

# APROVECHAMIENTOS DE LOS RECURSOS VOLCÁNICOS EN EL CAMPO DE CALATRAVA

Estela Escobar Iahoz



Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN</b> .....	1
INTRODUCCIÓN.....	4
1.-JUSTIFICACIÓN.....	6
<b>CAPITULO 1. ANTECEDENTES Y ESTUDIOS PREVIOS SOBRE EL CAMPO DE CALATRAVA</b> .....	9
1.1. El volcanismo en el Campo de Calatrava .....	9
1.1.1. Introducción.....	9
1.2. Trabajos previos en el estudio del fenómeno volcánico en el Campo de Calatrava.....	10
1.3. Estudios sobre el uso y explotación del material volcánico.....	18
<b>CAPITULO 2. OBJETIVO Y METODOLOGÍA DE TRABAJO</b>	
2.1. Introducción .....	22
2.2. Objetivo .....	22
2.3. Metodología .....	24
<b>CAPITULO 3. MARCO DE ESTUDIO: LA REGION VOLCÁNICA DEL CAMPO DE CALATRAVA</b> .....	30
3. MARCO DE ESTUDIO .....	31
3.1. Introducción .....	31
3.2. Criterios de delimitación .....	31
3.3. Caracteres definitorios del Campo de Calatrava. Contexto geológico y geomorfológico ....	39
3.3.1. Topografía .....	40
3.3.2. Litoestratigrafía .....	41
3.3.2.1. El roquedo paleozoico. Materiales del zócalo hercínico .....	42
3.3.2.2. Las cuencas de sedimentación .....	44
3.3.2.3. Las rocas volcánicas predominantes .....	47
3.3.3. Organización estructural .....	52
3.3.4. El clima .....	55
3.4. La región volcánica del Campo de Calatrava .....	59
3.4.1. Génesis del volcanismo .....	60
3.4.2. Distribución .....	63
3.4.3. Edad .....	65
3.4.4. Dinámicas eruptivas, morfología y estructura .....	67
3.4.5. Emisiones de gases, hervideros y/o manantiales termales .....	72
3.4.5.1. Actuales evidencias de anomalías térmicas generales en el volcanismo calatravo..	75
<b>CAPITULO 4. APROXIMACIÓN A LA CARACTERIZACIÓN DE LAS ROCAS ÍGNEAS</b> .....	84
4.1. Caracterización de las rocas ígneas .....	86
4.1.1. Clasificación de las rocas magmáticas .....	87
4.1.2. Composición mineralógica .....	89
4.1.3. Textura .....	91
4.1.3.1. Grado de cristalización .....	87
4.1.3.2. Disposición y tamaño de los cristales .....	91
4.1.3.3. Distribución y tamaño de los cristales .....	92
4.1.3.4. Composición mineralógica .....	93
4.2. las rocas volcánicas .....	97
4.2.1. Tipos de magmas y rocas volcánicas .....	99
4.2.2. Aprovechamiento del basalto .....	104

4.3. Diversos ejemplos de la utilización de las rocas volcánicas .....	106
4.3.1. El uso de las rocas volcánicas en las Islas Canarias .....	107
4.3.1.2. Aprovechamiento de la toba volcánica .....	111
4.3.2. El uso de las rocas volcánicas en construcción y ornamento en Italia .....	112
4.3.3. Ejemplo de aprovechamiento del material volcánico en Italia: la piedra negra del Etna.....	114
4.3.4. La piedra de Volvic. La lava de Auvernia .....	118
4.3.5. La utilización de la roca volcánica en la cultura mexicana .....	120
<b>CAPITULO 5. APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS VOLCÁNICOS EN EL CAMPO DE CALATRAVA .....</b>	<b>130</b>
5.1. Introducción .....	132
5.2. Utilización del material volcánico.....	132
5.2.1. Aprovechamiento de las rocas volcánicas en el patrimonio historico-artístico.....	135
5.2.2. Aprovechamiento del material volcánico en arquitectura popular .....	149
5.2.3. Otros usos .....	152
5.3. Recursos derivados de la emanación de gases. Uso público de los hervideros o baños.....	152
5.4. Negrizales, meteorización de las coladas y depósitos de piroclastos de caída.....	160
5.5. Explotación de los volcanes como canteras .....	161
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>170</b>

# **INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN**

*"...Con una gran intensidad, constancia e ilusión he recorrido los extensos campos eruptivos de la región central de España...el territorio en el cual se asientan las formaciones volcánicas de Ciudad Real, aparece constituido en su mayor parte por una extensa penillanura...dicho territorio queda limitado hacia el norte y sur por zonas montañosas más o menos quebradas, las cuales aparecen intensamente trastornadas por pliegues y fallas...se aprecia que el territorio ocupado por los fenómenos volcánicos es de gran extensión..."*

Francisco Hernández Pacheco (1932) "La Región Volcánica Central de España"

## **INTRODUCCIÓN**

La elaboración de este Proyecto de Investigación viene justificada por la realización de los Estudios de Tercer Ciclo en la Universidad de Castilla-La Mancha, dentro del Programa de Doctorado: Análisis Territorial y Patrimonio Histórico ofertado por la Facultad de Letras de Ciudad Real (1992-1994). La finalidad de dicho proyecto es la superación de los estudios de doctorado por parte del alumno y, posteriormente, la presentación y defensa del Diploma de Estudios Avanzados (DEA), para la obtención de la suficiencia investigadora.

Partiendo de la base de que el alumno procede de la Licenciatura de Filosofía y Letras (especialidad Geografía), impartida en la Facultad de Letras de la UCLM, se intenta desarrollar una investigación con carácter geográfico sobre un territorio concreto y con una metodología y planteamientos específicos, relacionados con la formación recibida durante la Licenciatura y el Programa de Doctorado. Las bases adquiridas a lo largo de la Licenciatura están relacionadas con el estudio del territorio, tanto desde el punto de vista físico como desde la interacción del Hombre con el medio.

En la realización de este proyecto de investigación ha sido importante, tal y como se ha señalado, la formación recibida por el alumno y el papel desempeñado por la Directora del Proyecto, tanto en la elección del ámbito geográfico de estudio, como en la elección del tema.

La Dra. Elena González Cárdenas, Directora de este proyecto es Profesora Titular del Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio de la UCLM en la Facultad de Letras de Ciudad Real, donde ha desarrollado su labor docente con la impartición, entre otras, de las asignaturas de Geomorfología General y Aplicada y Geomorfología Estructural. Su trayectoria investigadora se caracteriza por la dirección de proyectos de I+D+i, contratos de investigación, participación y organización de reuniones científicas y

congresos a nivel nacional e internacional, cursos, seminarios y jornadas, así como la publicación de numerosos trabajos referidos al estudio del medio físico de la provincia de Ciudad Real y de la región de Castilla-La Mancha en su conjunto y, sobre todo, al análisis geográfico y geomorfológico del relieve de la Región Volcánica del Campo de Calatrava. Todos estos aspectos han contribuido de manera notoria al conocimiento científico de estas morfoestructuras y a su divulgación en todos los ámbitos. Asimismo, ha organizado, como directora, diferentes Jornadas, Cursos y Seminarios de Sostenibilidad Local, de Geografía Física, de Riesgos Naturales y de Geomorfología Volcánica en las Islas Canarias, en las Islas Eólicas (Italia), en el Etna (Sicilia), en el Vesubio y Campos Flégreos (Italia) y en el Campo de Calatrava (Ciudad Real); e igualmente ha participado en otros llevados a cabo en el Eje Neovolcánico Mexicano.

Por tanto, la base formativa del alumno y la formación científica de la directora del proyecto y de la Tesis Doctoral, justifican la elección del área de estudio, los objetivos a alcanzar durante la investigación planteados para afrontar el trabajo y la metodología a emplear para alcanzarlos. El área de estudio: la Región Volcánica del Campo de Calatrava enlaza con la línea de investigación de la directora del proyecto, cuyos trabajos se centran en el estudio geomorfológico de los relieves de esta región volcánica.

Además, este proyecto se enmarca dentro de la labor investigadora que se ha venido desarrollando en torno al sistema volcánico de Calatrava por otros investigadores, procedentes de diversas ramas científicas, lo que sin duda contribuirá al conocimiento científico, a la divulgación y a la puesta en valor de esta región del centro peninsular, muchas veces olvidada por parte de las administraciones públicas y de los propios ciudadanos que la habitan. Algunos de esos autores, por mencionar a los más destacados, son: Hernández-Pacheco (1932), Ancochea Soto (1983), González

Cárdenas (1991, 1992, 1996, 1997, 2001, 2002, 2003, 2005), Crespo Zamorano (1992) Cebriá Gómez (1992), López Ruiz (1992), Poblete Piedrabuena (1995, 2001, 2002), Rincón Calero (1999) Gallardo, J.L., Ancochea, E. y Pérez, A. (2002) y Gallardo Millán (2004).

