₄), arsenopirita (FeAsS), estannita (CuFe₂SnS₄), esfalerita (ZnS), calcopirita (CuFeS₂) o columbita ((Fe,Mn)(Nb,Ta)₂O₆).



Muestra de fosforita de la Mina Costanaza

Plano del Geolodía de Cáceres 2020



En esta edición del Geolodía de Cáceres, nos acercamos hasta Logrosán. En este municipio se desarrollaron dos épocas mineras, la primera de fosforita y la segunda de casiterita.

Acompáñanos en este viaje en el tiempo a las entrañas de la Tierra, para entender cómo se formaron las minas de Logrosán y cómo era la vida de las personas que trabajaron extrayendo sus minerales.



Escanea el código QR para ver el mapa en Google Maps

COORDINAN: SGE (Sociedad Geológica España)

ORGANIZAN: Turg3, NEXT, IGEO, agex, IAS, Asociación Profesional, Museo de Logrosán, LOGROSÁN

Con la colaboración de: FECYT, IAS, Asociación Profesional, Museo de Logrosán, LOGROSÁN

Materiales educativos elaborados para el Geolodía Medellín y Magacela 2016



Materiales educativos elaborados para el Geolodía Mina La Jayona (Fuente del Arco) 2017



Materiales educativos elaborados para el Geolodía Burguillos del Cerro 2018



ANEXO V

IDEAS-CLAVE PARA LA ALFABETIZACIÓN EN CIENCIAS DE LA TIERRA

Fuente: Pedrinaci (2013)

IDEAS CLAVES		
1	La Tierra es un sistema complejo en el que interactúan las rocas, el agua, el aire y la vida	<p>1.1. La consideración de la Tierra como un sistema ayuda a entender cómo funciona este planeta.</p> <p>1.2. El sistema Tierra está formado por cuatro subsistemas: geosfera, hidrosfera, atmósfera y biosfera.</p> <p>1.3. Todos los procesos de la Tierra son el resultado de los flujos de energía y ciclos de materia dentro y entre los subsistemas terrestres.</p> <p>1.4. La Tierra intercambia energía y materia con el resto del Sistema Solar.</p> <p>1.5. Los subsistemas terrestres interactúan en un amplio rango de escalas espaciales y temporales.</p> <p>1.6. Los subsistemas de la Tierra son dinámicos.</p> <p>1.7. El clima es un ejemplo de cómo las interacciones complejas entre los subsistemas terrestres pueden ocasionar cambios impredecibles y significativos.</p> <p>1.8. La actividad humana está alterando el planeta.</p>
2	El origen de la Tierra va unido al del Sistema Solar y su larga historia está registrada en los materiales que la componen	<p>2.1. Las rocas y otros materiales terrestres proporcionan un registro de la historia de la Tierra.</p> <p>2.2. El Sistema Solar se originó a partir de una inmensa nube de gas y polvo.</p> <p>2.3. La Tierra se formó hace unos 4600 millones de años por múltiples colisiones de cuerpos planetarios más pequeños.</p> <p>2.4. La Tierra es uno de los planetas pequeños, densos y rocosos del Sistema Solar.</p> <p>2.5. En la primera etapa de evolución de la Tierra tuvo lugar su diferenciación y su estructuración en capas.</p> <p>2.6. Los rasgos de la corteza terrestre son el resultado de la evolución geológica de la Tierra.</p> <p>2.7. El conocimiento del pasado terrestre ayuda a entender el presente y permite hacer predicciones fundadas acerca del futuro.</p> <p>2.8. La escala de tiempo geológico constituye el marco temporal en el que se ubica la evolución histórica de la Tierra.</p>

<p style="text-align: center;">3</p>	<p style="text-align: center;">Los materiales de la Tierra se originan y modifican de forma continua</p>	<p>3.1. La Tierra está formada, mayoritariamente, por materiales rocosos cuyos constituyentes básicos son los minerales.</p> <p>3.2. Los elementos químicos más abundantes en las rocas y minerales de la corteza terrestre son oxígeno, silicio y aluminio.</p> <p>3.3. Solo una mínima parte de los minerales conocidos son constituyentes habituales de las rocas.</p> <p>3.4. Los minerales son de naturaleza tan diversa como diversos son sus usos.</p> <p>3.5. Los materiales terrestres se originan y modifican a través de procesos cíclicos.</p> <p>3.6. Las rocas ígneas se generan en el interior de la Tierra a altas temperaturas y presiones.</p> <p>3.7. Las rocas metamórficas se originan a partir de otras rocas por acción de la temperatura y la presión.</p> <p>3.8. Las rocas que afloran en la superficie terrestre son alteradas por meteorización.</p> <p>3.9. Los sedimentos y las rocas sedimentarias se originan por el depósito de componentes erosionados de otras rocas.</p> <p>3.10. Las rocas sedimentarias suponen el principal archivo de la historia geológica y del desarrollo de la vida en la Tierra.</p>
<p style="text-align: center;">4</p>	<p style="text-align: center;">El agua y el aire hacen de la Tierra un planeta especial</p>	<p>4.1. La Tierra presenta dos envolturas fluidas: la hidrosfera y la atmósfera.</p> <p>4.2. La Tierra es un planeta singular debido a la presencia de agua.</p> <p>4.3. El agua está presente en la Tierra en sus tres estados físicos y con una distribución muy variable.</p> <p>4.4. La atmósfera ha cambiado notablemente su composición química a lo largo de la historia del planeta.</p> <p>4.5. La composición y estructura de la atmósfera determinan algunas características fundamentales de la Tierra.</p> <p>4.6. La hidrosfera y la atmósfera son sistemas dinámicos.</p> <p>4.7. Los climas han variado a lo largo de la historia de la Tierra.</p>

5	<p>La vida evoluciona e interacciona con la Tierra modificándose mutuamente</p>	<p>5.1. Los fósiles constituyen el testimonio de la vida en el pasado y ayudan a entender el presente. 5.2. El origen y evolución de la vida está ligada a la propia evolución de la Tierra como planeta. 5.3. La diversidad biológica surge de la evolución. 5.4. La evolución es un proceso natural y en desarrollo marcado por acontecimientos geológicos. 5.5. La historia de la Tierra está marcada por importantes eventos de extinción y diversificación de los seres vivos. 5.6. Las particulares formas de vida que existen hoy, incluyendo la especie humana, son un resultado único de la historia de la Tierra. 5.7. La vida ocupa un amplio rango de ambientes de la Tierra, incluyendo los ambientes extremos. 5.8. La biosfera cambia las propiedades de la Tierra.</p>
6	<p>La tectónica de placas es una teoría global e integradora de la Tierra</p>	<p>6.1. La Tierra funciona como una enorme máquina térmica que no ha dejado de enfriarse desde que se formó. 6.2. El flujo térmico es el motor del movimiento de material en el interior terrestre. 6.3. El movimiento de material en el interior de la Tierra genera un campo magnético. 6.4. La actividad interna de la Tierra es responsable de la tectónica de placas. 6.5. La litosfera se encuentra dividida en placas que se hallan en continuo movimiento. 6.6. El movimiento de las placas deforma las rocas de la corteza terrestre. 6.7. Los bordes de las placas son las zonas de mayor actividad geológica. 6.8. La acción conjunta del movimiento de las placas litosféricas, la gravedad y el flujo térmico controlan los grandes elementos del relieve terrestre.</p>

7	Los procesos geológicos externos transforman la superficie terrestre	<p>7.1. Los procesos externos modelan el relieve y evidencian el dinamismo superficial del planeta.</p> <p>7.2. Los agentes y los flujos de energía son los causantes de la dinámica externa del planeta.</p> <p>7.3. El campo gravitatorio terrestre hace que los materiales tiendan a desplazarse desde posiciones elevadas a otras más bajas.</p> <p>7.4. Las aguas que circulan por las zonas continentales erosionan, transportan y sedimentan materiales.</p> <p>7.5. La acción geológica de las aguas marinas se manifiesta principalmente en las zonas litorales.</p> <p>7.6. Los glaciares cubren casi un 10 % de la superficie terrestre.</p> <p>7.7. Los procesos eólicos tienen un papel importante en los ambientes áridos del planeta.</p> <p>7.8 Los seres vivos también ejercen una actividad geológica.</p> <p>7.9. La especie humana es un agente activo que transforma la superficie terrestre.</p>
8	La humanidad depende del planeta Tierra para la obtención de sus recursos y debe hacerlo de forma sostenible	<p>8.1. La Tierra es nuestro hogar, de ella obtenemos todos los recursos que utilizamos y a ella devolvemos los residuos generados.</p> <p>8.2. La geología afecta a la distribución y desarrollo de las poblaciones humanas.</p> <p>8.3. Los recursos naturales geológicos son limitados.</p> <p>8.4. El suelo es esencial para diversos organismos y para la humanidad, constituyendo el sustento de la agricultura.</p> <p>8.5. Las rocas y los minerales proporcionan los metales y otros materiales esenciales para muchas actividades industriales.</p> <p>8.6. Los combustibles fósiles son recursos energéticos esenciales y de ellos se obtienen numerosos productos de uso cotidiano.</p> <p>8.7. Los geólogos, ingenieros y otros científicos desarrollan nuevas tecnologías que reducen los efectos de la extracción y proporcionan nuevos recursos.</p> <p>8.8. La singular historia de cada uno de los lugares de la Tierra proporciona, además, una inmensa variedad de manifestaciones geológicas.</p>

<p>9</p>	<p>Algunos procesos naturales implican riesgos para la humanidad</p>	<p>9.1. Los riesgos naturales son consecuencia de ciertos procesos naturales.</p> <p>9.2. La afección de los riesgos a la humanidad viene determinada por la peligrosidad, la exposición y la vulnerabilidad.</p> <p>9.3. La peligrosidad puede deberse tanto a eventos repentinos como a graduales.</p> <p>9.4. Los eventos locales pueden tener repercusiones globales.</p> <p>9.5. Los científicos mejoran las estimaciones sobre dónde, por qué y en qué medida existen riesgos naturales.</p> <p>9.6. Las personas no pueden eliminar los procesos naturales peligrosos pero sí adoptar decisiones que reduzcan el riesgo.</p> <p>9.7. Una sociedad alfabetizada en ciencias de la Tierra es esencial para reducir drásticamente los riesgos naturales.</p>
<p>10</p>	<p>Los científicos interpretan y explican el funcionamiento de la Tierra basándose en observaciones repetibles y en ideas verificables</p>	<p>10.1. Los científicos utilizan teorías, leyes y principios de diversas disciplinas para comprender cómo funciona nuestro planeta.</p> <p>10.2. Las investigaciones en ciencias de la Tierra demandan la utilización de una gran variedad de procedimientos.</p> <p>10.3. El trabajo de campo es una herramienta básica para abordar la mayoría de las investigaciones o estudios en ciencias de la Tierra.</p> <p>10.4. Los geólogos utilizan métodos indirectos para examinar y comprender la estructura, composición y dinámica del interior terrestre.</p> <p>10.5. Los avances tecnológicos, la mejora en las interpretaciones y las nuevas observaciones refinan continuamente nuestra comprensión de la Tierra.</p> <p>10.6. Los científicos en colaboración con el profesorado pueden seleccionar los conocimientos básicos que favorecen la formación de unos ciudadanos alfabetizados en ciencias de la Tierra.</p>

ANEXO VI

CARTA DEL DIRECTOR DE LA TESIS DOCTORAL Y DEL INVESTIGADOR A LOS DIRECTORES DE LOS VEINTIÚN CENTROS EDUCATIVOS SELECCIONADOS



Estimado(a) Director(a):

En calidad de Director de la investigación que el doctorando en Didáctica de las Ciencias Experimentales, Sociales y Matemáticas, D. Eduardo Rebollada Casado, está desarrollado en vista a elaborar su tesis doctoral ("Transversalidad educativa de la Vía de la Plata en Extremadura (entornos rurales y urbanos): enseñanza y aprendizaje de las geociencias a través de los recursos naturales y patrimoniales histórico-artísticos", vengo a solicitar por parte del centro educativo que Ud. dirige la colaboración necesaria para el buen desarrollo de la misma.

El trabajo que el doctorando Eduardo Rebollada Casado se propone llevar a cabo puede constituir una importante contribución para optimizar las salidas fuera del aula de grupos de alumnos de Enseñanza Secundaria, para la enseñanza y el aprendizaje de varias disciplinas o materias.

En concreto, para conseguir dicho objetivo se pretende utilizar la Vía de la Plata, un elemento identificable del territorio peninsular, que tiene un carácter histórico y cultural muy notable, y que permite, gracias a sus múltiples elementos arqueológicos e histórico-artísticos, la enseñanza y el aprendizaje transversal de otras disciplinas, como las geociencias, dado que los constituyentes de dichos elementos son rocas, indicadoras de la geología local y regional de los terrenos por los que discurre dicha vía.

En la enseñanza de las geociencias es posible utilizar elementos antrópicos urbanos o periurbanos, siendo ejemplos de ello las ciudades monumentales (de diferentes periodos históricos), en donde los elementos constructivos (principalmente rocas de cantería, morteros y ladrillo), diferentes según el estilo arquitectónico de que se trate, permiten enlazar con conceptos claves de la geología, como tiempo geológico, evolución de la vida, ciclo de las rocas, tectónica de placas, minería, riesgos, etc.

Los centros educativos, entidades por excelencia en la praxis de la enseñanza y el aprendizaje de materias curriculares básicas en la adquisición de competencias por parte del alumnado, cumplen un papel fundamental para estudiar y analizar aquellas cuestiones que afectan a los procedimientos didácticos generales y particulares de cada materia. En el caso de las Ciencias Geológicas, como ocurre igualmente en otras materias del currículo educativo, urge la necesidad de adoptar mecanismos docentes efectivos, que impliquen a uno o varios departamentos, y que permitan obtener resultados prácticos para el profesorado, optimizando los escasos recursos con los que suelen disponer los centros educativos.

Renovando la solicitud de colaboración para esta investigación, le doy las gracias anticipadamente por su participación, fundamental para el desarrollo de la tesis doctoral que tengo la responsabilidad de dirigir.

Atentamente,

Director de la Tesis Doctoral



Fdo.: José María Corrales Vázquez

Profesor Titular del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Sociales y Matemáticas.

Facultad de Formación del Profesorado.

Universidad de Extremadura. Cáceres.



Cáceres, 14 de septiembre de 2016

Estimado(a) Sr.(a):

Mi nombre es Eduardo Rebollada Casado y soy doctorando en Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas de la Facultad de Formación del Profesorado de la Universidad de Extremadura en Cáceres.

Actualmente estoy desarrollando una tesis doctoral, que se titula "**Transversalidad educativa de la Vía de la Plata en Extremadura (entornos rurales y urbanos): enseñanza y aprendizaje de las geociencias a través de los recursos naturales y patrimoniales histórico-artísticos**" y está siendo dirigida por el Dr. D. José María Corrales Vázquez, Profesor Titular de dicho Departamento.

El proyecto en el que se enmarca la tesis trata de investigar las posibilidades que ofrece la Vía de la Plata y sus recursos naturales e histórico-artísticos y arqueológicos para la enseñanza de la Geología. El objetivo fundamental es confirmar que los recursos naturales y culturales inmuebles asociados a la Vía de la Plata permiten la enseñanza y el aprendizaje de otras disciplinas experimentales, como es el caso de las Geociencias.

Esta investigación busca, además, ofrecer especialmente a los departamentos de Ciencias Naturales y Ciencias Sociales de los centros educativos interesados en incluir en sus programas las salidas de campo al entorno de la Vía de la Plata, un procedimiento de análisis estandarizado mediante cuestionarios y tratamiento de los datos, así como los correspondientes materiales curriculares.

Como es lógico, para el desarrollo satisfactorio de este trabajo resulta imprescindible contar con la colaboración de su centro educativo, a fin de que a través del personal adscrito a aquellos departamentos que deseen participar en esta investigación, se pueda proponer y llevar a cabo una intervención educativa con un grupo de alumnos de segundo ciclo de ESO (3º-4º).

El procedimiento consistirá en que los alumnos del grupo de control cumplan un test de conocimientos sobre ciencias geológicas, adecuado a su nivel educativo. Este test será breve, resolviéndose en apenas 30 minutos, incluyendo unas preguntas previas de

test será breve, resolviéndose en apenas 30 minutos, incluyendo unas preguntas previas de carácter sociodemográfico. Con posterioridad, no inmediatamente, se realizará una salida fuera del aula, al entorno de la Vía de la Plata o lugar alternativo con elementos patrimoniales, siempre cercano al centro educativo, cuya duración se estima en una hora aproximadamente. Durante dicha salida, aprovechando los elementos propios existentes en el patrimonio que se utilice como herramienta didáctica, se realizará una intervención educativa, enseñando aspectos de temática geológica (mineralogía, petrología, geomorfología, minería, paleontología, etc.). Días después, se realizaría una segunda prueba para conocer el grado de adquisición de conocimientos. Este segundo test irá acompañado de otro sobre la percepción que el alumnado ha tenido de la experiencia.

Junto a la presente se adjunta una carta de presentación del Director de este Proyecto de Tesis Doctoral, Dr. Don José María Corrales Vázquez, en donde se señalan los fines académicos de dicho proyecto de investigación.

Finalmente, en breves fechas procederé a contactar vía telefónica con Ud., a fin de explicar con mayor detalle el proyecto de investigación, aclarar cuantas dudas puedan existir y, finalmente, si así lo estima el Centro Educativo, planificar un cronograma del procedimiento a seguir con el departamento o departamentos implicados y el grupo de alumnos que en última instancia participen en el proyecto.

Esperando su colaboración y la del centro que dirige, le presento mi mayor consideración y respeto.

Atentamente

<p>EL DOCTORANDO</p>  <p>Fdo.: Eduardo Rebollada Casado</p> <p>Doctorando en Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas.</p> <p>Teléfono: 649113115.</p> <p>Email: eduardo.rebollada@hotmail.com</p>	<p>EL DIRECTOR DE LA TESIS DOCTORAL</p>  <p>Fdo.: D. José María Corrales Vázquez</p> <p>Profesor Titular del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas.</p> <p>Facultad de Formación del Profesorado. Universidad de Extremadura (Campus de Cáceres). Avda. de la Universidad, s/n. 10071 Cáceres.</p> <p>Teléfono: 927257000, Ext. 37639.</p> <p>Email: corrales@unex.es</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ANEXO VII

INSTRUCCIONES DADAS A LOS EQUIPOS DOCENTES PARTICIPANTES EN LA INVESTIGACIÓN



INSTRUCCIONES para los departamentos participantes en la investigación educativa sobre enseñanza y aprendizaje de la Geología a través del patrimonio histórico-artístico, industrial y/o natural en el entorno de la Vía de la Plata en Extremadura.

Soy Eduardo Rebollada Casado, doctorando de la Universidad de Extremadura. Ante todo, deseo agradeceros vuestra colaboración, sin la cual esta investigación no sería posible. Por favor, haced llegar mi agradecimiento a la dirección de vuestro centro educativo.

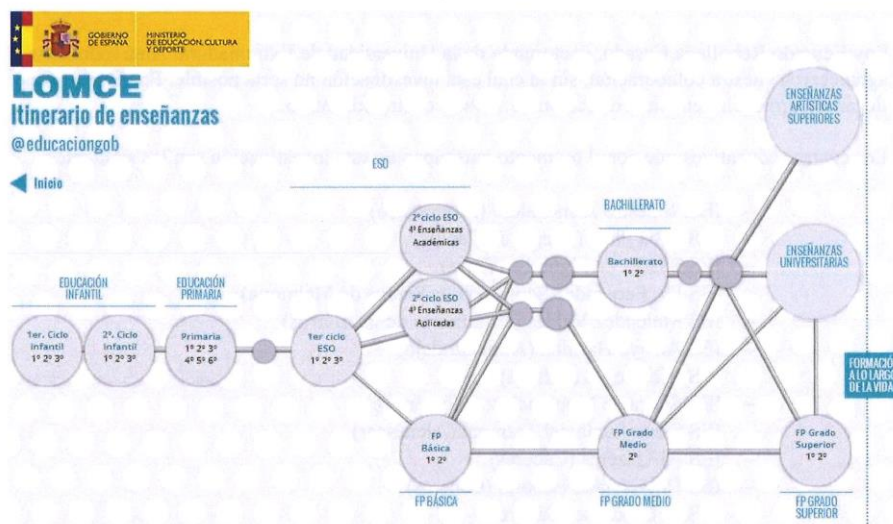
Los centros educativos que por el momento participan en esta investigación son los siguientes:

- IES. Maestro Juan Calero (Monesterio)
- IES Alba Plata (Fuente de Cantos)
- IES Suárez de Figueroa (Zafra)
- IES Dr. Fernández Santana (Los Santos de Maimona)
- IES Meléndez Valdés (Villafranca de los Barros)
- IES Arroyo Harnina (Almendralejo)
- IES Albarregas (Mérida)
- IES Sierra de Montánchez (Montánchez)
- IES Santa Lucía del Trampal (Alcuéscar)
- IES Al-Qazeres (Cáceres)
- IES Universidad Laboral (Cáceres)
- IES El Brocense (Cáceres)
- IES Norba Caesarina (Cáceres)
- IES Ágora (Cáceres)
- IES Profesor Hernández Pacheco (Cáceres)
- IESO Vía de la Plata (Casar de Cáceres)
- IESO de Alconétar (Garrovillas)
- IES Gabriel y Galán (Plasencia)
- IESO de Galisteo (Galisteo)
- IESO Cáparra (Zarza de Granadilla)
- IES Valle del Ambroz (Hervás)

Como ya os he adelantado por teléfono a la mayoría de vosotros, la investigación es sencilla: se trata de estudiar estadísticamente el grado de aprendizaje de alumnos de segundo ciclo de Educación Secundaria Obligatoria en lo que se refiere a la Geología (o si lo preferís, Ciencias Geológicas, Geociencias o Ciencias de la Tierra). Para ello hemos preparado un test o cuestionario de 20 preguntas con una respuesta correcta de entre cuatro posibilidades, adaptado a los contenidos de la asignatura Biología y Geología a nivel de 2º ciclo de ESO, que deberá cumplimentarse por el alumno tanto antes como después de la salida fuera del aula. Recomiendo que la primera vez que se pase el cuestionario a los alumnos sea al comienzo del curso, instándoles a responder, a ser posible, todas las preguntas, como si fuera una evaluación previa

de conocimientos (la típica que se realiza a principio de curso). Es muy importante que este cuestionario, que os envío junto con estas instrucciones, lo entreguéis en color (si alguien tiene dificultades a este respecto, que me lo haga saber para enviarle los tests impresos a todo color). Cuando lo hayáis pasado a vuestros grupos de alumnos podéis dármelo en mano o enviármelo por correo ordinario a la siguiente dirección postal:

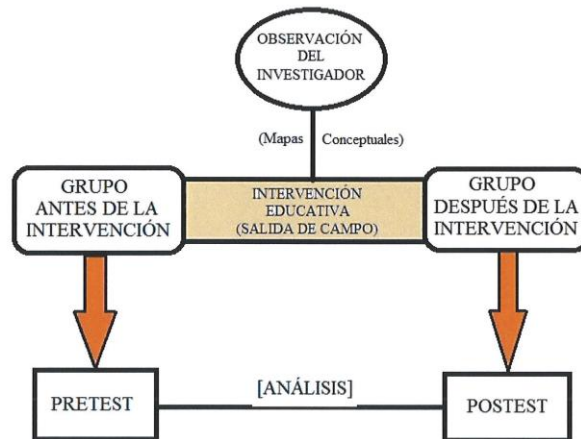
Eduardo Rebollada
c/ Berlín, 6-3ºA
10005 CÁCERES



Aunque los resultados obtenidos por cada uno de vuestros alumnos en este test no son relevantes en principio para la investigación, os los enviaré porque tendréis interés particular en conocer cuál ha sido su resultado.

Tras la realización del cuestionario, ya estaríamos en disposición de organizar una visita específicamente diseñada conjuntamente con cada uno de vosotros, consistente en una salida fuera del aula con los alumnos de 3º y/o 4º de ESO. Es importante que esta salida no suponga un gasto extra al centro educativo, recomendándose que sea cercana al mismo, no llevando más de una hora, por ejemplo. No obstante, si se prefiere o decidimos conjuntamente visitar algún elemento patrimonial alejado del centro educativo, será necesaria una organización más compleja y una intervención didáctica también más elaborada, pudiendo coordinarnos con otros departamentos, como el de Ciencias Sociales, para hacer dicha visita de manera interdisciplinar. Una vez realizada esta excursión fuera del aula, se volverá a pasar a los alumnos implicados el cuestionario, dándomelo o remitiéndomelo a la misma dirección que he indicado anteriormente. Junto con este segundo cuestionario se pasará uno tipo Likert para evaluar la experiencia por parte del alumnado. Este cuestionario Likert os lo remitiré más adelante, pues por el momento sólo dispongo de un borrador.

En la siguiente figura podéis ver el esquema básico de la intervención educativa.



Características del cuestionario:

El cuestionario es nominal y es conveniente responder a todas las preguntas, tanto las sociodemográficas (primera página), como las cognitivas (páginas 2, 3 y 4).

Este cuestionario que os envío ha sido validado con varios grupos de alumnos (un centenar, más o menos) de dos centros educativos. La validación no busca detectar si las preguntas están bien expuestas o si las respuestas utilizan distractores o pretenden conocer las ideas previas. No: la validación a la que me refiero es meramente matemática, en el sentido de saber si la forma en que cada grupo de alumnos contesta cada pregunta es representativa de su muestra. Si tenéis interés en saber sobre este tema, os puedo enviar una explicación más amplia.

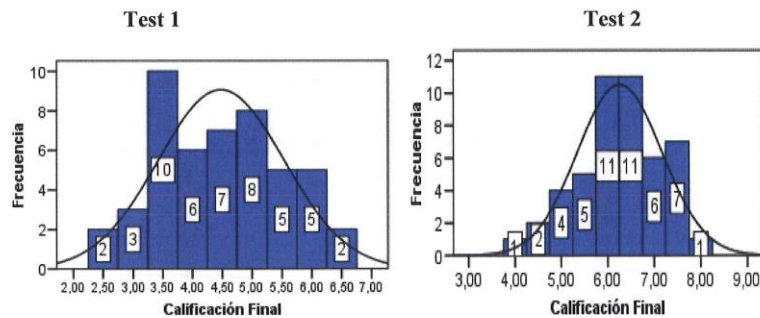
Repito que la investigación no busca evaluar el conocimiento de los alumnos en la materia, sino la mejora de aprendizaje tras la salida fuera del aula. Es decir, no se evalúa al alumnado de los centros en modo alguno ni, por supuesto, comparar alumnos de diferentes centros. Del mismo modo, tampoco se ha incluido en la investigación los centros privados/concertados para evitar caer en comparaciones con los públicos.

Por este motivo, es conveniente que hagáis hincapié en que es muy recomendable contestar a todas las preguntas. Si veis que, al saber que se trata de una investigación y no de una evaluación, la tendencia del alumnado es hacer el test sin interés, decidles que es una evaluación, para que se lo tomen en serio.

Objetivos de la investigación:

Esta investigación tiene su origen en otra realizada a alumnos de la Facultad de Formación del Profesorado, mediante un cuestionario (test) a nivel de Bachillerato, que se realizó en el curso 2014-15 en la ciudad de Cáceres.

El resultado fue muy interesante y estoy intentando publicar algo al respecto. Sólo adelantaros que se confirmó el objetivo principal: comprobar que el aprendizaje del alumnado en materia de Geociencias se incrementó a raíz de una salida fuera del aula. Mirad las dos gráficas, en las que se observa dicha evolución (la media del grupo investigado obtuvo 4'5 puntos en el test inicial, mientras que en el test posterior la media se situó entre 6 y 6'5).



Indudablemente, la experiencia docente nos dice que debe existir una mejora en los conocimientos de un tema, como la Geología, tras una salida fuera del aula. La peculiaridad de esta “salida” es que no se realiza a un lugar “geológico”, sino a un lugar con elementos patrimoniales histórico-artísticos, industriales y/o naturales, bien dentro de la población o fuera de ella. Es decir, todos y cada uno de los grupos que intervienen en esta investigación realizarán una salida fuera del aula con sus profesores del área de Biología y Geología, acompañados por mí, a entornos generalmente antropizados, en los que se utilizarán los recursos patrimoniales histórico-artísticos (iglesias, castillos, puentes, edificios o construcciones más o menos monumentales), industriales y/o naturales, para aprender Geociencias.

En paralelo a esta actividad, que incluimos dentro de la denominación “intervención educativa”, es conveniente realizar una serie de actividades posteriores al test inicial, pero anteriores a la salida, como son:

- o Presentación (PowerPoint) en clase de una síntesis de los conceptos evaluables en el test, que giran en torno a temas clave en Geología: origen del Universo, el Sistema Solar y la Tierra; estructura y composición terrestre, incluyendo los conceptos de minerales y rocas, además de ambientes sedimentarios; origen de la vida en la Tierra y su evolución; dinámica terrestre interna y externa (modelado); recursos (aplicaciones) y riesgos geológicos. Serían una serie de diapositivas en un PowerPoint que os adjunto en documento aparte, para que lo uséis tal cual o lo adaptéis a vuestro criterio. Lo importante es que dicho archivo incluye esos conceptos, que vuestros alumnos deberían conocer, aunque sea someramente, antes de la salida fuera del aula. Si por alguna circunstancia creéis que no os dará tiempo a impartir la parte del temario correspondiente a la Geología, os ruego que hagáis un esfuerzo e incluyáis el Power Point como una cuña lo antes posible, pudiendo encargar un trabajo por grupos. Eso se puede hacer como excusa para el alumnado realice tareas sobre esos temas, como visualizar algún documental en Internet y comentarlo, o realizar un esquema gráfico sobre el mismo. La realización de tareas es un método muy recomendable para que los alumnos indaguen en

el aprendizaje de esos conceptos: el tiempo geológico, la historia de la de la vida, la estructura interna, la dinámica de los procesos, etc.