## 1. JUSTIFICACIÓN

Inicialmente se ha partido de la búsqueda de antecedentes sobre utilización y aprovechamiento de los materiales volcánicos. Indagando exhaustivamente en la bibliografía existente, departamentos de la Administración y empresas privadas relacionadas con la extracción de material volcánico en el Campo de Calatrava, visita a antiguas explotaciones abandonadas y a las que actualmente se encuentran en funcionamiento.

Hemos diferenciado las canteras de explotación de coladas lávicas, destinadas a obtención de adoquines y balasto para trazado ferroviario, de las destinadas a la obtención de zahorra para viales (carreteras y caminos) así como para el ornato de jardinería y elaboración de cemento. Se han separado por tanto las instalaciones denominadas "canteras" de las "minas de piedra Pómez, siendo esta una denominación claramente errónea e interesada ya que en el volcanismo del Campo de Calatrava, por sus características genéticas, no existen los magmas ácidos generadores de este material.

La elección de este tema se basa en la importancia que la extracción de material volcánico ha tenido en la región a lo largo de casi dos siglos. Uno de los primeros trabajos que recogen dicha explotación es la de Francisco Hernández Pacheco en *Estudio de la Región Volcánica Central de España* de 1932 el cual pone en relieve la utilización con fines económicos de los materiales volcánicos del Campo de Calatrava, distinguiendo entre la explotación de las llamadas en la zona "hormigoneras" y las canteras de basalto.

Los hormigones, llamados también "picones" o "carbonillas" hacen referencia a productos sueltos o semisueltos, de grosor mediano y pequeño (lapilli y ceniza) y dispuestos en capas mas o menos horizontales (según la topografía del terreno). Su

aprovechamiento, como ya expuso Hernández Pacheco es variado, desde la construcción de tapias (mezclado con argamasa) a aislantes y abono de las tierras cercanas al Guadiana. Una mayor importancia industrial tiene las "canteras de basalto", explotadas desde tiempos remotos hasta la actualidad. Su utilidad se basaba en la fácil fractura de la roca dando caras planas y su fácil talla. Su empleo en la construcción se limita a mampostería de viviendas de baja calidad, pero sobre todo a adoquines. Actualmente solo se explotan como zahorra para relleno de carreteras y caminos y elaboración de cementos.

El número de personas empleada en las empresas mineras tuvo una cierta importancia a lo largo del siglo XIX y primeras décadas del siglo XX, lo cierto es que en la economía provincial el peso de esta industria extractiva no fue significativo, estando muy por debajo del rendimiento de la minería del Cinabrio y del Carbón. Las coladas se explotaban en virtud de la demanda generada por la apertura de vías de comunicación (carreteras provinciales y del entorno centro-sus peninsular) y pavimentado de calles de núcleos de población de cierta relevancia como Ciudad Real, Puertollano, Valdepeñas e incluso Madrid (Gran Vía).

Otro de los temas que hemos incluido como hecho singular es el uso de los popularmente llamados "hervideros", ya que una de las características de la Región Volcánica del Campo de Calatrava es la presencia de emanaciones de gas, sobre todo CO<sup>2</sup> que en contacto con aguas subterráneas, da lugar a manantiales y fuentes con un fuerte componente gaseoso. Los baños dispersos por toda la zona fueron muy visitados desde finales del siglo XIX a mediados del siglo XX, dada la gran calidad minero-medicinal y repercusión internacional que poseían las aguas (Fig.1)

**Baños y aguas minerales, naturales y radioactivas**  
de  
**Hervideros de Fuensanta (Ciudad Real)**  
premiadas en todas las Exposiciones.  
**Los dos manantiales más ricos y abundantes del mundo.**

Únicas en Europa que curan radicalmente las enfermedades de la matriz y demás propias de la mujer.  
Bebida al pie del manantial de la FUENTE SANTA, cura por completo, como ningunas otras, la DIABETES, como puede comprobarse por recientes curaciones.  
Fonda esmeradamente servida; habitaciones al alcance de todas las fortunas. Comidas del Establecimiento diarios á la estación de Ciudad Real, á las seis de la mañana. Médico Director: Dr. García Muñoz, de Madrid.

**Temperada oficial de 1.º de Junio á 31 de Agosto.**  
Pidanse itinerarios y memorias á los Hijos de Benítez, en Almagro, provincia de Ciudad Real, y en Madrid, oficinas de Publicidad, Jacometrezo, 50, 1.º.

Figura 1.1. Recorte del periódico *El Castellano*  
Toledo 23 de Julio de 1910 nº 365

Relacionándolo con el Proyecto, hemos buscado similitudes en la industria extractiva y el uso de la piedra volcánica en el Campo de Calatrava con los que se dan en otras regiones volcánicas europeas (Francia, Italia...) y americanas, haciendo hincapié en México por la relevancia del uso de las rocas volcánicas (tezontle) en la construcción.

Dedicamos también una parte de nuestro trabajo a comparar el grado de protección del relieve volcánico del Campo de Calatrava, en si mismo, con el de otras áreas volcánicas del territorio nacional (Cabo de Gata, La Garrotxa y Canarias) así como el grado de deterioro paisajístico y de pérdida de edificios en su totalidad o en un alto porcentaje de los mismos.

Dentro del programa de doctorado Análisis Territorial y Patrimonio Histórico, el presente proyecto es un estudio del espacio geográfico del Campo de Calatrava. Espacio Geográfico entendido como la plasmación del paisaje sobre las acciones humanas. Dentro de la perspectiva posibilista, el medio (paisaje volcánico) ha ofrecido al hombre unas condiciones litológicas favorables, susceptibles de explotación, aprovechando todos y cada uno de sus recursos.

El presente Proyecto incluye un inventario que consta en la elaboración de fichas técnicas donde se pone de relieve todos y cada uno de los elementos que hemos analizado y caracterizado, relacionándolo con el entorno más cercano para explicar tanto la modificación del espacio como la repercusión que tiene sobre el hombre.

La población que secularmente se ha asentado en el territorio, ha sufrido continuas fluctuaciones a lo largo de la historia, cuya repercusión se ha dejado notar en el paisaje<sup>1</sup>. "Los edificios de la arquitectura rural se hallan totalmente integrados en el medio físico, sin romper con él. Fácilmente puede comprobarse que los materiales empleados proceden del terreno" (Besó Ros, A. 1993)<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> ÓSCAR JEREZ GARCÍA y LORENZO SÁNCHEZ LÓPEZ (2002): La arquitectura geográfica manchega: recurso y compromiso educativo. UNED. *Espacio, Tiempo y Forma Serie VI, Geografía, t. 15*, págs. 129-145

<sup>2</sup> BESÓ ROS, A. (1993) "Planteamientos Metodológicos para la catalogación y estudio de la arquitectura rural". revista folklore. ed caja España. Valladolid. Tomo XIII (1). nº 146.



# **CAPITULO 1**

## **ANTECEDENTES Y ESTUDIOS PREVIOS SOBRE EL CAMPO DE CALATRAVA**



*"...fuera de los estudios que de estos lugares se estaban haciendo por el Instituto Geológico y Minero de España, y en los cuales yo colaboraba, y de algunos otros trabajos ya publicados hacía tiempo...hechos por Quiroga, Calderón y, más modernamente por González Regueral y finalmente del estudio de Eduardo Hernández-Pacheco, podía decirse que el volcanismo era muy poco conocido..."*

E. Hernández Pacheco. (1932) La Región Volcánica Central de España

## **1.1.- El volcanismo en el Campo de Calatrava**

### **1.1.1.- Introducción.**

En este capítulo se hace una revisión de los antecedentes y estudios previos realizados sobre geomorfología volcánica. Se hará un repaso cronológico de los diferentes trabajos consultados, autor y año, así como de las principales aportaciones de los mismos al conocimiento de los relieves resultantes de la actividad eruptiva.

Nos centraremos también en aquéllos trabajos de carácter geológico y geomorfológico realizados con anterioridad en la Región Volcánica de la España Central (Campo de Calatrava) y que han sido la base para comprender los aspectos que caracterizan esta región que, a pesar de ser muy escasos, se han venido realizando desde finales del Siglo XIX, aunque centrados básicamente en el análisis petrológico y petrográfico de las rocas eruptivas.

En España, los estudios geomorfológicos en regiones volcánicas vendrán de la mano de antiguos viajeros naturalistas desde finales del Siglo XVIII, destacando los trabajos y descripciones paisajísticas del geógrafo y científico *A. V. Humboldt*<sup>3</sup>, durante su visita a la isla de Tenerife a principios del siglo XIX. Los estudios de estos viajeros-científicos han sido tomados como referente para posteriores investigaciones de geomorfología y de volcanología. Esta labor de continuidad se puede apreciar en los trabajos de volcanólogos como Araña y Fúster, geólogos como Hernández-Pacheco y Ancochea Soto y geógrafos como Martínez de Pisón o Romero Ruiz).

---

<sup>3</sup> « *Voyage aux Régions Equinoxiales du Nouveau Continent* » de 1816.