- Para poder llevar a cabo esta metodología recomiendo que el alumno elabore mapas conceptuales sobre los temas que aparecen en el PowerPoint y a los que a su vez se refiere el test. Ya hemos hecho experiencias similares y los alumnos suelen responder satisfactoriamente, pues esta actividad conlleva el uso del ordenador personal y se puede realizar en casa sin ningún problema. Además, pueden ser tareas a realizar individualmente o en grupos. Recomiendo que se les encarguen mapas conceptuales sobre evolución de la vida y tiempo geológico, riesgos naturales (incluidos los geológicos), ciclo de las rocas, etc., por señalar algunos ejemplos. Para realizar los mapas conceptuales es necesario comprender correctamente el significado de tres aspectos: pregunta de enfoque, conceptos y proposiciones. Todo esto os lo explicaré en un archivo aparte.

Como es lógico, no pretendo que sean estas actividades complementarias las que exclusivamente desarrolléis con vuestros alumnos, sino que sólo quería poner os unos ejemplos que me han parecido interesantes. En este sentido, os animo a idear otras maneras de impulsar el aprendizaje y para ello puede ser muy interesante que tras la cumplimentación del test tras la salida, el profesorado dialogue con sus alumnos sobre el planteamiento de las preguntas y las respuestas, para así comprender mejor si las preguntas y las respuestas son mejorables desde el punto de vista conceptual.

Un objetivo secundario de la investigación es ofrecer materiales didácticos a cada uno de vosotros. El primero que se me ocurre es el procedimiento de validación matemático, que consiste en enviaros una pequeña base de datos diseñada por D. Enrique Rus, especialista en el tema y colaborador en esta investigación, para facilitar os el cálculo de los índices de facilidad y discriminación de cualquier prueba-tipo. Esto puede ser muy útil cuando uséis cuestionarios de autoevaluación, como los que incluyen algunos libros de texto al final de un capítulo. Otro recurso sería el propio diseño de la salida fuera del aula, con el PowerPoint antes indicado y que puede diseñarse específicamente para cada centro o nivel educativo, adaptándolo además a cada lugar que se visite. Pero también en el diseño debemos pensar en el itinerario base y posibles variantes, en lo que se explica en cada parada o estación, etc.

Características de la salida

Ya he adelantado que la salida no es una excursión al uso, sino más bien una clase fuera del aula, con la peculiaridad de realizarse apoyándonos didácticamente en elementos del patrimonio histórico-artístico o de otro tipo, además de en materiales de apoyo, como láminas esquemáticas y otros gráficos, montado por ejemplo en PowerPoint (el que os envío con estas instrucciones es un ejemplo muy sencillo), y que facilitan recordar los conceptos fundamentales sobre recursos y procesos geológicos, que el profesorado conviene que haya enseñado previamente en clase.

Indicar que todos los centros han sido seleccionados por estar incluidos en el corredor cultural de la Vía de la Plata (términos municipales afectados), concepto amplio que nos permite aglutinar la didáctica de las Geociencias en lugares con patrimonio histórico-artístico o de otro tipo (natural e industrial). Y aunque unos u otros centros tengan diferentes recursos patrimoniales a su alcance, todos disponen de elementos que sirven para la enseñanza de la materia, idea que debe quedar os clara para comprender el verdadero sentido de esta investigación.

En unos casos se pueden visitar exclusivamente centros de interpretación o museos, aunque recomiendo que dichas visitas educativas se complementen con alguna parada en lugares con valor patrimonial, donde podamos ofrecer otro tipo de recursos educativos. Por ello, es lógico que diseñemos salidas diferentes en unos casos y en otros, incluso dentro de la misma localidad, para adaptarnos a las circunstancias de cada centro, bien por disponibilidad de recursos, bien por economía, bien por compatibilidad o calendario. En cualquier caso, lo importante es que exista una experiencia en el alumnado que le sirva para mejorar su conocimiento sobre la materia.

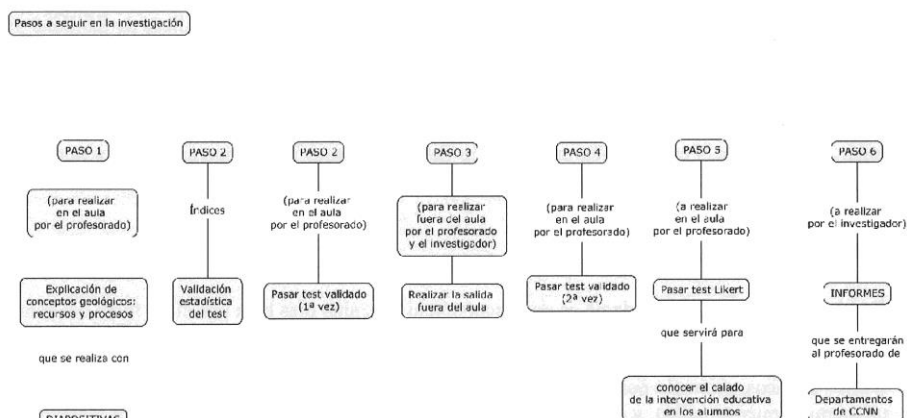
Conclusiones

Me alegra saber que habéis aceptado el reto que supone investigar con alumnos de 3º y 4º de ESO, para demostrar lo más objetivamente posible, que el aprendizaje (y también la enseñanza) de las Geociencias es posible en lugares llamémosles “no naturales”, lo que va aparentemente en contra de las ideas que hasta la fecha se han venido aplicando sobre las intervenciones educativas fuera de las aulas en materia de ciencias naturales.

Esperemos que en unos meses hayamos finalizado la parte práctica de esta investigación y pueda publicar algunos resultados, en cuya coautoría estáis todos invitados a participar.

Deciros, para finalizar, que me tenéis a vuestra disposición para cualquier duda que surja.

A continuación os incluyo un esquema realizado con la aplicación CMapTools, con las fases de la investigación.



Esquema realizado con la aplicación CmapTools

ANEXO VIII

CENTROS EDUCATIVOS EXTREMADURA CURSO 2016/17.

Fuente: Guía de Servicios Educativos (educarex.es/guía-educativa.html) de la Junta de Extremadura.

TIPO DE CENTRO	TOTALES	PRESELECCIONADOS	SELECCIONADOS
Aulas de Educación Permanente de Adultos	Badajoz: 18 Cáceres: 18	Badajoz: 4 Cáceres: 5	Badajoz: 0 Cáceres: 0
Centros (Públicos) de Educación Especial	Badajoz: 5 Cáceres: 2	Badajoz: 3 Cáceres: 2	Badajoz: 0 Cáceres: 0
Colegios Públicos de Educación Infantil y Primaria	Badajoz: 224 Cáceres: 143	Badajoz: 39 Cáceres: 28	Badajoz: 0 Cáceres: 0
Colegios (Público) de Educación Primaria	Badajoz: 1 Cáceres: 4	Badajoz: 0 Cáceres: 1	Badajoz: 0 Cáceres: 0
Colegios (Público y Privado) de Educación Permanente de Adultos	Badajoz: 14 Cáceres: 8	Badajoz: 4 Cáceres: 2	Badajoz: 0 Cáceres: 0
Centros (Público) de Formación Agraria	Badajoz: 2 Cáceres: 2	Badajoz: 1 Cáceres: 0	Badajoz: 0 Cáceres: 0
Centros Habilitados (Residencias Educación Secundaria)	Badajoz: 5 Cáceres: 9	Badajoz: 0 Cáceres: 7	Badajoz: 0 Cáceres: 0
Conservatorios Oficiales de Música	Badajoz: 6 Cáceres: 3	Badajoz: 2 Cáceres: 3	Badajoz: 0 Cáceres: 0
Centros de Profesores y Recursos	Badajoz: 9 Cáceres: 9	Badajoz: 3 Cáceres: 2	Badajoz: 0 Cáceres: 0
Centros Rurales Agrupados	Badajoz: 44 Cáceres: 107	Badajoz: 1 Cáceres: 0	Badajoz: 0 Cáceres: 0
Centro Rural de Innovación Educativa	Badajoz: 0 Cáceres: 1	Badajoz: 0 Cáceres: 0	Badajoz: 0 Cáceres: 0
Colegios Privados/Concertados	Badajoz: 41 Cáceres: 27	Badajoz: 15 Cáceres: 18	Badajoz: 0 Cáceres: 0
Colegio (Privado) de Educación Infantil	Badajoz: 7 Cáceres: 2	Badajoz: 0 Cáceres: 2	Badajoz: 0 Cáceres: 0
Centro (Privado) de Formación Profesional	Badajoz: 5 Cáceres: 2	Badajoz: 2 Cáceres: 2	Badajoz: 0 Cáceres: 0
Centro Privado de Educación Especial	Badajoz: 12 Cáceres: 0	Badajoz: 3 Cáceres: 0	Badajoz: 0 Cáceres: 0
Escuela de Artes y Oficios	Badajoz: 1 Cáceres: 0	Badajoz: 1 Cáceres: 0	Badajoz: 0 Cáceres: 0
Escuelas Públicas de Educación Infantil	Badajoz: 28 Cáceres: 16	Badajoz: 7 Cáceres: 9	Badajoz: 0 Cáceres: 0
Escuelas Familiares Agrarias	Badajoz: 2 Cáceres: 0	Badajoz: 1 Cáceres: 0	Badajoz: 0 Cáceres: 0
Escuelas Hogar	Badajoz: 4	Badajoz: 0	Badajoz: 0

	Cáceres: 5	Cáceres: 1	Cáceres: 0
Equipos de Orientación Educativa y Psicopedagógica	Badajoz: 22 Cáceres: 19	Badajoz: 7 Cáceres: 9	Badajoz: 0 Cáceres: 0
Escuelas Oficiales de Idiomas	Badajoz: 6 Cáceres: 3	Badajoz: 3 Cáceres: 2	Badajoz: 0 Cáceres: 0
Escuela Superior de Arte Dramático	Badajoz: 0 Cáceres: 1	Badajoz: 0 Cáceres: 1	Badajoz: 0 Cáceres: 0
Institutos de Enseñanza Secundaria	Badajoz: 71 Cáceres: 36	Badajoz: 15 Cáceres: 17	Badajoz: 6 Cáceres: 11
Institutos de Enseñanza Secundaria Obligatoria	Badajoz: 11 Cáceres: 15	Badajoz: 2 Cáceres: 4	Badajoz: 0 Cáceres: 4
Sección de Instituto de Enseñanza Secundaria	Cáceres: 4	Cáceres: 0	Cáceres: 0
Centro Rural de Innovación Educativa	Badajoz: 0 Cáceres: 1	Badajoz: 0 Cáceres: 0	Badajoz: 0 Cáceres: 0

ANEXO IX
EQUIPOS DOCENTES INTERVINIENTES

EQUIPO DOCENTE	CENTRO EDUCATIVO	LOCALIDAD
Ester Marcellán Lenguas Rosa Rodríguez Castellano	IES Valle del Ambroz	Hervás
José Javier García Alonso	IESO Cáparra	Zarza de Granadilla
María Luisa Bernoy Lucas	IES Gabriel y Galán	Plasencia
Cándida Francisco Chamorro Carlos Alberto Sánchez García	IESO de Galisteo	Galisteo
Juan Paniagua Berrocal	IESO Alconétar	Garrovillas de Alconétar
Julio Antonio Tizón Álvarez	IESO Vía de la Plata	Casar de Cáceres
Rosalía Merino Márquez Ana María Trinidad Núñez	IES Al-Qazeres	Cáceres
Fernando Alfonso Cervel José Estévez García	IES Universidad Laboral	Cáceres
Domingo Lorenzo Gago	IES Ágora	Cáceres
Carmen Aguilera Collado Minerva Martín García Enrique Monroy García	IES García Téllez	Cáceres
Juan Ramos Sánchez Ángel Calleja Pardo	IES Norba Caesarina	Cáceres
Magín Murillo Fernández Purificación Hernández Nieves	IES El Brocense	Cáceres
Antonia Caballero Gallardo Cristina Fernández Zamora	IES Sierra de Montánchez	Montánchez
Sebastián Barriga Gallardo María del Pilar López Hernando	IES Santa Lucía del Trampal	Alcuéscar
María Jesús Pintado Vidal María Purificación Ramírez García	IES Albarregas	Mérida
Pedro Ángel Rodríguez Corrales	IES Santiago Apóstol	Almendralejo
Alfonso Pachá Guisado	IES Meléndez Valdés	Villafranca de los Barros
Fernando Rubiales Bravo	IES Doctor Fernández Santana	Los Santos de Maimona
Francisco Ramón Béjar	IES Suárez de Figueroa	Zafra
Natividad González Guillén	IES Alba Plata	Fuente de Cantos
Sagrario Trinidad Araujo Pablo Ramos Duro	IES Maestro Juan Calero	Monesterio

ANEXO X

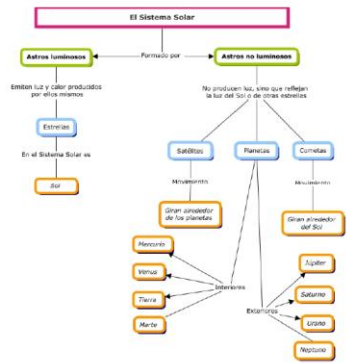
MATERIAL SUMINISTRADO (PRESENTACIÓN-MODELO) A LOS DOCENTES PARA PREPARACIÓN DE SU ALUMNADO PREVIAMENTE A LA “SALIDA DE CAMPO”.

Fuente de las imágenes y gráficos: internet y del investigador.