## 1.2. Trabajos previos en el estudio del fenómeno volcánico en el Campo de Calatrava.

La mayoría de los trabajos realizados sobre el volcanismo calatravo se han orientado al estudio de las rocas volcánicas, de la geología, la geodinámica y las alineaciones volcánicas del mismo, dejando en un segundo plano los referidos a la morfología de los edificios eruptivos de esta región. Por tanto, debemos destacar los trabajos que se han llevado a cabo en las dos últimas décadas por parte de geógrafos, como J.L. García Rayego, E. González Cárdenas y M. A. Poblete Piedrabuena, dedicados al estudio geomorfológico del relieve resultante de las erupciones volcánicas en el Campo de Calatrava, y por R.U. Gosálvez Rey y R. Becerra Ramírez, sobre hidrovulcanismo y morfometría de edificios en la región volcánica, respectivamente.



Figura 1.1 Panorámica del Maar de Fuentillejo o La Posadilla y de la laguna emplazada en su interior.

(Autor R. Becerra Ramírez)

### 1.2.1. Estudios clásicos o primeros estudios sobre el volcanismo del Campo de Calatrava

Las primeras referencias del volcanismo calatravo se remontan al Siglo XIX. Autores como A. Maestre (1836, 1844) o Ezquerro del Bayo (1836) realizaron estudios sobre los basaltos de la región de La Mancha, continuados por S. Calderón (1883), F. Quiroga (1880) y D. Cortázar (1880), dedicados a estudiar las rocas volcánicas del Campo de Calatrava desde el punto geológico y geofísico, estableciendo la edad para este volcanismo en el Mioceno.

Ya entrado el siglo XX, los estudios sobre el Volcanismo en España se irán consolidando, aunque no será hasta finales de siglo cuando la Volcanología se afiance como disciplina científica moderna. Estos primeros estudios, que incluyen las rocas volcánicas de Ciudad Real, fueron realizados por S. Calderón (1905), J. R. González Regueral (1920) y E. Hernández-Pacheco (1921, 1928), éste último establece la edad de los volcanes calatravos entre el Plioceno Superior y Pleistoceno Medio.

De la primera mitad del siglo XX destacan los trabajos de F. Hernández-Pacheco *et al.* (1928, 1929, 1932-a) que publicará la memoria explicativa de algunas hojas geológicas del centro de la provincia de Ciudad Real. Pero será la tesis de este autor, titulada "*Estudio de la Región Volcánica Central de España*" (1932), la que le afianzará como uno de los primeros, y más importantes, referentes en el estudio del volcanismo del Campo de Calatrava para investigadores posteriores. En esta obra, Hernández-Pacheco describe la región volcánica desde diferentes puntos de vista, sobre todo geológico y hará un repaso, hoja por hoja de la cartografía geológica, de todos los centros eruptivos conocidos hasta el momento, deteniéndose en detalles como el tipo de materiales que lo construyen, el tipo de erupciones que los originaron e incluso se aventuró a establecer una cronología relativa en base a criterios geomorfológicos (posición de los materiales volcánicos con respecto a depósitos de raña, coladas lávicas que desviaron cauces de río, etc.). Una de sus principales aportaciones es la elaboración de uno de los primeros mapas de distribución de centros de emisión de la región volcánica centro-peninsular.

En la segunda mitad del siglo tenemos los trabajos de C. Peña Pita (1965), E. Ibarrola y J. L. Brandle (1974) centrados en el estudio de las rocas volcánicas. De destacar es el trabajo de E. Molina Ballesteros (1975) dedicados al estudio terciario-cuaternario del Campo de Calatrava, donde analiza y describe las diferentes entidades morfológicas de la región: afloramientos del sustrato hercínico, formaciones neógenas, áreas de acumulación post-miocena y volcanismo. Este autor establece una cronología para el volcanismo de la región entre el Mioceno pre-rusciniense hasta el final del Pleistoceno Inferior, situando las últimas erupciones volcánicas inmediatamente antes de la formación de la terraza +6m del Guadiana. Los estudios gravimétricos de S. Cadavid (1977) plantean un posible adelgazamiento de la corteza en la zona del centro de Ciudad Real.

El final de la década de los setenta y el comienzo de los ochenta los estudios se centran fundamentalmente en la edad del fenómeno volcánico calatravo a través de técnicas de datación absoluta como el *K-Ar*. En esta línea destacan los trabajos emprendidos por E. Ancochea (1979 a-b), E. Ancochea y J. L. Brandle (1981, 1982) y E. Ancochea y E. Ibarrola (1982), que no solo se centran en la datación absoluta de las rocas volcánicas de esta región sino en la determinación del sistema de fracturas y de las alineaciones que guían la construcción del volcanismo del centro peninsular.

El punto de inflexión en los estudios del volcanismo del Campo de Calatrava, será la publicación, en 1983, de la Tesis Doctoral de E. Ancochea Soto, titulada "*Evolución espacial y temporal del volcanismo reciente de España Central*". En este trabajo, el autor realiza diferentes dataciones para la Región Volcánica del Campo de Calatrava estableciendo dos etapas bien diferenciadas: una primera durante el Mioceno Superior (8.7-6.4 M. A.); una 2ª fase que iría desde el Plioceno hasta el Pleistoceno Inferior (4.5-1.5 M.A.); y entre ambas un período de calma volcánica de alrededor de dos millones de años. Asimismo, establece la existencia de una Anomalía Térmica para el centro del Campo de Calatrava y vincula la génesis de su volcanismo con la existencia en la zona de un proceso de *rifting* abortado, que tiene consecuencia un abombamiento y un adelgazamiento de la corteza. Por último, el autor establece el esquema estructural y la distribución de los centros eruptivos en esta región volcánica y sus principales alineaciones.

#### 1.2.2. Estudios recientes sobre el volcanismo calatravo

Tras la primera etapa durante la cual se realizaron las primeras dataciones absolutas de los volcanes calatravos y el establecimiento de las principales alineaciones, se produce un período de aceptación y conformismo con lo ya estudiado. No obstante, los nuevos trabajos encaminados a estudiar esta región continúan y se centrarán, no sólo en el estudio del volcanismo desde el punto de vista geológico y geofísico, sino también en la aparición de primeras investigaciones geográficas sobre la geomorfología de la zona, J. L. García Rayego, E. González Cárdenas y M. A. Poblete Piedrabuena.

Los primeros trabajos de corte geológico-geofísico, aún en la década de los ochenta, se relacionan con el estudio y la interpretación geotectónica y gravimétrica del Campo de Calatrava, planteando la existencia de anomalías gravimétricas y de un

adelgazamiento de la corteza en el centro de la región volcánica, encontrándose su base a menos de 32 km de profundidad, J. F. Bergamín (1986 a-b), J. F. Bergamín y A. Carbo (1986), J. F. Bergamín et al. (1983, 1984).

Entrada la década de los Noventa, los estudios continúan centrándose en el análisis geoquímico de los materiales eruptivos. J. M. Cebriá (1992) en su tesis estudia el quimismo de las rocas volcánicas de la región, para continuar con J. M. Cebriá y J. López Ruíz (1995, 1996), que siguen con la teoría de la existencia de un *Rift* abortado originario del volcanismo de esta región. Otros trabajos se encaminaron al estudio de los yacimientos manganeso-cobaltíferos del Campo de Calatrava con A. Crespo Zamorano (1992).

P. J. Rincón Calero en su tesis *Análisis de la deformación incidente durante el período neotectónico en el antepaís bético (España Central): implicaciones morfoestructurales y origen del volcanismo reciente del Campo de Calatrava (contrastación con otros entornos ígneos)*, de 1999, retoma de nuevo el tema del origen del volcanismo calatravo, rechazando la teoría del *Rift* abortado propuesta por investigadores anteriores. Este autor plantea la existencia de una fusión parcial del manto y el ascenso de magma por la misma en el Campo de Calatrava, continuando así con las ideas propuestas por otros investigadores para el origen del volcanismo centro-peninsular, Rincón Calero (1995) y R. Vegas y P. J. Rincón Calero (1996).

Los trabajos más recientes, J. L. Gallardo Millán (2002, 2004, 2006), R. Vegas et al. (2004, 2006), están encaminados al estudio de la geodinámica de las cuencas sedimentarias neógenas del Campo de Calatrava, su relación con los depósitos volcánicos y las secuencias paleoclimáticas deducidas a partir del análisis de los sedimentos lacustres de algunas lagunas de origen volcánico. Posteriormente (López-Ruiz y Cebriá, 2010) relacionan los magmas del Campo de Calatrava con una gran pluma mantélica que a lo largo del Cenozoico nutre a las regiones integradas en el volcanismo intraplaca europeo.

Mención aparte merecen aquéllos trabajos no encaminados al estudio petrológico y geoquímica de las rocas volcánicas ni al origen del volcanismo de esta región. Nos estamos refiriendo aquí a todos aquéllos estudios con base territorial, que parten de la

perspectiva de la geografía física y se centran en el análisis geomorfológico de esta región volcánica.