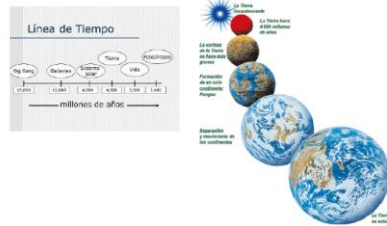


Geociencias:
conceptos fundamentales

Proyecto de Investigación sobre
enseñanza de Geociencias en
entornos patrimoniales
2º Ciclo ESO



La Tierra

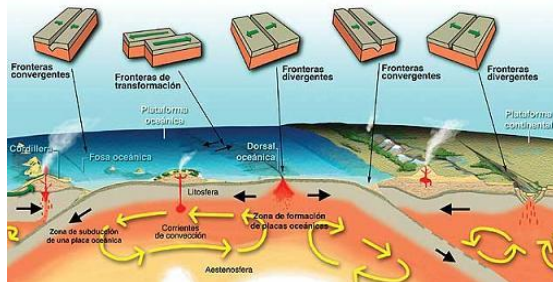


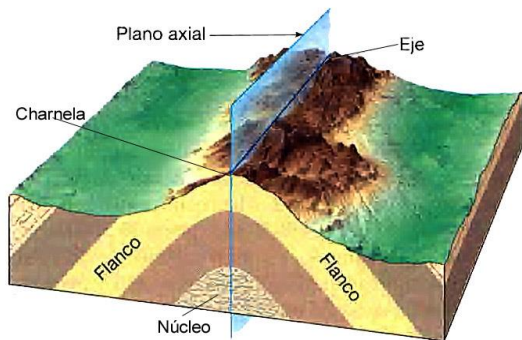
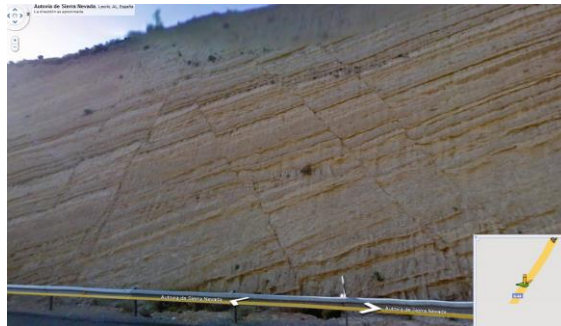
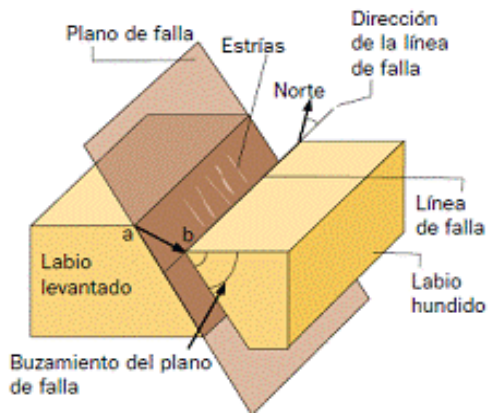
Tectónica de Placas

La Tierra



Tectónica de Placas

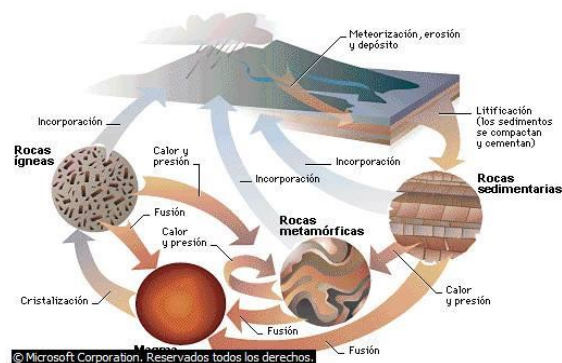
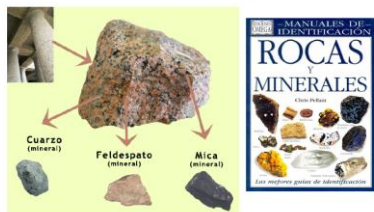


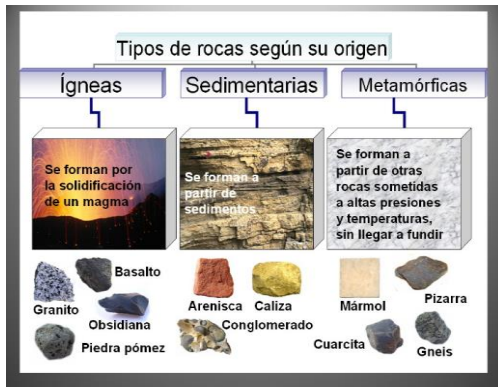


Las rocas



Rocas y minerales

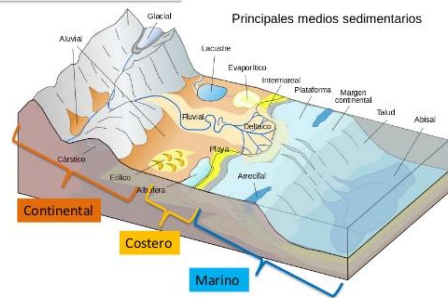




Ambientes sedimentarios

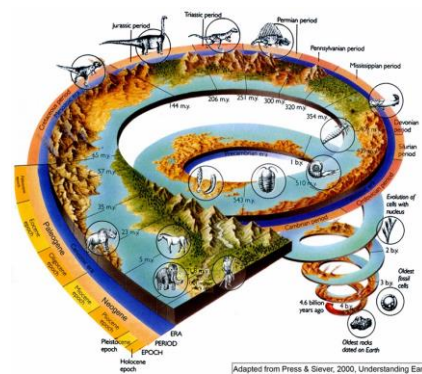
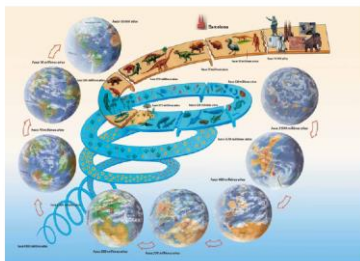
Lugar de la superficie terrestre donde se acumulan los sedimentos.

- Los medios sedimentarios son:
1. Continentales
 2. De transición o costeros
 3. Marinos



Elementos Nativos	Metales	Oro, Cobre, plata, platino
	No Metales	Diamante, Grafito, Azufre
Sulfuros	Galena, Antimonita, Blenda	Cinabrio
Sulfosales	Bolangerita, Cilindrita,	Jamesonita, Estefanita
Óxidos e Hidróxidos	Cromita, cuarzo, hematita	Bauxita
Haluros	Atacamita, Fluorita, halita	Silvita, carnalita
Carbonatos	Calcita, Dolomita, Aragonito	Azurita, Malaquita, Rosasita
Nitratos	Nitrato de sodio	Nitrato de potasio
Boratos	Kernita, Borax, Ulexita	Colemanita
Sulfatos	Bariina, Yeso	
Fosfatos	Apatito	
Wolffanatos	Schelita, Esquilita	
Silicatos	Arcillas, Bentonita, Caolín	Cianita, Garnierita
	Moscovita Talco	

La vida en la Tierra



La vida en la Tierra



La importancia geológica de los fósiles

La Paleontología es la parte de la Geología que estudia los fósiles.

Los fósiles son restos de seres que vivieron en el pasado, o de su actividad (huellas, excrementos...), conservados en las rocas.



Fósil de helecho



Fósil de pez



Trilobites



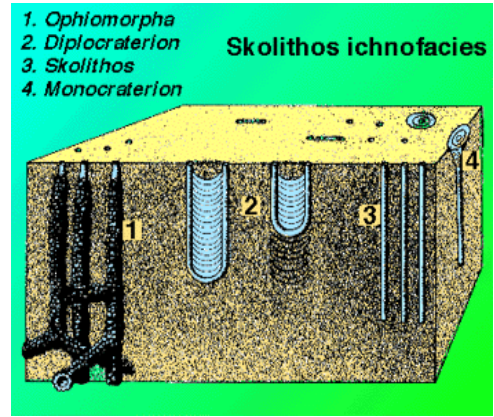
Ammonites



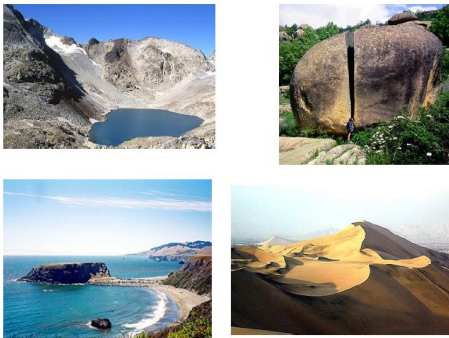
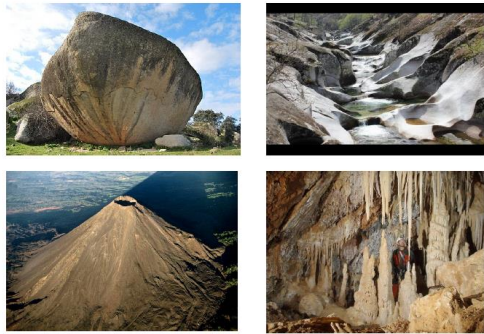
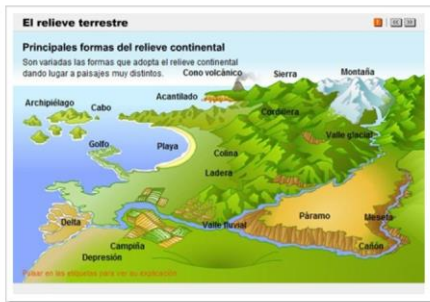
Ámbar con insectos



Icnitas (huellas de dinosauros)

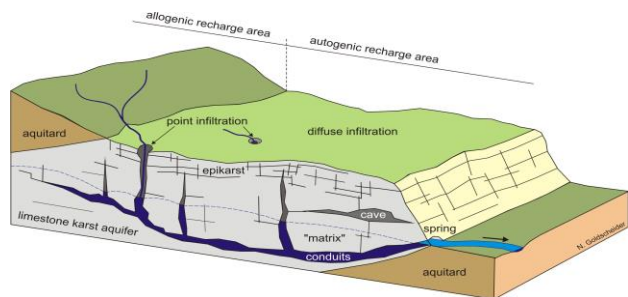


Modelado terrestre

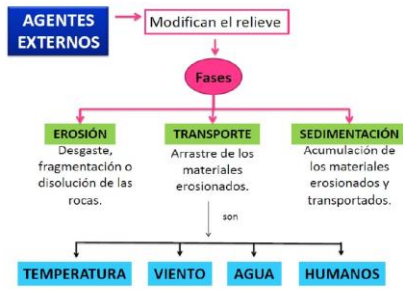


7.4.2.-METEORIZACIÓN QUÍMICA

- Acción estática de la atmósfera en la que se disgregan las rocas, y se altera la composición tanto de rocas como de sus minerales.
- Climas húmedos y cálidos ¿?
- Seis tipos:
 - Hidrólisis.
 - Disolución.
 - Hidratación.
 - Carbonatación.
 - Oxidación.
 - Bioquímica



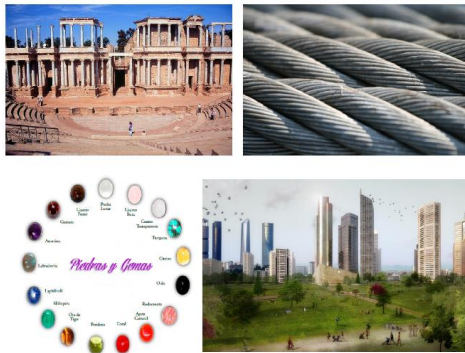
Recursos geológicos



RECURSOS DE LA GEOSFERA

TIPOS DE RECURSOS

- **RECURSOS MINERALES**: yacimientos de minerales y rocas
- **RECURSOS ENERGÉTICOS**:
 - No renovables y contaminantes: combustibles fósiles, energía fisión nuclear
 - Renovables y limpias: energía geotérmica, energía fusión nuclear



MATERIAL DE CAMPO

Mapa geológico, topográfico y Escala cronoestratigráfica

Brújula HCl

Martillo

Cuaderno de campo

Lupa

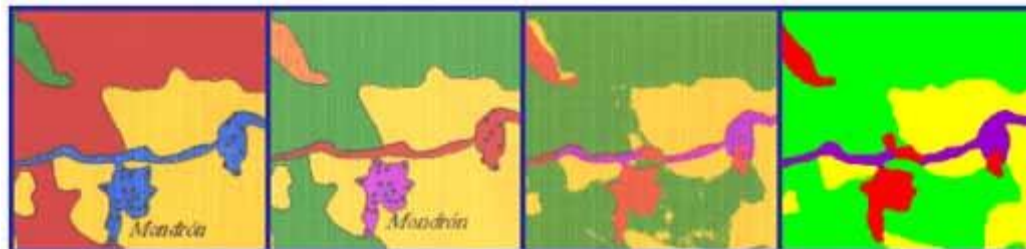
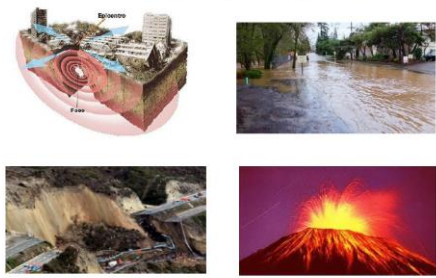
Cámara de fotos o video

EL TRABAJO DE LOS GEÓLOGOS
EL GEÓLOGO ESTUDIA LA GEOSFERA

- Interviene en la búsqueda de recursos minerales y rocas
- Previene riesgos geológicos (terremotos, erupciones, inundaciones, deslizamientos del terreno)
- Evalúa el comportamiento del terreno para la construcción de obras públicas y/o privadas
- También trabaja en investigación de otros planetas (Geología planetaria)