Los primeros estudios geomorfológicos realizados sobre Campo de Calatrava y los Montes de Ciudad Real, con el objetivo de analizar su paisaje y elaborar el mapa geomorfológico<sup>4</sup> de las comarcas de Los Montes-Campo de Calatrava, fueron realizados por J. L. García Rayego<sup>5</sup> (1985 a-b, 1993, 1994, 1995), destacando su Tesis Doctoral *“Los paisajes naturales de la Comarca de Los Montes-Campo de Calatrava”* de 1993. En estos trabajos se hace una presentación de dichas comarcas, describiendo detalladamente cada subunidad morfológica y estructural, definiendo finalmente una serie de unidades y paisajes geomorfológicos, entre los cuáles se encuentra delimitado el Campo de Calatrava, en base a esos criterios morfoestructurales y geomorfológicos, y en los que se elabora el mapa geomorfológico de estas comarcas.

Otros trabajos de referencia obligada a la hora de estudiar la geomorfología volcánica en el Campo de Calatrava son los realizados por la geógrafa E. González Cárdenas<sup>6</sup>. A lo largo de su carrera profesional, ha centrado sus investigaciones en el análisis geomorfológico los edificios eruptivos y sus productos volcánicos de esta región volcánica. Destacan sus trabajos en defensa y protección del paisaje volcánico de la provincia de Ciudad Real (1991 a), la elaboración de diversos esquemas geomorfológicos de la región volcánica (1990, 1991 c, 1996 d-e, 1997 b, 1998 b-c, 2000 a-b, 2002 b), sus trabajos relacionados con el estudio del hidromagmatismo calatravo (1992, 2002 a) y las investigaciones morfológicas de diferentes campos volcánicos de la región (1997 a, 2001, 2003, 2005 a-b). De gran importancia han sido también sus trabajos en colaboración con otros investigadores, en publicaciones dedicadas al estudio del relieve de la provincia de Ciudad Real o las dedicadas al estudio de los complejos lagunares y el hidrogmagmatismo del Campo de Calatrava como González Cárdenas y Sánchez González (1990), González Cárdenas y Mur Rioja (1995), González Cárdenas y García Rayego (2001), González Cárdenas y Gosálvez Rey (2004 a-b) (Fig.1.2).

Finalmente, destacar las últimas aportaciones encaminadas a la divulgación del valor paisajístico de esta región volcánica y a estudiar los ambientes paleoclimáticos del

---

<sup>4</sup> Mapa geomorfológico de la Comarca de Los Montes-Campo de Calatrava a escala 1:100.000.

<sup>5</sup> Profesor Titular del Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio de la U. de Castilla-La Mancha.

<sup>6</sup> Profesora Titular del Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio de la U. de Castilla-La Mancha.

Campo de Calatrava, deducidos a partir de nuevas dataciones obtenidas mediante técnicas radiométricas de  $C^{14}$  en restos vegetales encontrados en paleosuelos (fossilizados por depósitos de oleadas piroclásticas). Las nuevas dataciones sitúan la edad de las últimas erupciones del volcán Columba en torno a 5.550 años BP., González Cárdenas *et al.* (1998 a, 2002, 2006 a-b, 2007). Estos últimos trabajos suponen una revisión de la cronología del volcanismo calatravo hecha previamente.

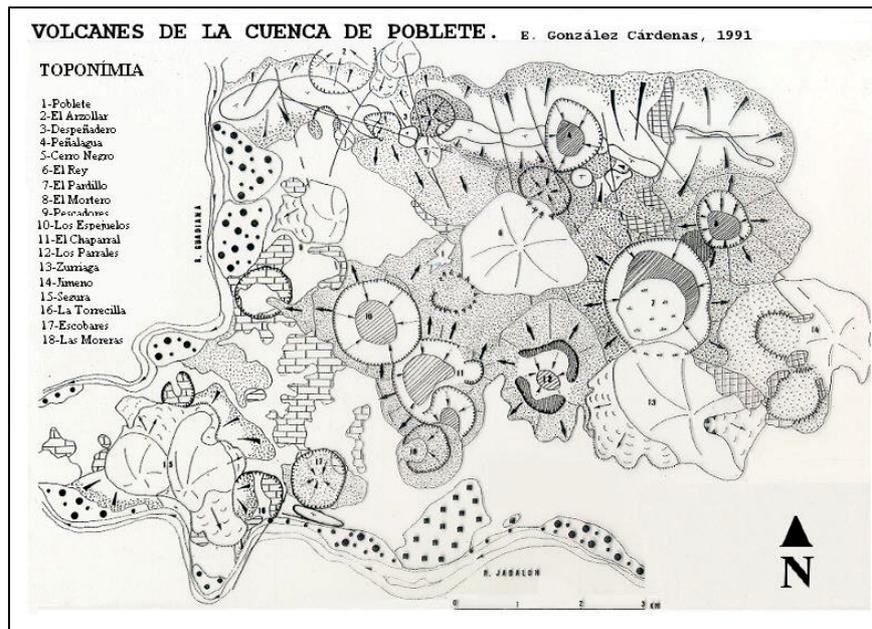


Figura 1.2. Ejemplo de uno de los esquemas geomorfológicos elaborados por E. González Cárdenas (1991).

Otro autor clave, en esta línea geomorfológica, es M. A. Poblete Piedrabuena, convertido en uno de los referentes principales para el estudio del relieve calatravo gracias a su tesis titulada *El relieve volcánico del Campo de Calatrava (Ciudad Real)* de 1995. En este trabajo se estudian los volcanes del centro de la región volcánica, y se define la morfología de los cráteres hidroexplosivos y de los volcanes magmáticos, realizando diferentes esquemas geomorfológicos y bloques interpretativos (fig. 1.3). Las dos principales aportaciones de su estudio están referidas, por un lado al establecimiento de una clasificación para los edificios volcánicos en base a su génesis, dinámicas eruptivas, morfología y materiales expulsados. Y, por otro lado, propone una nueva cronología para el volcanismo del Campo de Calatrava dividiendo las fases eruptivas en cinco etapas volcánicas (EV): Comienzo de las erupciones (8.7 M.A.), EV 1 Mioceno Superior-Plioceno Inferior, EV2 Plioceno Inferior-Plioceno Superior, EV3 Pleistoceno Inferior, EV4-EV5 Pleistoceno Medio-Superior y Finpleistoceno; últimas

erupciones en el Holoceno. Las últimas aportaciones de este autor se refieren a trabajos de geomorfología volcánica de diferentes campos volcánicos de la región como en la Sierra de la Atalaya de Calzada, en el Valle del Ojailén y en el valle medio del Jabalón, Poblete (2002), Poblete y Ruiz (2002, 2004). Las últimas aportaciones de Poblete y Ruiz (2007) establecen el final de las erupciones en el finipleistoceno, en la zona del volcán Columba coincidiendo con González et. al. (2007), que las sitúan en esta fecha y hasta el Holoceno medio, con la salvedad de que Poblete y Ruíz se basarán en criterios geomorfológicos para el establecimiento de estas dataciones relativas.

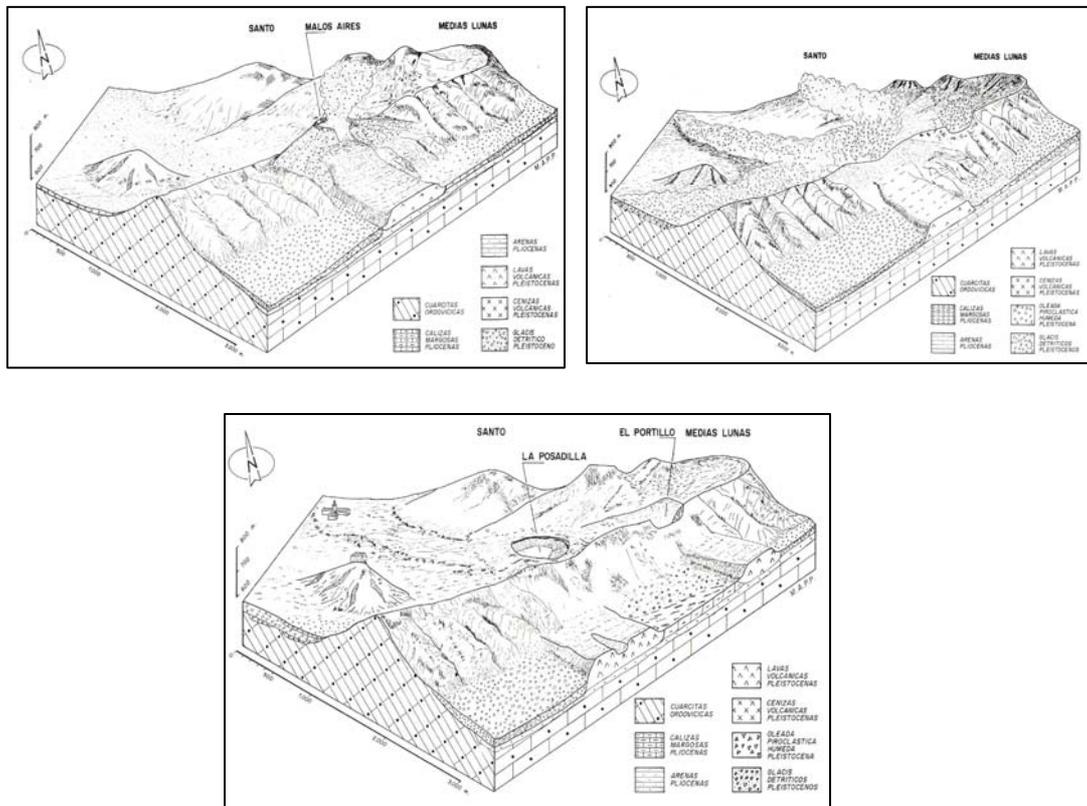


Figura 1.3. Ejemplo de uno de los bloques interpretativos secuenciados de las erupciones del complejo volcánico de la Sierra de Malos Aires. Formación del volcán de La Posadilla o Fuentillejo y del cráter freatomagmático del mismo nombre. Extraído de Poblete (1995).