Riesgos geológicos



Elementos en Riesgo

- Altos
- Medios
- Pobres
- Muy pobres

Vulnerabilidad

- Muy alta
- Alta
- Moderada
- Baja
- Muy baja

Riesgo Especifico

- Alto
- Moderado
- Bajo
- Muy bajo

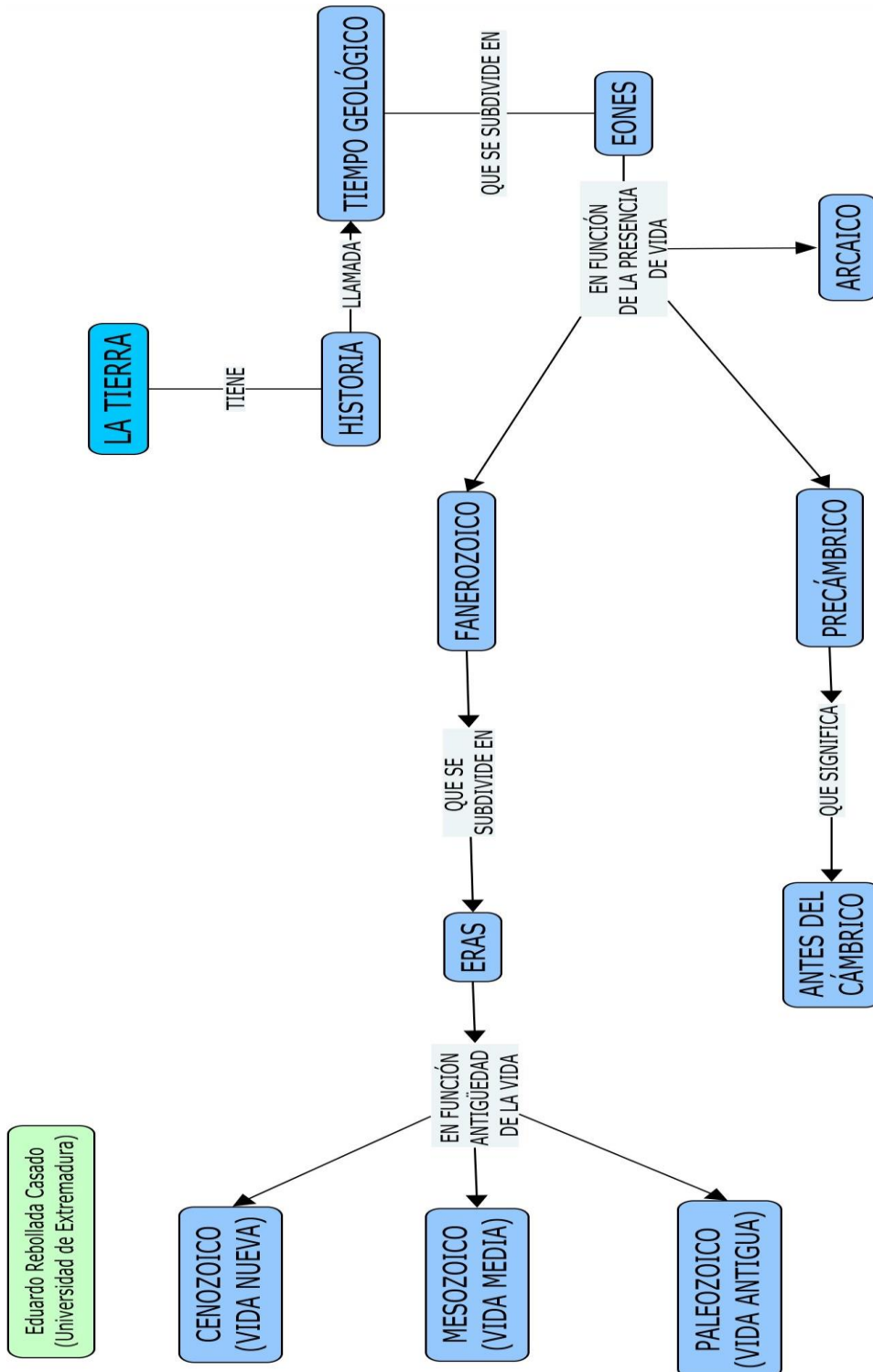
Riesgo Total

- Alto
- Moderado
- Bajo
- Muy bajo

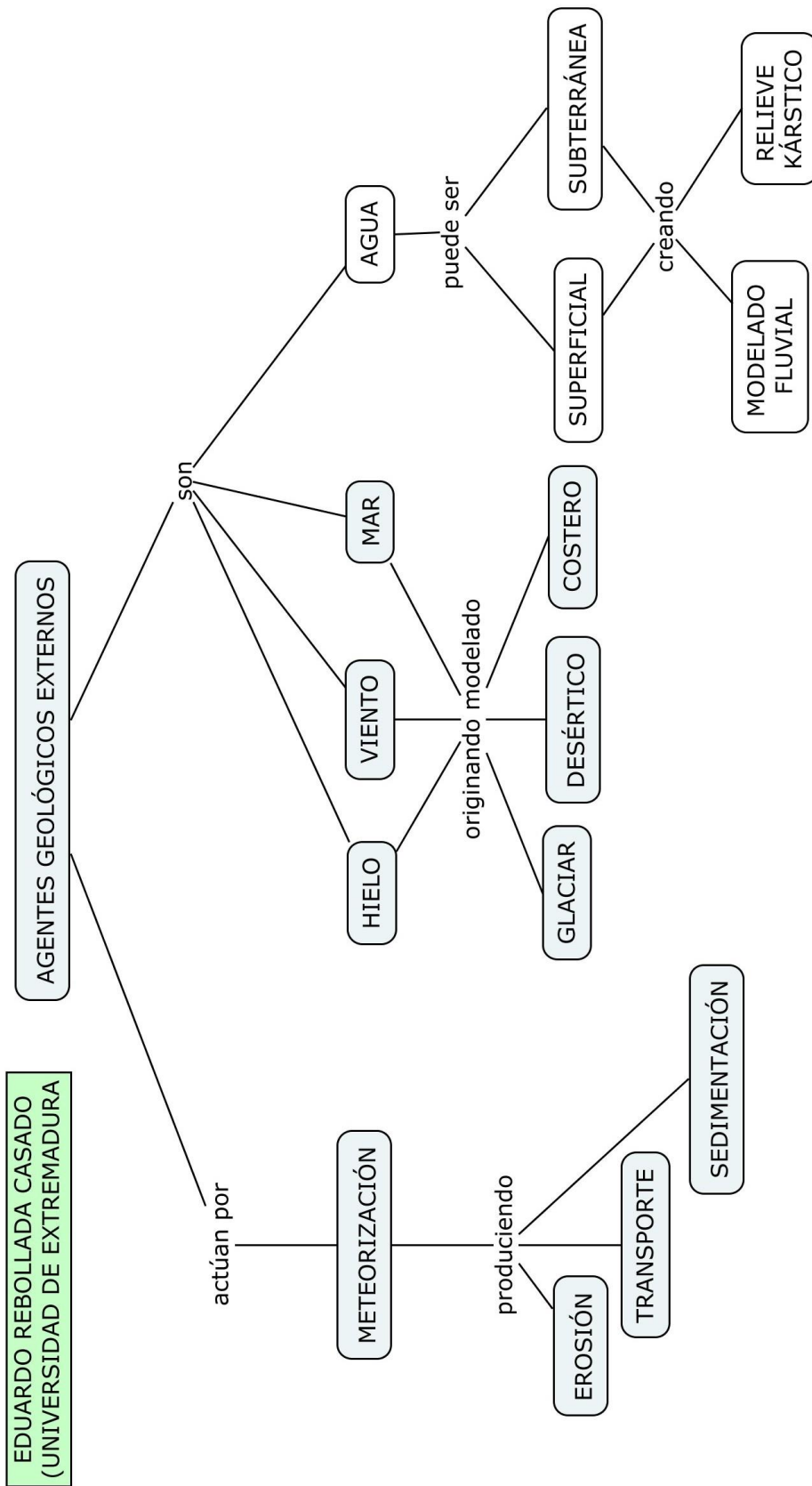
ANEXO XI

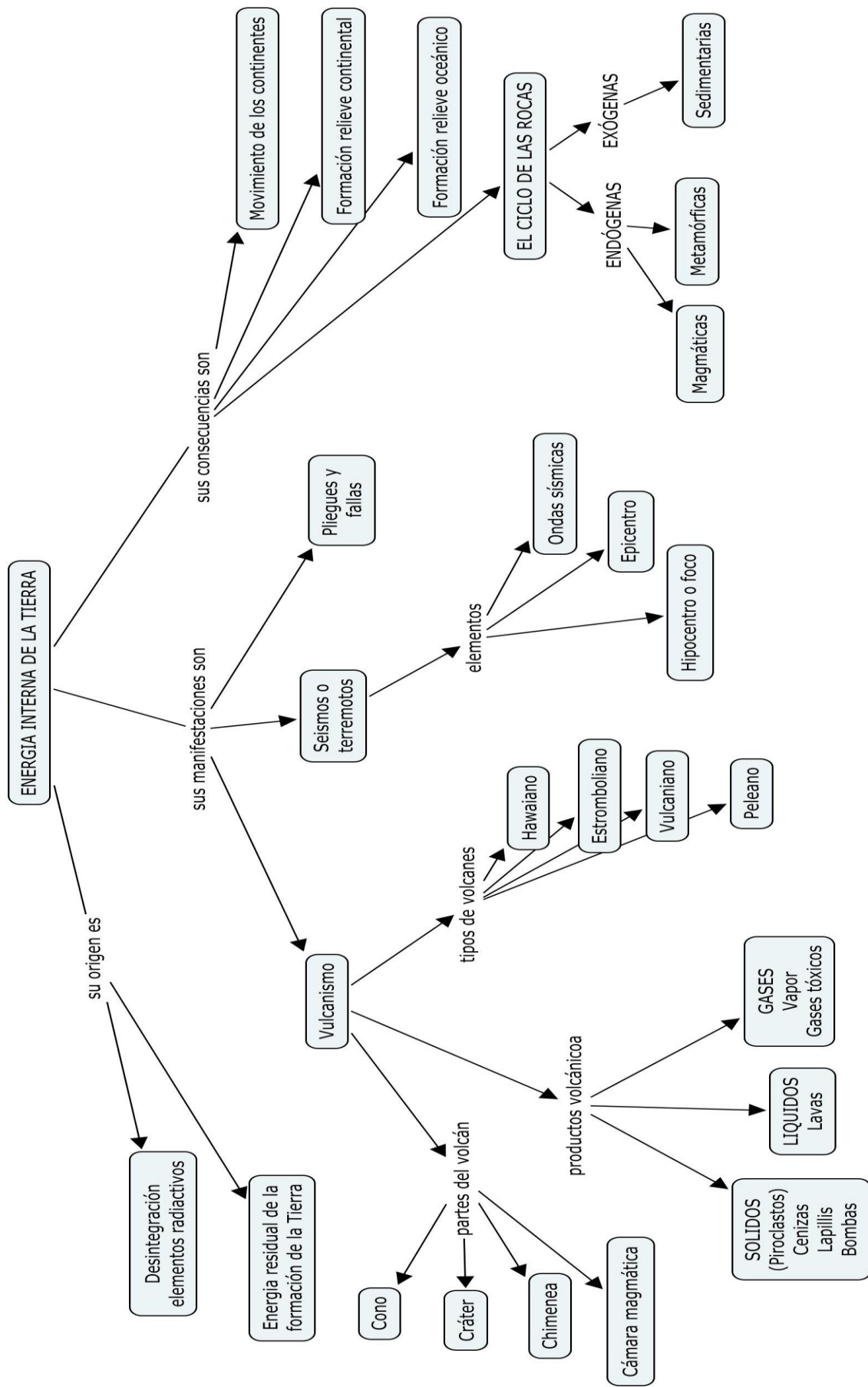
MAPAS CONCEPTUALES ELABORADOS PARA SU UTILIZACIÓN EN LA UNIDAD DIDÁCTICA Y EN LA INTERVENCIÓN EDUCATIVA

Fuente: investigador.

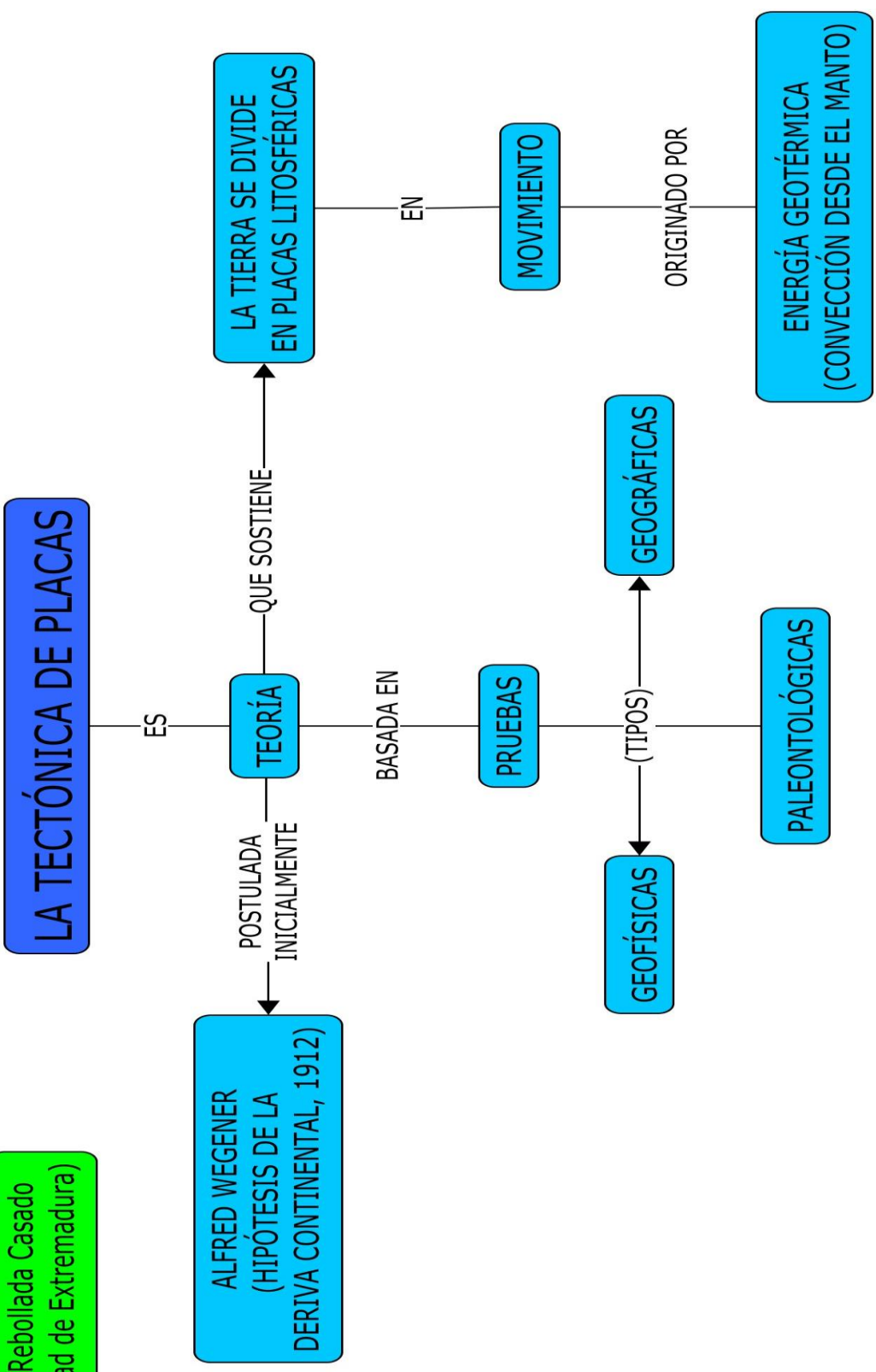


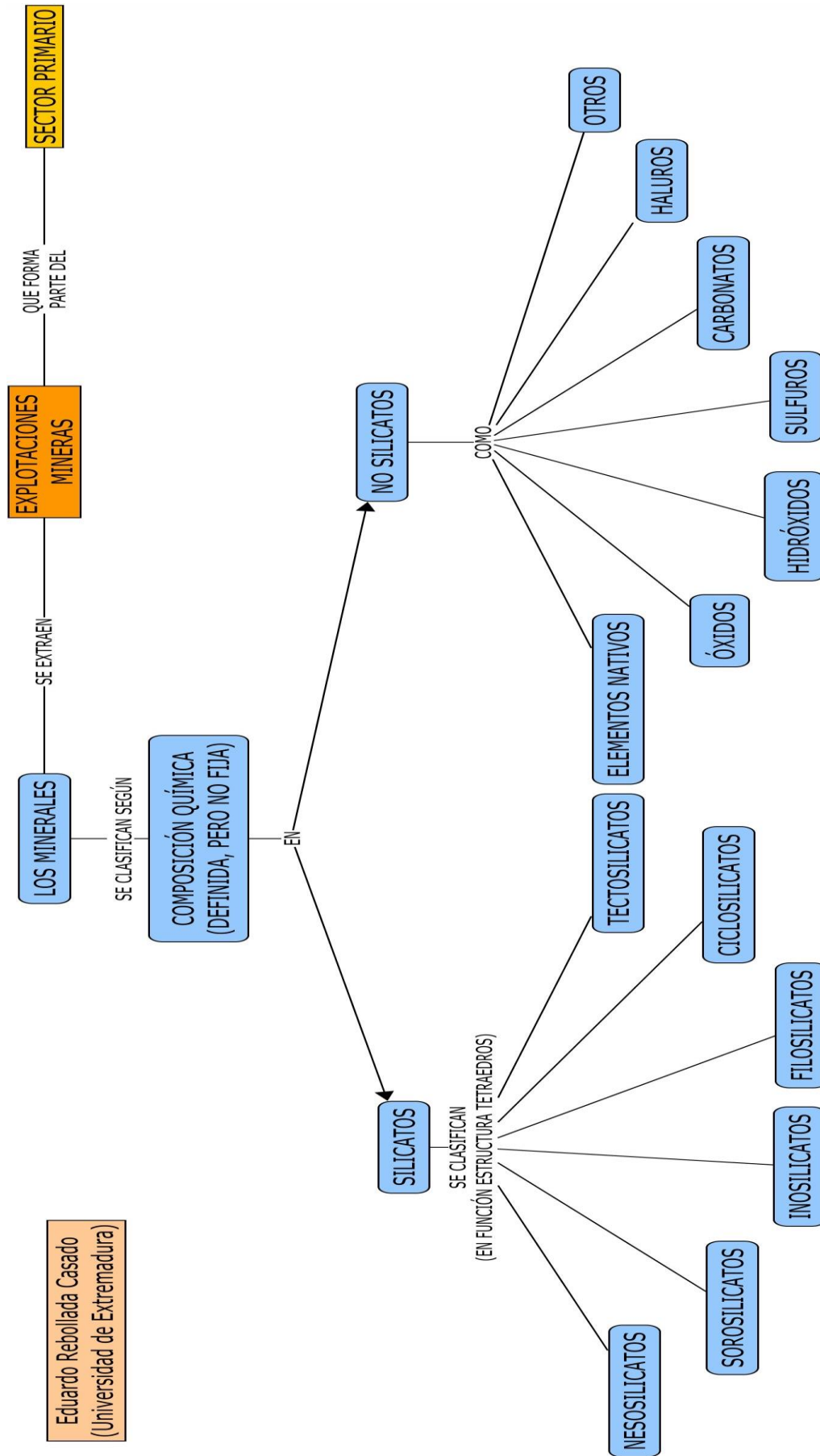
Eduardo Rebolledo Casado
(Universidad de Extremadura)



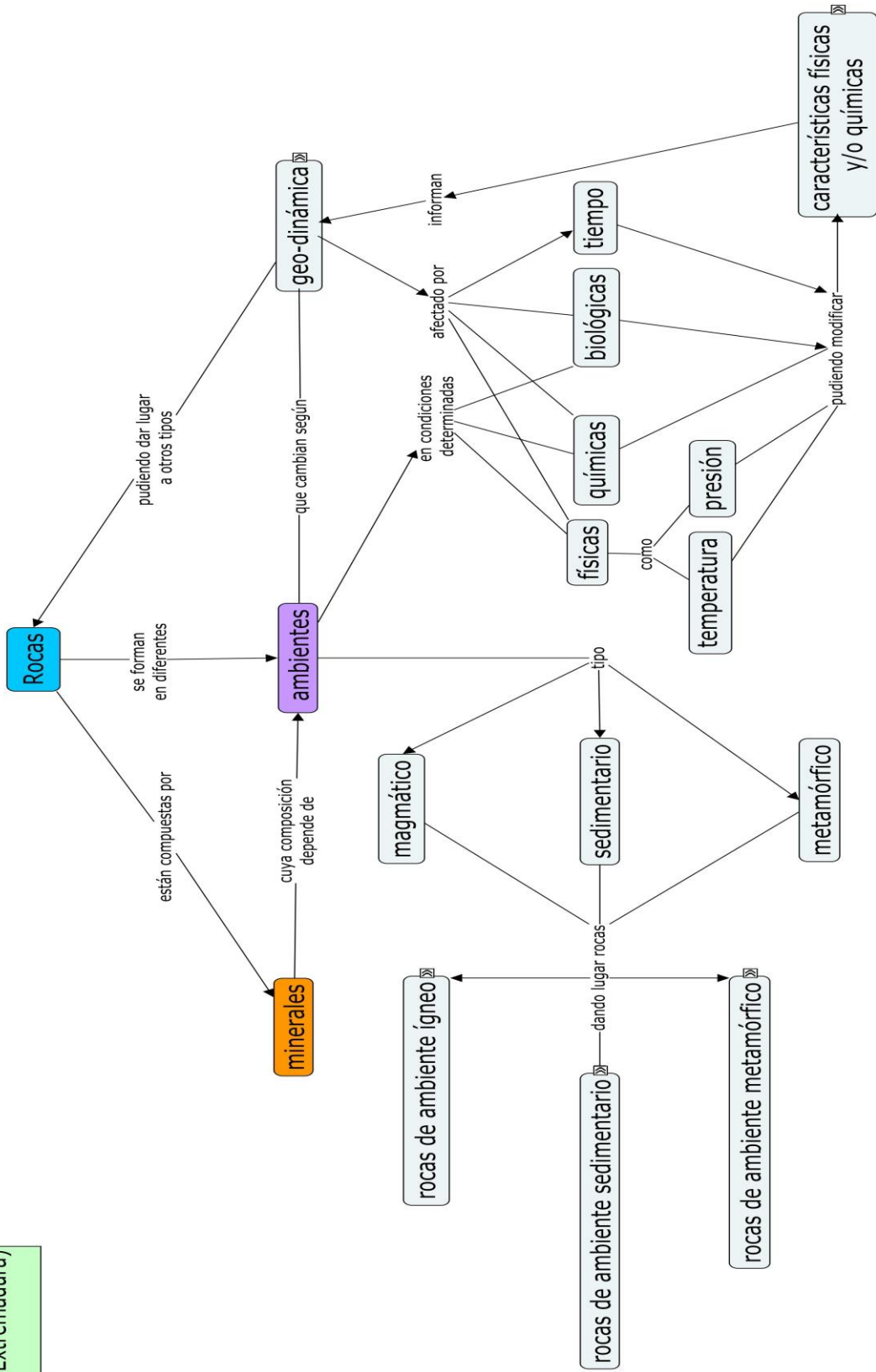


Eduardo Rebollada Casado
(Universidad de Extremadura)

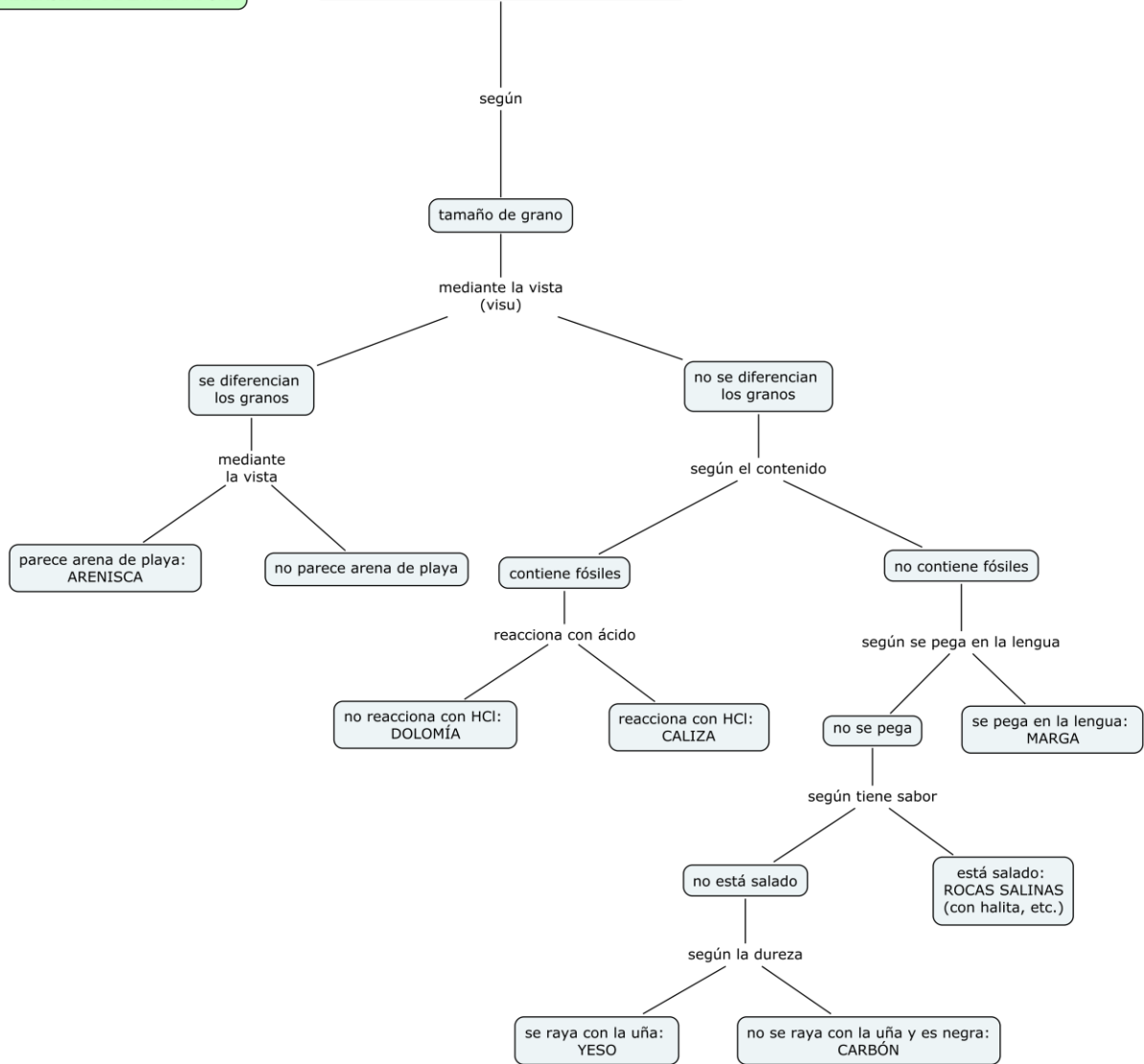




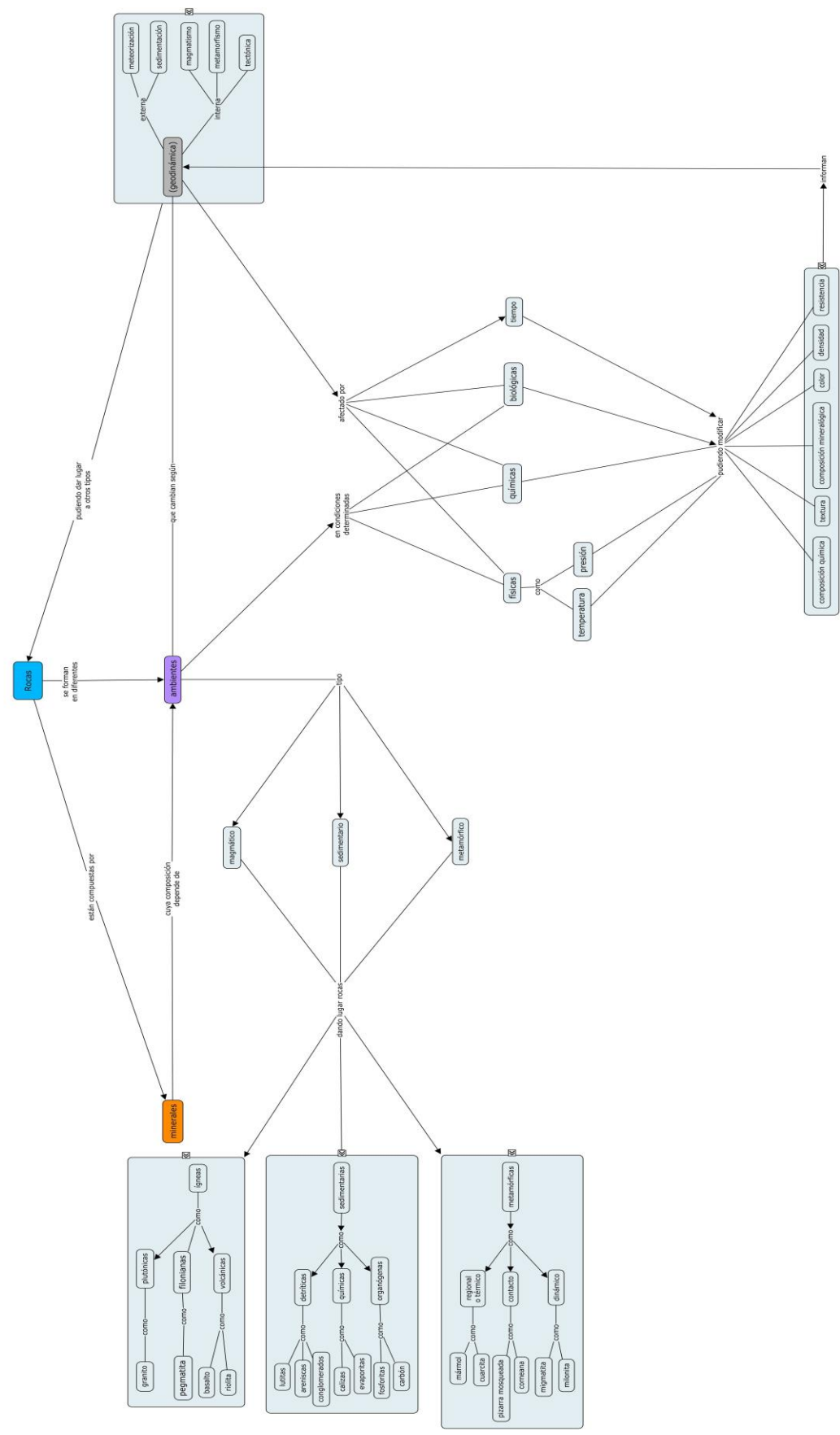
Eduardo Rebolledo Casado
(Universidad de Extremadura)



CLAVE DICOTÓMICA DE ROCAS SEDIMENTARIAS



¿QUÉ SON LAS ROCAS?
 ESTUDIO DE CASO
 (Universidad de Extremadura)



ANEXO XII

DECÁLOGO DE CONDUCTA PARA LAS SALIDAS FUERA DEL AULA

1. Ser educados y cívicos.
2. Realizar la salida a pie o utilizar el transporte público.
3. No realizar la salida en solitario. Comunicar al centro educativo (departamento, dirección...) tanto la salida como la llegada.
4. No tomar riesgos innecesarios. Tener especial cuidado con el tráfico rodado.
5. En lugares públicos, seguir las indicaciones oficiales y los paneles informativos.
6. No llevar nunca el martillo de geólogo en la ciudad. Optar por la lupa y la fotografía.
7. No picar o golpear jamás paredes ni edificios, sean públicos o privados.
8. En zonas periurbanas sólo se recolectarán las muestras (minerales y rocas) estrictamente imprescindibles a efectos docentes. Nunca recolectar fósiles. Mejor fotografiarlos.
9. Llevar una libreta de campo para realizar anotaciones y esquemas. Tomar fotografías generales y de detalle de los paisajes, afloramientos y demás recursos, referenciándolas en la libreta.
10. Llevar ropa y calzado cómodo, que protejan de las inclemencias meteorológicas. Llevar agua potable y crema solar, si fuera necesario.