Son destacables las aportaciones de R. U. Gosálvez Rey<sup>7</sup>, cuyas investigaciones se centran en el estudio de las lagunas presentes en el Campo de Calatrava, emplazadas en cráteres freatomagmáticos, dedica gran parte de su investigación al estudio de la biodiversidad de éstas lagunas, a su delimitación y a hacer un inventario de las mismas (Gosálvez Rey, 2003). Hemos querido incluirlo en esta parte de revisión bibliográfica

<sup>7</sup> Profesor Asociado del Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio de la U. Castilla-La Mancha.

porque, gracias a su trabajo, muchas de las lagunas existentes en el Campo de Calatrava que, anteriormente se les atribuía su origen en cuencas sedimentarias neógenas por disolución cárstica, han sido catalogadas como lagunas volcánicas, ya que se ha demostrado que se ubican en el interior de antiguos cráteres freatomagmáticos colmatados por depósitos lacustres de cientos de miles de años (González et al. De 1998 a 2002).

Finalmente, debemos mencionar los recientes estudios de R. Becerra Ramírez<sup>8</sup> que se han basado en la caracterización de los relieves resultantes tras las erupciones magmáticas básicas en el Campo de Calatrava, siguiendo el modelo aplicado por Dóniz (2009) a los volcanes basálticos monogénicos de la isla de Tenerife. Su estudio tiene una perspectiva geomorfológica y geográfica centrándose en la aplicación de técnicas morfométricas para dicha caracterización. Pretende, pues, utilizar este tipo de técnicas para el estudio de los volcanes calatravos, no sólo como una herramienta válida para caracterizarlos sino, además, para poder establecer una posible cronología relativa y/o definir estadios de degradación de los mismos entendiendo el ambiente climático, la edad, el emplazamiento y el tipo de materiales emitidos.

### 1.3. Estudios sobre el uso y explotación del material volcánico

Pocos son los referentes que tenemos al respecto. Sin embargo, y tras una exhaustiva búsqueda bibliográfica hemos encontrado algunos trabajos que expondremos a continuación.

Indudablemente y en primer lugar, hemos hecho referencia a Francisco Hernández Pacheco, el cual dentro de su *Estudio de la región volcánica central de España* (1932), incorpora un capítulo completo al Empleo y explotación de los materiales eruptivos: *"Los diversos materiales eruptivos que, salpicados y con mayor o menor extensión, recubren a las formaciones geológicas de la región central de la provincia de Ciudad Real, son objeto desde hace ya bastante tiempo, de una intensa explotación. Pero no solo el hombre ha buscado los materiales duros, o sea los constituidos por las coladas basálticas, sino que también ha aprovechado los materiales térreos constituidos por los antiguos mantos de cenizas y lapilli, es decir, por los pequeños materiales eruptivos de*

---

<sup>8</sup> Profesor Ayudante del Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio de la U. Castilla-La Mancha.

*proyección*". Dicho autor no solo diferencia los tipos de materiales y canteras sino que también expone las zonas de mayor explotación y extracción.

En 1976, el I.G.M.E en el *Mapa de Rocas Industriales E. 1:200.000*, para la hoja de Ciudad Real pone en relieve la utilidad de las explotaciones, en este caso, únicamente de basalto, según las características del mismo.

Dentro del Programa LEADER, llevado a cabo por los Centros de Desarrollo Rural (CEDER), en 1993 se llevó a cabo por la EMPRESA NACIONAL ADARO S.A. un *Inventario de recursos no renovables del Campo de Calatrava (Ciudad Real)*. Los objetivos concretos que exponen son la de obtener un conocimiento mas preciso sobre los recursos naturales, tanto de aquellas sustancias que han sido objeto de beneficio en tiempos pasados, como las que actualmente están en explotación.

Sobre los diferentes usos del material volcánico y en especial el basalto, existen varios trabajos y elaboración de tesis donde se exponen que gracias a sus características mineralógicas dicho material es apto para la obtención de fibras de vidrio en la elaboración de material aislante y vitrocerámico: Miguel Cáceres Alvarado (1995), *Obtención de fibras de vidrio a partir de rocas volcánicas canarias y su posible aplicación como material aislante y de refuerzo*; J. A. Rodríguez-Losada y I. Queralt Mitjans (1997) en *Recursos naturales y medio ambiente en el sureste peninsular*, el artículo "Las rocas volcánicas del SE español: posibles aplicaciones en la industria vitrocerámica y petrográfica" y los trabajos recientes sobre sinterización realizados por Anselmo Acosta Echevarría<sup>9</sup> (ir al capítulo 4).

Cabe hacer mención, aunque ligado a estudios en otra zona de la provincia de Ciudad Real, La Mancha, los trabajos realizados por Lorenzo Sánchez<sup>10</sup> y Oscar Jerez, donde ponen de relieve que "*el espacio geográfico, se presenta como resultado de acciones humanas sobre el paisaje en el tiempo, cada tiempo dispone de técnicas diferentes y también de éticas y consecuentemente de estéticas diferenciadas. En la acción sucesiva, temporal sobre el paisaje se superponen las acciones y los resultados materiales y culturales de las mismas, en consecuencia el espacio no puede ser explicado si no es a través del tiempo y esa relación espacio tiempo, da como*

<sup>9</sup> Universidad de Castilla La Mancha. Departamento de Química-Física

<sup>10</sup> Universidad de Castilla La Mancha. E.U. Magisterio Catedrático Departamento Geografía y Ordenación del Territorio

*resultado un patrimonio cultural en cada espacio...” (Sánchez López y Jerez García 2003)<sup>11</sup>*

*“.....por la acción del hombre el territorio se convierte en espacio y a su vez en archivo y patrimonio cultural, fruto de la experiencia humana, pues el fruto de la acción humana queda como imborrable, tan imborrable que es difícil que la obra material de un momento dado, no esté condicionada por una serie de estructuras que el hombre ha dejado sobre ese paisaje y casi siempre con los elementos del propio paisaje”. (Jerez García y Sánchez López 2003)<sup>12</sup>*

A pesar del inconveniente sobre la falta de antecedentes no nos ha impedido realizar el presente Proyecto e incluso, supliendo esta dificultad con numerosas salidas de campo y amplias informaciones sobre el patrimonio histórico de los municipios analizados. Esto ha dado como resultado un mayor estudio y análisis de esta zona, llegando a sorprendernos de algunos de sus resultados.

---

<sup>11</sup> El Patrimonio Geográfico: reflexiones sobre el espacio como archivo, patrimonio y recurso didáctico Congreso: XIV Simposio Internacional de Didáctica de las Ciencias Sociales (2003)

<sup>12</sup> La arquitectura geográfica en el paisaje de La Mancha. I Congresso Internacional de Investigaçao e Desenvolvimento Sócio-cultural, Cabeceiras de Basto, Portugal, 2003



# **CAPITULO 2**

## **OBJETIVO Y METODOLOGÍA DE TRABAJO**



*Las emociones y alegrías naturales que proporcionaban el hallazgo de nuevos tipos de rocas, de afloramientos eruptivos y de aparatos volcánicos aun no conocidos, eran intensas...los alegres amaneceres nos sorprendían ya en pleno trabajo, y los melancólicos crepúsculos, al atardecer, nos hacían, por falta de luz, interrumpir la jornada. ¡Cuántas veces se ha dudado del camino de regreso, desorientados en la serranía al sorprendernos la negra noche!"*

Francisco Hernández Pacheco (1932) La Región Volcánica Central de España

## **2.1. Introducción.**

En este capítulo trataremos las cuestiones básicas sobre las que hemos trabajado en este proyecto de investigación. En primer lugar se plantean los objetivos principales que pretendemos alcanzar, tanto para este estudio como, a largo plazo, para todo el conjunto de volcanes de la región volcánica central de España. Tras establecer estos objetivos, se detallará la metodología empleada en este trabajo (cartografía topográfica, cartografía geológica, fotografía aérea, trabajo de campo, SIG's) con la ficha resultante y recopilatoria de la investigación.

## **2.2.- Objetivo**

El objetivo primordial de este trabajo de investigación es concienciar del vínculo/relación existente entre el hombre y su medio, de las ventajas y beneficios que extrae el ser humano del paisaje más cercano y, por ende, del perjuicio que el entorno sufre por la sobreexplotación de sus recursos. En este nuestro caso, se pretenderá realizar un estudio etnovolcánico de la Región Volcánica del Campo de Calatrava.

Las erupciones volcánicas del centro peninsular, supusieron una importante alteración y modificación de los relieves preexistentes. Alineaciones de serratas de cuarcitas, cuencas de sedimentación terciario-cuaternarias y redes hidrográficas se vieron modificadas tras los paroxismos volcánicos que, con sus formas resultantes,

complementarán la evolución geomorfológica de esta región, muchas veces estos relieves eruptivos se presentan como “postizos” sobre las sierras, rompiendo por completo las alineaciones y cubetas de sedimentación, creando grandes depresiones cratéricas tras eventos hidromagmáticos e incluso desviando el curso de algunos ríos como el del Jabalón. El volcanismo calatravo, muy dilatado en el tiempo (desde el Mioceno Superior hasta el Holoceno Medio), no es sólo un fenómeno puntual que complementa la morfología anterior al mismo sino que, se convierte en una seña de identidad para caracterizar y delimitar a esta región centro-peninsular que rebasa ampliamente los límites administrativos de la comarca del Campo de Calatrava y se extiende desde los Montes de Toledo hasta el Valle de Alcudia, llegando a tocar una parte de La Mancha por su límite este.

Se ha llevado a cabo un exhaustivo trabajo de campo para comprobar qué, cómo y dónde utilizaban, en este caso, los habitantes del Campo de Calatrava la diversidad de productos y manifestaciones volcánicas.

Sabemos que el aprovechamiento de los recursos volcánicos era una práctica habitual desde la época prehistórica, si bien de una manera indirecta (como detallaremos mas adelante Capitulo 5) hasta la actualidad. No aparece como material dominante, ya que según las características geológicas de la región (ver capitulo 3) estamos ante la predominancia de cuarcitas ordovícicas en zonas serranas y calizas en llanuras, pero aparece como seña de identidad no solo en monumentos patrimoniales sino también en viviendas de diversa índole.

Otro hecho singular de esta zona van a ser las *fuentes agrias y hervideros y/o balnearios*, utilizados muchos de ellos desde época romana y cuyo máximo esplendor se alcanzó en las tres primeras décadas del siglo XX, los cuales crearon toda una cultura medicinal por las cualidades mineralógicas de sus aguas, destacables mundialmente por su origen magmático (Escobar, E. González, E. 2010)

Al recopilar toda una serie de elementos tanto patrimoniales como del entorno rural más cercano, otro de los objetivos que queremos marcarnos es la utilización de las fichas elaboradas para la creación de itinerarios didácticos en cualquier ámbito y etapa educativa así como material documentable para rutas turísticas desde iniciativas comarcales y mancomunidades.

Asimismo y completando la investigación sobre la Región Volcánica del Campo de Calatrava que lleva a cabo el Grupo de Investigación GEOVOL<sup>13</sup> sobre hidrovulcanismo y morfometría de los edificios volcánicos, el objetivo a largo plazo del presente proyecto es identificar y justificar la distribución de los núcleos de población en relación con las distintas manifestaciones y recursos volcánicos cercanos, comparándolos con otras zonas del planeta como en México, Italia, Francia (Región de Auvernia) entre otras.

### 2.3.- Metodología

Teniendo en cuenta que el objetivo de este trabajo, es el estudio de la simbiosis entre el hombre y el medio en el entorno volcánico del Campo de Calatrava, la metodología utilizada para tal fin auna los métodos tradicionales sobre el estudio geomorfológico de este tipo de relieves con los históricos-patrimoniales, sobre todo los referentes a archivos municipales, cartas arqueológicas, etc.

La primera tarea a la hora de enfrentarnos con el área de estudio fue la de revisar de forma sistemática toda la bibliografía existente sobre la misma para, tras un primer acercamiento a la zona, tratar de delimitar, localizar e identificar la totalidad de los edificios volcánicos calatravos como todo tipo de manifestaciones (fuentes, hervideros, negrizales, etc). Los primeros trabajos consultados fueron los siguientes: Hernández-Pacheco (1932), Ancochea Soto (1983), González Cárdenas (1991, 1992, 1996, 1997, 2001, 2002, 2003, 2005) y Poblete Piedrabuena (1995, 2001, 2002), que plasmaba de un modo aproximado la distribución espacial de los afloramientos volcánicos calatravos. Tras esta primera revisión, y con ayuda de la cartografía topográfica disponible, se trató de localizar los núcleos de población próxima a dichos afloramientos, consultando aquellas fuentes donde se tenían una primera referencia a dichos municipios u otros núcleos menores: *Las Relaciones Topográficas de Felipe II (siglo XVI)*, *Espejo cristalino de las aguas de España* por el Dr Limón Montero (siglo XVII); *Las Relaciones del Cardenal Lorenzana* (siglo XVIII); *Diccionarios históricos-geográficos-estadísticos* tanto de Pascual Madoz en 1845 como de Hervás y Buendía en 1890, entre los más conocidos, etc.

---

<sup>13</sup> Grupo de investigación Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio UCLM

Bibliografía que no solo se ciñó a las puramente geográficas sino que también tuvimos que indagar en archivos y cartas arqueológicas de la provincia de Ciudad Real para poder ver la dispersión de los monumentos históricos y excavaciones actuales, aprovechando las campañas, y citas que tuvimos in situ como por ejemplo con Helena Romero Salas, arqueóloga responsable junto con Ana Garcés Tarragona del yacimiento de Oreto, Ana Segovia para el caso del Castillo de Calatrava la Nueva y Lorenzo Meseguer responsable de las excavaciones del cerro de La Encantada.

La cartografía topográfica y geológica utilizada en la localización, tanto de los volcanes como de los municipios, ha sido publicada por el IGN (Instituto Geográfico Nacional) y el IGME (Instituto Geológico y Minero de España) a escala 1:50.000<sup>14</sup> y 1:25.000 respectivamente.

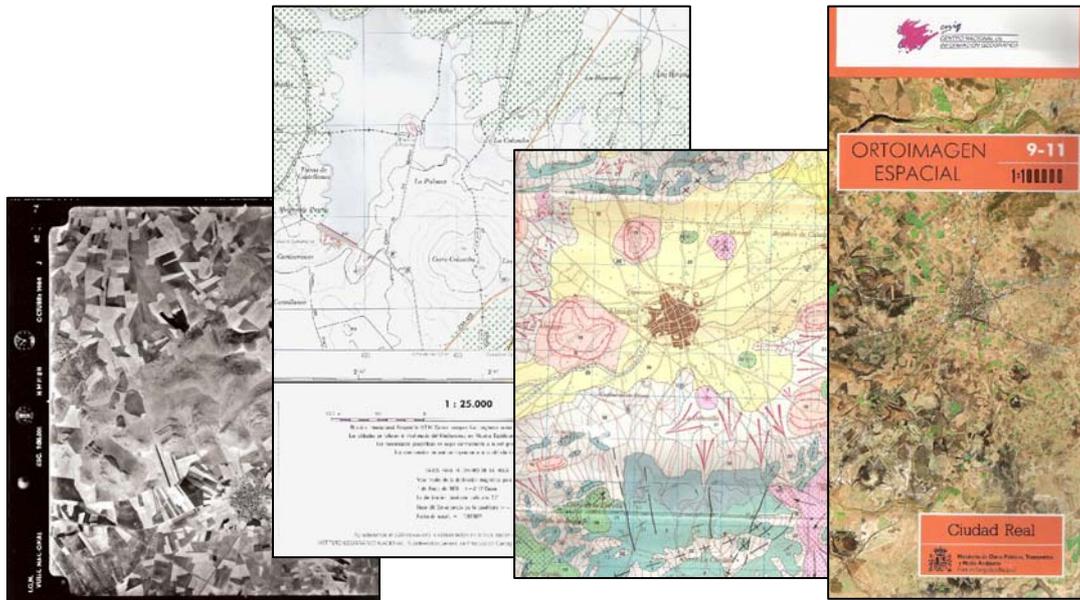


Figura 2.1. Fotografía aérea, cartografía y ortoimagen

La identificación de los volcanes se llevó a cabo a través de fotografía aérea mediante fotointerpretación en el Laboratorio de Geografía Física que el Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio tiene instalado en la Facultad de Letras. Junto a la fotografía aérea y para complementar la información que de ésta se obtiene, se ha trabajado también con la ortoimagen espacial de 1996 publicada por el CNIG (Centro Nacional de Información Geográfica).