ANEXO XIII

CUESTIONARIO UTILIZADO EN LA EVALUACIÓN Y PLANTILLA DE EXAMEN

NOMBRE COMPLETO _____ CURSO _____

Nacimiento: Lugar _____ Fecha 19 ____ N° de hermanos _____

Subraya la importancia que le otorgas a las Ciencias Geológicas en tu vida diaria:
Ninguna / Poca / Normal / Mucha / Extraordinaria

Indica otras materias o disciplinas que consideres importantes para aprender Geología:

¿Crees que aprenderías más sobre Geología en museos o en excursiones por el campo?
Nada/Poco/Bastante/Muchísimo ¿Sería mejor hacer esas visitas con tu profesor/a? Sí / No

Enumera un monumento natural y un monumento histórico-artístico en Extremadura:

¿Los has visitado? No / Sí ¿Has ido con un/a profesor/a? Sí / No

Indica qué itinerario es más antiguo: Calzada Romana de la Plata / Camino de Santiago

¿Cuál es la ciudad al final del Camino de Santiago? _____

¿Crees que se puede aprender Geología observando un monumento (iglesia, castillo...)?
Nada/Poco/Bastante/Muchísimo

Subraya los conceptos que tienen que ver con “patrimonio natural e histórico-artístico”: Abuelos/
Alegria/ Campo/ Común/ Cultura / Dinero/ Fósil/ Inútil/Ley / Museo/ Profesor/ Vigilancia /Yacimiento

¿Consideras necesario preservar el patrimonio? Nada/Poco/Bastante/Muchísimo

¿Has visitado el Geoparque Villuercas-Ibores-Jara? No / Sí ¿Con el profesor/a? No / Sí

¿Sabes lo que es el GEOLOGIA? No / Sí ¿Fuiste con tus padres? Sí / No ¿Te gustó? Sí / No

La Olimpiada de Geología es una prueba que se celebra anualmente a nivel regional, nacional e internacional. ¿Te gustaría participar alguna vez en la Olimpiada de Geología? No / Sí ¿Qué resultado crees que obtendrías? Suspenso / Aprobado / Notable / Sobresaliente

¿Has visitado algún museo de geología con tus padres o profesores? No / Sí

¿A cuál? _____ ¿Sabes dónde está el Museo Geominero? _____

¿Qué tipo de documentales sobre geología sueles ver?

Ninguno/Terremotos/Volcanes/Evolución de la vida/Dinosaurios/Minería/Otros

¿Opinas que coinciden con lo que contaba tu profesor/a en clase? Nada/Poco/Bastante/Muchísimo

¿Te suelen ayudar tus padres a la hora de realizar los deberes o los trabajos de clase? Sí / No

Subraya las aplicaciones móviles que sirvan para hacer tus trabajos de Geología: Minecraft / MetalDetector / GoldMineStrike / ModelMountain / GeoTime / Earthquake! / Compass/UlysseGizmos / mVPMforMineralsAndRocks / GeoVIJ / Geocaching / GalileoMaps / MastersOfElements / PokémonGoGeoradar / Cuarzo / Geology / Geoparque

¡GRACIAS POR TU COLABORACIÓN!

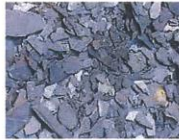
1.- Las rocas están formadas por agregados minerales. En el siguiente listado hay tres rocas y un único mineral. Señala el mineral.

- Feldespato
- Lutita
- Granito
- Esquisto



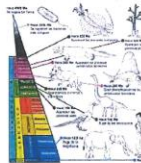
2.- Las rocas pueden transformarse debido a cambios de temperatura y presión. A eso se denomina "metamorfismo". Indica en este listado cuál es la roca metamórfica.

- Conglomerado
- Caliza
- Granito
- Pizarra



3.- El tiempo geológico se divide en unidades de distinta duración, llamadas eones, eras y periodos. Señala la frase correcta:

- Extremadura ya existía hace 4500 millones de años
- La mayor parte del carbón mundial se formó en el Precámbrico
- El Mesozoico suele denominarse "Era de los Dinosaurios"
- Los trilobites son muy abundantes en la actualidad



4.- El granito es muy abundante en Extremadura. Quintana de la Serena es una localidad famosa por sus canteras. El granito se forma

- Lentamente en las cuencas sedimentarias
- De un magma por enfriamiento en la superficie
- De otras rocas por fuertes presiones
- De un magma por enfriamiento lento en profundidad



5.- En la construcción de los monumentos antiguos de Extremadura se han utilizado diferentes tipos de rocas. Normalmente dichas rocas...

- Proceden de los alrededores, labradas por canteros
- Proviene de otras regiones de Europa, labradas por canteros
- Se han fabricado en polígonos industriales
- Se traen en barco desde China



6.- Recordemos que los fósiles son restos petrificados de seres vivos, generalmente de sus partes duras (huesos, caparazones, etc.) o de su actividad (huellas). De la siguiente lista señala el fósil.

- Arenisca
- Esquisto
- Granito
- Trilobites



7.- Las fallas son fracturas con desplazamiento de los bloques resultantes. Señala en el siguiente listado cómo se denomina la falla causada por esfuerzos de distensión.

- Blanda
- Directa o normal
- Inversa
- Punto Cero



8.- Como sabes, la Tierra suele dividirse en varias capas concéntricas (Corteza, Manto y Núcleo). El núcleo está dividido a su vez en dos capas (núcleo externo y núcleo interno). El núcleo interno es...

- Como el núcleo externo
- Gaseoso
- Líquido
- Sólido



9.- En la Cueva de Castañar de Ibor, en el Geoparque Villuercas-Ibores-Jara, hay numerosas formas cársticas. Señala en el siguiente listado cuál de ellas es una forma cárstica:

- Anhidrita
- Estalactita
- Hormigón
- Nivel freático



10.- ¿Qué procesos debidos a la acción humana crees que pueden intervenir en el modelado de la superficie terrestre?

- Erosión
- Transporte
- Sedimentación
- Todos los anteriores



11.- Las rocas calizas están compuestas fundamentalmente de carbonato cálcico. Indica un producto de uso muy común en la construcción y que se obtiene de la caliza.

- Acero
- Cal
- Ladrillos
- Tejas



12.- ¿Qué indica la aguja imantada de las brújulas?

- La coordenada
- La leyenda
- El norte magnético
- La ruta a seguir hacia el oeste



13.- La provincia de Badajoz se caracteriza por tener abundantes yacimientos minerales metálicos, como los enumerados a continuación. Indica de cuál de los siguientes minerales se obtiene el hierro.

- Cuarzo
- Feldespato
- Magnetita
- Mica



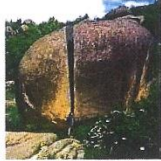
14.- ¿Cuál es el principal material utilizado en los monumentos romanos existentes en Extremadura?

- Cemento
- Cuarzo
- Granito
- Ladrillo



15.- Las rocas en la naturaleza se alteran por meteorización física, química y/o biológica. ¿Qué agente de los señalados a continuación crees que puede intervenir en el deterioro de las rocas con las que se construyen los monumentos?

- El agua de lluvia
- El hielo
- El viento
- Todos los anteriores



16.- El Sistema Solar tiene unos 15.000 millones de años. ¿Sabrías decir cuántos años tiene la Tierra?

- 5 millones de años
- 670 millones de años
- 1670 millones de años
- 4500 millones de años



17.- Si los granitos se han formado en profundidad, ¿por qué los vemos en la superficie, como ocurre por ejemplo en Los Barruecos?

- Debido a que alguien los ha colocado allí
- Porque son rocas sedimentarias
- Porque la erosión ha hecho desaparecer las rocas que los cubrían
- Porque son menos densos que las rocas de alrededor



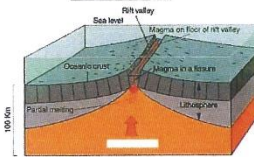
18.- Los minerales más frecuentes en la corteza terrestre son:

- Carbonatos
- Óxidos
- Silicatos
- Sulfuros.



19.- La roca más abundante en la corteza oceánica es:

- Basalto
- Conglomerado
- Granito
- Arcilla



20.- Las extinciones masivas de organismos se pueden explicar por:

- Cambios climáticos
- Caídas de asteroides
- Cambios bruscos en la composición del agua del mar
- Los tres procesos anteriores





NOMBRE COMPLETO _____ Curso y grupo _____

¿Has participado en la salida fuera del aula?

Sí No

Localidad de nacimiento: _____ Fecha de nacimiento __/__/__ N° de hermanos _____

Subraya la importancia que otorgas a la geología en tu vida diaria:

Ninguna Poca Normal Bastante Mucha

Qué otras disciplinas o materias crees que son importantes para enseñar y/o aprender Geología:

Señala cuánto aprenderías sobre geología en los siguientes ambientes (marca sólo una "X" por cada ambiente):

AMBIENTE DE APRENDIZAJE	Mucho	Bastante	Normal	Poco	Nada
Clase práctica en el laboratorio					
Clase teórica en el aula					
Conferencia o similar					
Excursiones por el campo					
Excursiones por la ciudad					
Museos de ciencias					

Indica un monumento natural de Extremadura: _____

Indica un monumento arqueológico de Extremadura: _____

Indica un monumento histórico-artístico de Extremadura: _____

Señala cuál de estos dos es el itinerario más antiguo:

Calzada Romana de la Plata Camino de Santiago

¿A qué distancia están de tu centro educativo tanto la Calzada como el Camino?

Muy cerca Cerca No lo sé Lejos Muy lejos

Escribe tres conceptos que tengan que ver con el patrimonio (histórico-artístico, natural o de otro tipo):

1: _____ 2: _____ 3: _____

¿Consideras necesario preservar el patrimonio?

Nada Poca Normal Bastante Mucho

¿Sería conveniente realizar las salidas fuera del aula con tu profesor/a?

Nada Poca Normal Bastante Mucho

PLANTILLA DE RESPUESTAS AL CUESTIONARIO DE CONOCIMIENTOS

PREGUNTA	RESPUESTAS POSIBLES (ELEGIR UNA)			
1	a	b	c	d
2	a	b	c	d
3	a	b	c	d
4	a	b	c	d
5	a	b	c	d
6	a	b	c	d
7	a	b	c	d
8	a	b	c	d
9	a	b	c	d
10	a	b	c	d
11	a	b	c	d
12	a	b	c	d
13	a	b	c	d
14	a	b	c	d
15	a	b	c	d
16	a	b	c	d
17	a	b	c	d
18	a	b	c	d
19	a	b	c	d
20	a	b	c	d

ANEXO XIV

ITINERARIOS REALIZADOS

IES Maestro Juan Calero (Monesterio)



IES Alba Plata (Fuente de Cantos)



IES Suárez de Figueroa (Zafra)



IES Doctor Fernández Santana (Los Santos de Maimona)



IES Santiago Apóstol (Almendralejo)



IES Albarregas (Mérida)



IES Sierra de Montánchez (Montánchez)



IES Santa Lucía de Trampal (Alcuéscar)



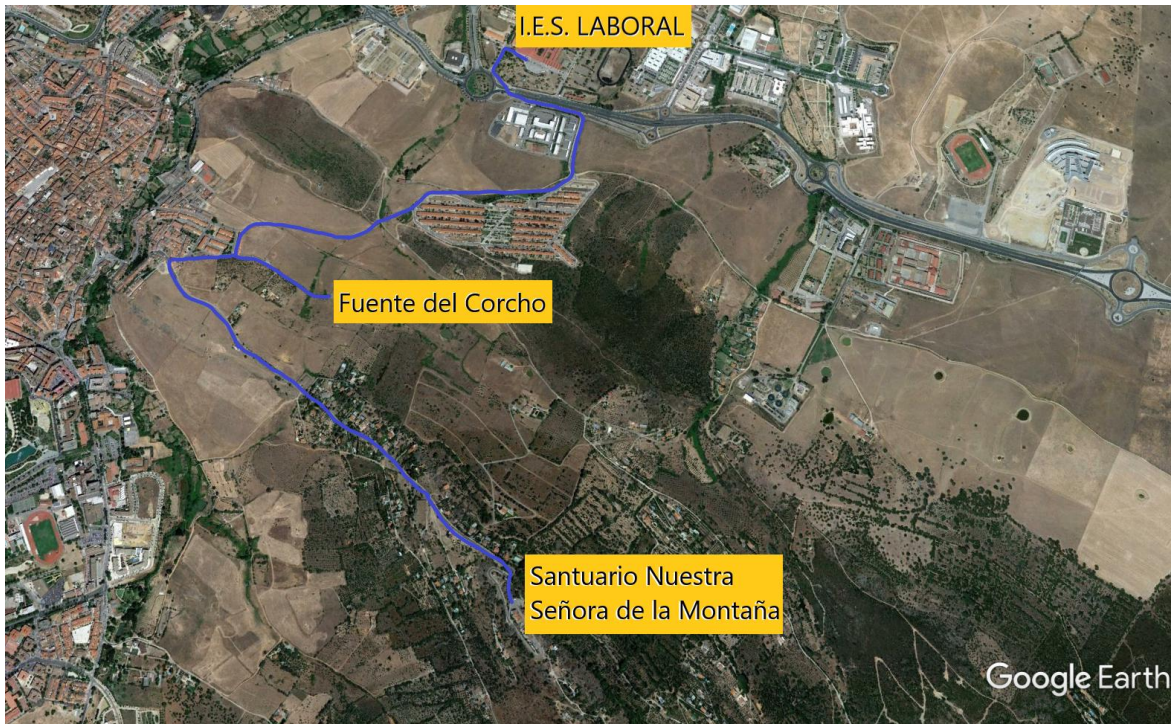
IES Al-Qazeres (Cáceres)



IES Javier García Téllez (Cáceres)



IES Laboral (Cáceres)



IES Norba Caesarina (Cáceres)



IES El Brocense (Cáceres)



IESO Vía de la Plata (Casar de Cáceres)



IESO Alconétar (Garrovillas de Alconétar)



IESO Galisteo (Galisteo)



IES Gabriel y Galán (Plasencia)



IESO Cáparra (Zarza de Granadilla)



IES Valle del Ambroz (Hervás)



ANEXO XV

TABLAS CON RESULTADOS ESTADÍSTICOS (SALIDAS DESDE SPSS)

Tabla I. Alumnos por género, curso y centro educativo.