<sup>14</sup> Las hojas utilizadas han sido la 759, 760, 784, 785, 810, 811, 835, 836, 860 (con sus respectivas 4 hojas del 1:25.000).

Toda la información obtenida del análisis de la bibliografía, de los mapas geológicos y topográficos, fotointerpretación a través de la fotografía aérea y ortoimagen, archivos históricos-patrimoniales, se complementó con los sucesivos trabajos de campo. En estas salidas, se procedía inicialmente al barrido de municipios, localizando los distintos monumentos para seguidamente ver otros detalles que destacasen en el estudio llevado a cabo. Se analizaba el material que contenía según las principales características mineralógicas para su óptimo aprovechamiento. Una vez localizados los municipios con el tipo de material usado se busca su procedencia haciendo un estudio exhaustivo del entorno y relacionándolo con las extracciones producidas en el volcán. Recopilados todos y cada uno de los datos tanto bibliográficos como in situ se lleva a cabo la elaboración de las fichas (fig.2.1), con los apartados siguientes:

**(1) DENOMINACIÓN:** Nombre o topónimo del elemento a analizar.

**(2) TIPO DE ELEMENTO:**

- Patrimonio cultural: histórico y religioso
- Arquitectura civil: industrial, urbana y rural

**(3) LOCALIZACIÓN:**

- **Código de identificación:** hemos apuntado primeramente el número de hoja del MTN a escala 1:25000 donde se ubican los
- municipios, seguidos del número de referencia de las fichas teniendo en cuenta el orden alfabético de los mismos. Por ejemplo 759 (hoja del MNT) III (cuadrículas en las que se divide el mapa a 1:50000) 001 (orden de ficha): 759-III-001.
- **Coordenadas UTM:** Hemos utilizado el Datum ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) siguiendo los

- contenidos del al Real Decreto 1071/2007 de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España. Desde el lanzamiento de los primeros satélites artificiales para los primitivos sistemas de navegación y posicionamiento, TRANSIT, LORAN, etc., hasta llegar a los sistemas de navegación por satélite (GNSS), como el GPS, el GLONASS y el futuro sistema europeo GALILEO, han ido desarrollándose los modernos sistemas de referencia geodésicos globales, que permiten alta precisión y homogeneidad para el posicionamiento y la navegación. El sistema de referencia ETRS89 ligado a la parte estable de la placa continental europea, es consistente con los modernos sistemas de navegación por satélite GPS, GLONASS y el europeo GALILEO. El objeto del real decreto es la adopción en España del sistema de referencia geodésico global, por lo que hemos visto conveniente recoger los datos bajo esta perspectiva. En los artículos 1 y 2 del presente Decreto exponen claramente el objetivo futuro de la cartografía española en el ámbito global: Artículo 1.- *Este real decreto regula el sistema de referencia geodésico sobre el que se debe compilar toda la información geográfica y cartografía oficial, permitiendo una completa integración de la información geográfica y de la cartografía oficial española con la de otros países europeos y con los sistemas de navegación.* Artículo 2.-
- *Este real decreto será de aplicación a la producción cartográfica e información geográfica oficiales referida a todo o parte del territorio español.* Las coordenadas recogidas son X, Y, Z

- **Municipio:** Localidad a la que se asocia el elemento inventariable.
- **Nº de hoja del MTN a escala 1:25000**

- (4) **CARACTERÍSTICAS:** Brevemente se expone los rasgos definitorios del elemento
- (5) **ESTADO DE CONSERVACIÓN:** Estado actual en que se encuentra. Excelente, bueno, regular o malo
- (6) **ACCESIBILIDAD:** cómo y donde se encuentra. Excelente, buena, regular o mala; apta o no apta para minusválidos
- (7) **ENTORNO ESPACIAL:** Espacio físico que lo rodea y sus características
- (8) **MATERIAL DESTACADO:** Se analiza el material encontrado, de qué se trata y se relaciona con el entorno espacial
- (9) **FOTOGRAFÍA AÉREA/GOOGLE:** Vista aérea del conjunto: elemento y espacio
- (10) **FOTOGRAFIA DEL ELEMENTO:** una o varias fotografías que muestren en general y en detalle las características anteriormente citadas

Con todo este material, se analiza los resultados obtenidos y en laboratorio y a través de los SIG, se elabora la cartografía de localización de municipios y elementos inventariados. De esta manera, se intenta plasmar sobre un mapa los resultados obtenidos del aprovechamiento humano relacionado con su entorno mas cercano a los aparatos eruptivos donde se determinan las características de los conos volcánicos desde el punto de vista de la génesis, del material emitido, del tamaño-envergadura, del tipo morfológico, de las alineaciones y de las pautas estructurales seguidas en su emplazamiento.

<b>DENOMINACIÓN (1)</b>		<b>FOTOGRAFÍA GOOGLE</b>	
<b>TIPO DE ELEMENTO (2)</b>		(9)	
<b>LOCALIZACIÓN</b> ▪ Código Identificación: ▪ Coordenadas UTM: X: Y: Altitud (m): Z=	▪ Municipio/s:  ▪ N° hoja MTN 1:25.000  (3)	<b>FOTOGRAFIA DEL TIPO DE ELEMENTO</b> (10)	
<b>CARACTERÍSTICAS (4)</b>			
<b>ESTADO DE CONSERVACIÓN (5)</b>			
<b>ACCESIBILIDAD (6)</b>			
<b>ENTORNO ESPACIAL (7)</b>			
<b>MATERIAL DESTACADO (8)</b>			

Fig.2.2 Vista reducida de las fichas



## **CAPITULO 3**

# **MARCO DE ESTUDIO: LA REGION VOLCÁNICA DEL CAMPO DE CALATRAVA**



*"... Hacía ya tiempo que debido a diversas excursiones efectuadas en compañía de mi padre y maestro, conocía en sus rasgos generales las características del territorio...me di cuenta de que la extensión del campo eruptivo es mucho mayor de lo que hasta entonces se había supuesto y también comprendí el gran interés geográfico y geológico que tenía su estudio"*

Francisco Hernández Pacheco (1932) La Región Volcánica Central de España

### **3.- MARCO DE ESTUDIO**

#### **3.1.- Introducción**

El Campo de Calatrava se define como un territorio de montaña media (García, 1995), o una unidad morfoestructural del borde meridional de la Submeseta Sur (Poblete, 1995), situado en el centro de la provincia de Ciudad Real, con una extensión de entre 2.500 y 3.000 Km<sup>2</sup>, hasta los 5.000 km<sup>2</sup> según la delimitación que tomemos de referencia.

#### **3.2.- Criterios de delimitación**

La delimitación del Campo de Calatrava ha sido un tema de difícil precisión en las últimas décadas. Han sido muchas las delimitaciones de esta comarca desde diferentes puntos de vista que van desde las económicas, agrarias y funcionales, hasta aquéllas centradas en las características fisiográficas de la misma. Existen, por tanto, delimitaciones heterogéneas de esta comarca, según los diferentes autores que han estudiado la misma.

Se produce un desajuste y una controversia entre los límites geográficos e históricos del Campo de Calatrava ya que, los últimos sobrepasan con creces los de índole geográfica, como se ve en aquéllas poblaciones que, inmersas en el Valle de Alcuía o La Mancha, contengan el topónimo *Calatrava*, llegando

incluso a utilizarse en municipios de la provincia de Jaén. Los límites, por tanto, no son precisos, existen desajustes e interferencias (Poblete, 2004).

Por ello, es necesario describir las delimitaciones del Campo de Calatrava, que se han llevado a cabo con base fisiográfica (regiones o comarcas naturales), aunque los afloramientos volcánicos, principales protagonistas de este estudio, sobrepasen estos límites comarcales, extendiéndose por los Montes de Toledo, Valle de Alcudia, Montes de Ciudad Real y tocando La Mancha en su parte más occidental.

El Campo de Calatrava hace referencia, según criterios históricos, al conjunto de tierras repobladas, organizadas y administradas por la Orden de Calatrava durante los siglos XII al XV. Esta gran comarca natural debe su nombre a la instalación de la Orden Militar y Religiosa de Calatrava durante más de siete siglos en este territorio, cuyo fin era defender estas tierras de Castilla, aunque su toponimia procede del árabe *Qal'at Rabah* (fortaleza de Rabah). Territorio cedido por Sancho III a dicha orden para su administración, poblamiento y defensa ante la imposibilidad del reino para hacer frente a los ataques almohades. Fue fundada en 1158 por el abad Raimundo de Fitero y fray Diego Velázquez instalando la sede principal a orillas del río Guadiana, aunque más tarde la trasladarán al Castillo y Sacro Convento de Calatrava la Nueva en 1217, sito en el municipio de Aldea del Rey. El territorio administrado no se ceñía únicamente al centro de la provincia de Ciudad Real, sino que incluía territorios de las provincias de Toledo y Jaén (Corchado, 1984). No obstante, los maestros de la orden mantuvieron la sede en esta comarca durante los próximos siete siglos de su funcionamiento, hasta que el terremoto de Lisboa en 1755 hizo estragos en los cimientos de su fortaleza y las posteriores desamortizaciones del siglo XIX acabaron con ella.