Alumnos por género, curso y centro educativo. Valores absolutos.									
Centro	Masculino		Femenino		Totales parciales y global				
	3°	4°	3°	4°	Total masculino	Total Femenino	Total 3°	Total 4°	Total
2	18	9	15	19	27	34	33	28	61
3	0	30	0	10	30	10	0	40	40
4	0	8	0	17	8	17	0	25	25
5	11	3	14	6	14	20	25	9	34
6	0	5	0	4	5	4	0	9	9
8	7	0	12	0	7	12	19	0	19
9	5	13	13	12	18	25	18	25	43
10	14	7	22	4	21	26	36	11	47
11	0	6	0	11	6	11	0	17	17
12	18	14	18	15	32	33	36	29	65
13	24	16	23	16	40	39	47	32	79
14	13	12	17	8	25	25	30	20	50
15	23	8	19	16	31	35	42	24	66
16	0	19	0	8	19	8	0	27	27
17	7	7	3	9	14	12	10	16	26
18	0	20	0	15	20	15	0	35	35
19	9	22	8	17	31	25	17	39	56
20	0	9	0	9	9	9	0	18	18
21	0	4	0	6	4	6	0	10	10
Totales					361	366	313	414	727

Tabla II. Alumnos por género, curso y centro educativo (porcentajes)

Centros educativos	Porcentajes sobre total				
	% Masculino	% Femenino	% 3º	% 4º	% Total
IES Alba Plata	8,31%	2,73%	0,00%	9,66%	5,50%
IES Albarregas	2,22%	4,64%	0,00%	6,04%	3,44%
IES Alconétar	3,88%	5,46%	7,99%	2,17%	4,68%
IES <i>Al-Qazeres</i>	7,48%	9,29%	10,54%	6,76%	8,39%
IES El Brocense	1,94%	3,28%	6,07%	0,00%	2,61%
IES Cáparra	1,39%	1,09%	0,00%	2,17%	1,24%
IES Gabriel y Galán	4,99%	6,83%	5,75%	6,04%	5,91%
IESO Galisteo	5,82%	7,10%	11,50%	2,66%	6,46%
IES Javier García Téllez	1,66%	3,01%	0,00%	4,11%	2,34%
IES Maestro Juan Calero	8,86%	9,02%	11,50%	7,00%	8,94%
IES Meléndez Valdés	11,08%	10,66%	15,02%	7,73%	10,87%
IES Universidad Laboral	8,59%	6,83%	5,43%	9,42%	7,70%
IES <i>Norba Caesarina</i>	6,93%	6,83%	9,58%	4,83%	6,88%
IES Santa Lucía del Trampal	8,59%	9,56%	13,42%	5,80%	9,08%
IES Santiago Apóstol	5,26%	2,19%	0,00%	6,52%	3,71%
IES Sierra de Montanech	3,88%	3,28%	3,19%	3,86%	3,58%
IES Suárez de Figueroa	5,54%	4,10%	0,00%	8,45%	4,81%
IES Valle de Ambroz	2,49%	2,46%	0,00%	4,35%	2,48%
IES Vía de la Plata	1,11%	1,64%	0,00%	2,42%	1,38%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Tabla III. Alumnos aprobados y suspensos. Clasificación por curso y género. Pre-test. Valores absolutos.

Alumnos aprobados y suspensos. Clasificación por curso y género. Pre-test. Valores absolutos. 2017

Sexo	Masculino		Femenino		T. 3º	T. 4º	T. Masculino	T. Femenino	Total
	3º	4º	3º	4º					
Suspense	47	37	60	54	107	91	84	114	198
Aprobado	102	175	104	148	206	323	277	252	529
Total	149	212	164	202	313	414	361	366	727

Tabla IV. Alumnos por nivel de calificación. Clasificación por curso y género. Pre-test. Valores absolutos.

Alumnos por nivel de calificación. Clasificación por curso y género. Pre-test. Valores absolutos.

Sexo	Masculino		Femenino		T. 3º	T. 4º	T. Masculino	T. Femenino	Total
	3º	4º	3º	4º					
Suspense	47	37	60	54	107	91	84	114	198
Aprobado	102	46	37	52	139	98	148	89	237
Bien	0	60	41	57	41	117	60	98	158
Notable bajo	0	43	16	24	16	67	43	40	83
Notable alto	0	26	10	11	10	37	26	21	47
Sobresaliente	0	0	0	4	0	4	0	4	4
Total	149	212	164	202	313	414	361	366	727

Tabla V. Alumnos aprobados y suspensos. Clasificación por curso y género. Pre-test. Porcentajes sobre total.

Alumnos aprobados y suspensos. Clasificación por curso y género. Pre-test. Porcentajes sobre total.									
Sexo	Masculino		Femenino		Total 3°	Total 4°	Total Masculino	Total Femenino	Total
	3°	4°	3°	4°					
Suspense	31,54%	17,45%	36,59%	26,73%	34,19%	21,98%	23,27%	31,15%	27,24%
Aprobado	68,46%	82,55%	63,41%	73,27%	65,81%	78,02%	76,73%	68,85%	72,76%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tabla VI. Alumnos nivel de calificación. Clasificación por curso y género. Pre-test. Porcentajes sobre total.

Alumnos nivel de calificación. Clasificación por curso y género. Pre-test. Porcentajes sobre total. 2017									
Sexo	Masculino		Femenino		Total 3°	Total 4°	Total Masculino	Total Femenino	Total
	3°	4°	3°	4°					
Suspense	31,54%	17,45%	36,59%	26,73%	34,19%	21,98%	23,27%	31,15%	27,24%
Aprobado	68,46%	21,70%	22,56%	25,74%	44,41%	23,67%	41,00%	24,32%	32,60%
Bien	0,00%	28,30%	25,00%	28,22%	13,10%	28,26%	16,62%	26,78%	21,73%
Notable bajo	0,00%	20,28%	9,76%	11,88%	5,11%	16,18%	11,91%	10,93%	11,42%
Notable alto	0,00%	12,26%	6,10%	5,45%	3,19%	8,94%	7,20%	5,74%	6,46%
Sobresaliente	0,00%	0,00%	0,00%	1,98%	0,00%	0,97%	0,00%	1,09%	0,55%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tabla VII. Resultados de pre-test y post-test, según Aprobado/Suspense. Desglose por género y curso. Valores absolutos.

Aprobado /Suspense	Pre-test		Post-test	Pre-test				Post-test		Total pre-test	Total post-test
	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino	3°	4°	3°	4°			
Suspense	89	54	79	62	79	64	78	63	143	141	
Aprobado	197	214	207	206	186	225	187	226	411	413	
Total	286	268	286	268	265	289	265	289	554	554	

Tabla VIII. Resultados de pre-test y post-test, por nivel de calificación. Desglose por género y curso. Valores absolutos.

Nivel de calificación	Pre-test		Post-test		Pre-test		Post-test		Total pre-test	Total post-test
	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino	3°	4°	3°	4°		
Suspense	89	54	79	62	79	64	78	63	143	141
Aprobado	65	57	47	42	60	62	30	59	122	89
Bien	77	79	50	51	74	82	49	52	156	101
Notable bajo	30	51	50	48	33	48	45	53	81	98
Notable alto	21	27	58	60	19	29	61	57	48	118
Sobresaliente	4	0	2	5	0	4	2	5	4	7
Total	286	268	286	268	265	289	265	289	554	554

Tabla IX. Resultados de pre-test y post-test Aprobado/Suspenso y nivel de calificación. Desglose por género y curso. Porcentaje sobre total.

Aprobado/ Suspenso	Pre-test		Post-test		Total Pre-test	Total post-test	Pre-test		Post-test		Total Pre-test	Total post-test
	Fem.	Mas.	Fem.	Masc.			3°	4°	3°	4°		
Suspenso	62,24%	37,76%	55,24%	43,36%	25,81%	25,45%	55,24%	44,76%	54,55%	44,06%	25,81%	25,45%
Aprobado	47,93%	52,07%	50,36%	50,12%	74,19%	74,55%	45,26%	54,74%	45,50%	54,99%	74,19%	74,55%
Nivel de calif.	Pre-test		Post-test		Total	Total	Pre-test		Post-test		Total pre-test	Total post-test
	Fem.	Masc.	Fem.	Masc.			3°	4°	3°	4°		
Suspenso	62,24%	37,76%	56,03%	43,97%	25,81%	11,19%	55,24%	44,76%	55,32%	44,68%	25,81%	25,45%
Aprobado	53,28%	46,72%	52,81%	47,19%	22,02%	7,58%	49,18%	50,82%	33,71%	66,29%	22,02%	16,06%
Bien	49,36%	50,64%	49,50%	50,50%	28,16%	9,21%	47,44%	52,56%	48,51%	51,49%	28,16%	18,23%
Notable bajo	37,04%	62,96%	51,02%	48,98%	14,62%	8,66%	40,74%	59,26%	45,92%	54,08%	14,62%	17,69%
Notable alto	43,75%	56,25%	49,15%	50,85%	8,66%	10,83%	39,58%	60,42%	51,69%	48,31%	8,66%	21,30%
Sobresaliente	100%	0,00%	28,57%	71,43%	0,72%	0,90%	0,00%	100%	28,57%	71,43%	0,72%	1,26%

Tabla X. Aprobado/suspenso y nivel de calificación del grupo de control en el pre-test. Porcentajes.

Aprobado/Suspenso	Masculino	Femenino	3°	4°
Aprobado	77,30%	70,80%	76,50%	72,40%
Suspenso	22,70%	29,20%	23,50%	27,60%

Tabla XI. Aprobado/suspenso y nivel de calificación del grupo de control en el pre-test. Porcentajes.

Nivel de calificación	Porcentaje
Suspenso	26,10%
Aprobado	28,30%
Bien	34,80%
Notable bajo	8,70%
Notable alto	2,20%

Tabla XII. Clasificación por género, curso y aprobado/suspenso. Grupo de control.

Masculino	Femenino
47,83%	52,17%
3°	4°
36,96%	64,04%
Suspenso	Aprobado
26,09%	73,91%

Tabla XIII. Suspense/aprobado y nivel de calificación del grupo de control global y por género y curso. Valores absolutos y porcentajes.

Calificación	Valores		%					
	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test				
Suspense	12	2	27,91%	4,65%				
Aprobado	31	41	72,09%	95,35%				
Total	43	43	100,00%	100,00%				
Nivel de calificación	Masculino	Femenino	3°	4°				
Suspense	22,70%	29,20%	23,50%	27,60%				
Aprobado	31,80%	25,00%	35,30%	24,10%				
Bien	27,30%	41,70%	35,30%	34,50%				
Notable bajo	13,60%	4,20%	0,00%	13,80%				
Notable alto	4,50%	0,00%	5,90%	0,00%				
Calificación	Sexo		Curso		%		%	
	Femenino	Masculino	3°	4°	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test
Suspense	1	1	2	0	2,33%	2,33%	13,33%	0,00%
Aprobado	21	20	13	28	48,84%	46,51%	86,67%	100,00%
Total	22	21	15	28	51,16%	48,84%	100,00%	100,00%

Tabla XIV. Suspense/aprobado y nivel de calificación del grupo de control 1^{er} cuartil y por género y curso. Valores absolutos y porcentajes.

Apro/Sus	Pre-test		Post-test		Total pre-test	Total post-test	Total 3°	Total 4°
	3°	4°	3°	4°				
Suspense	80	64	51	23	144	115	131	87
Aprobado	5	1	34	42	6	35	39	43
Total	85	65	85	65	150	150	170	130
Nivel de calificación	Pre-test		Post-test		Total pre-test	Total post-test		
	3°	4°	3°	4°				
Suspense	80	64	51	23	144	115		
Aprobado	5	1	15	13	6	16		
Bien	0	0	8	15	0	8		
Notable bajo	0	0	5	11	0	5		
Notable alto	0	0	6	3	0	6		
Sobresaliente	0	0	0	0	0	0		
Total	85	65	85	65	150	150		
Apro/Sus	Pre-test		Post-test		Total pre-test	Total post-test	Total 3°	Total 4°
	3°	4°	3°	4°				
Suspense	94,12%	98,46%	60,00%	35,38%	96,00%	76,67%	43,67%	66,92%
Aprobado	5,88%	1,54%	40,00%	64,62%	4,00%	23,33%	22,94%	33,08%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	56,67%	43,33%
Nivel de calificación	Pre-test		Post-test		Total pre-test	Total post-test		
	3°	4°	3°	4°				
Suspense	94,12%	98,46%	60,00%	35,38%	96,00%	76,67%		
Aprobado	5,88%	1,54%	17,65%	20,00%	4,00%	10,67%		
Bien	0,00%	0,00%	9,41%	23,08%	0,00%	5,33%		
Notable bajo	0,00%	0,00%	5,88%	16,92%	0,00%	3,33%		
Notable alto	0,00%	0,00%	7,06%	4,62%	0,00%	4,00%		
Sobresaliente	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%		
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%		

Tabla XV. Suspenso/aprobado y nivel de calificación del grupo de control 3^{er} cuartil y por género y curso. Valores absolutos y porcentajes.

Apro/Sus	Pre-test		Post-test		Total pre-test	Total post-test	Total 3°	Total 4°
	3°	4°	3°	4°				
Suspenso	0	0	4	8	0	4	4	8
Aprobado	55	95	51	87	150	146	106	182
Total	55	95	55	95	150	150	110	190
Nivel de calificación	Pre-test		Post-test		Total pre-test	Total post-test		
	3°	4°	3°	4°				
Suspenso	0	0	4	8	0	4		
Aprobado	0	0	6	6	0	6		
Bien	3	14	6	17	17	20		
Notable bajo	33	48	10	18	81	58		
Notable alto	19	29	29	40	48	58		
Sobresaliente	0	4	0	6	4	4		
Total	55	95	55	95	150	150		
Nivel de calificación	Pre-test		Post-test		Total pre-test	Total post-test		
	3°	4°	3°	4°				
Suspenso	0,00%	0,00%	7,27%	8,42%	0,00%	2,67%		
Aprobado	0,00%	0,00%	10,91%	6,32%	0,00%	4,00%		
Bien	5,45%	14,74%	10,91%	17,89%	11,33%	13,33%		
Notable bajo	60,00%	50,53%	18,18%	18,95%	54,00%	38,67%		
Notable alto	34,55%	30,53%	52,73%	42,11%	32,00%	38,67%		
Sobresaliente	0,00%	4,21%	0,00%	6,32%	2,67%	2,67%		
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%		