Resultado de esta preeminencia, la comarca que hoy conocemos como Campo de Calatrava alcanzó un notable y dominante protagonismo sobre el resto de territorios, incluyendo ésta comarcas tan dispares como el Valle de

Alcudia, Montes de Toledo, el área occidental y suroccidental de la Mancha, los Montes de Ciudad Real y Campo de Calatrava en sentido estricto, superando los 12.000 km<sup>2</sup> (Poblete, 1995).

Con todo ello, el criterio histórico no resulta válido para establecer una unidad espacial ni para esclarecer una delimitación propia del Campo de Calatrava, si por el contrario, designar el núcleo central de los territorios que la Orden de Calatrava regentó durante los siglos finales de la Edad Media y por mantener muchos de los pueblos el sobrenombre de Calatrava (Rodríguez Espinosa, 2000) y que nos servirán a la hora de abordar los orígenes y patrimonio de cada uno de ellos.

La primera delimitación de corte geológica del Campo de Calatrava la establecieron los trabajos realizados por Hernández Pacheco (padre e hijo) en las primeras décadas del siglo XX. Francisco Hernández Pacheco (1932) estableció unos límites claros de lo que él denominó Región Volcánica Central de España (figura 3.1):

- Hacia el Norte por las estribaciones meridionales de los Montes de Toledo (antiguo valle muerto del Bullaque o cuenca sinclinal de Porzuna-Malagón).
- Por el Sur, Sierra Madrona, incluyendo el Valle de Alcudia en el territorio volcánico, en el tramo comprendido entre San Lorenzo y el yacimiento de la Bienvenida.
- Hacia el Oeste, los ríos Quejigares, Tirteafuera, Guadiana y Río Frío serían los límites, matizando que más hacia el oeste se encontraría el afloramiento eruptivo de Los Cabriles.
- Por el Este, los límites serían más imprecisos pudiéndose establecer una línea que iría desde Daimiel hasta Santa Cruz de Mudela, pasando por Moral de Calatrava.

La delimitación propuesta por E. Ancochea Soto (1983), se ciñe básicamente a la zona de extensión de las rocas volcánicas. Denominando a esta comarca como Región Volcánica Central Española, afirma que los afloramientos volcánicos (fig.3.2.) se distribuyen en un área de unos 80 Km. de diámetro, unos 5.000 km<sup>2</sup>, y en la que ningún accidente geográfico destacable marca los límites occidental y oriental, mientras que al norte quedaría limitada por los Montes de Toledo y al Sur por Sierra Morena.

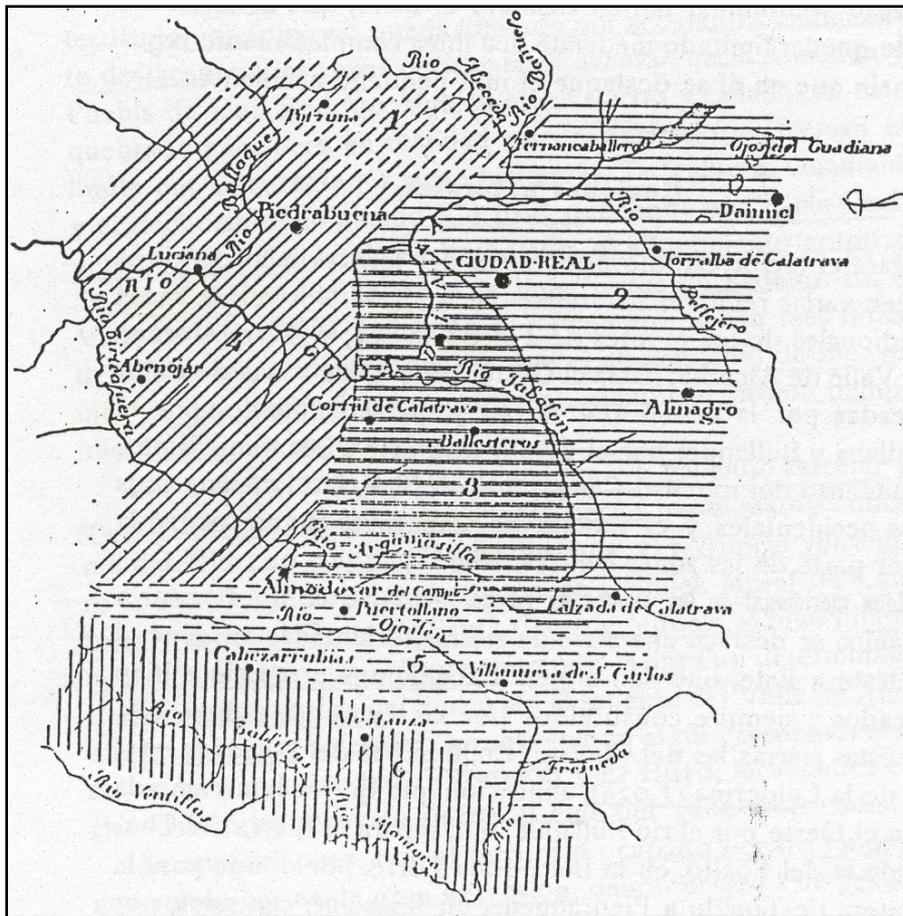


Figura 3.1: Delimitación de las regiones naturales realizada por Hernández-Pacheco (1932): 1) Valle muerto del Bullaque; 2) y 3) Campo de Calatrava; 4) Rañas del Oeste; 5) Cuenca del Ojalén; 6) Valle de Alcudia.

Posteriormente, la delimitación del Campo de Calatrava por J. L. García Rayego (1995), viene establecida gracias a la demarcación de las unidades naturales de la provincia de Ciudad Real (fig.3.3.) en base a criterios geomorfológicos y paisajísticos. Para este autor, la conjunción de tres elementos geomorfológicos (zócalo, cobertera y relieve volcánico) serán los que definen al Campo de Calatrava.

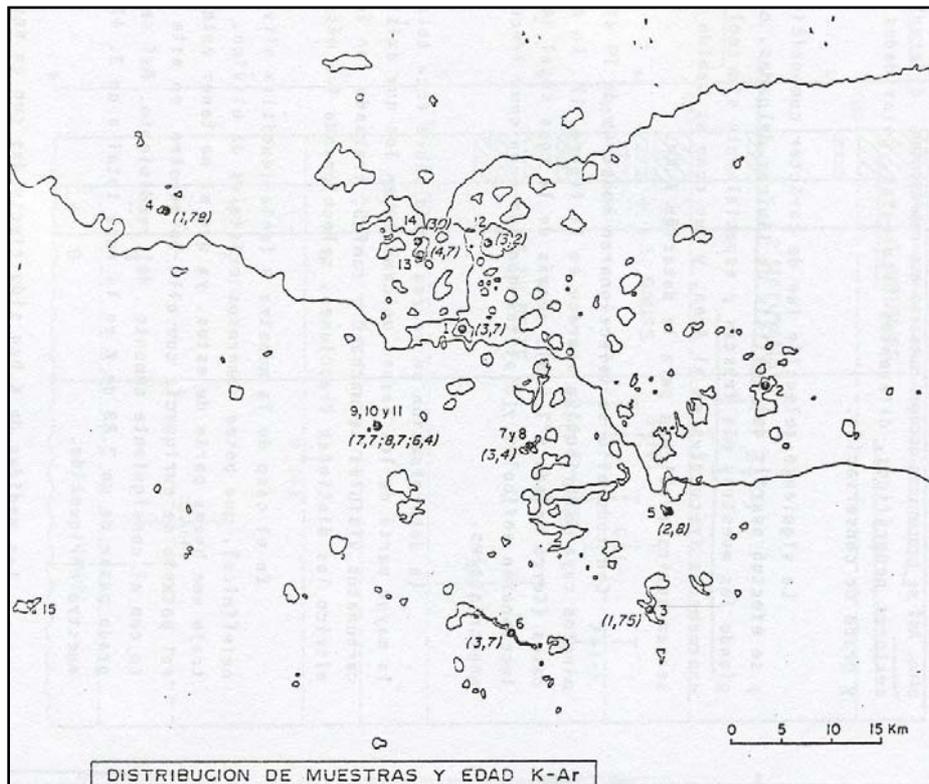


Figura 3.2. Delimitación de los volcanes del Campo de Calatrava y edades *K-Ar* de Ancochea (1983).



Figura 3.3. Delimitación de las comarcas naturales de la provincia de Ciudad Real realizada por García (1995). En rojo se destaca el Campo de Calatrava.



Figura 3.4. Delimitación de unidades morfoestructurales de la provincia de Ciudad Real por Poblete (1995). En rojo destacamos el Campo de Calatrava.

La última demarcación del Campo de Calatrava, basada en criterios fisiográficos, geomorfológicos y paisajísticos (fig.3.4.), es la de Poblete Piedrabuena (1995). Este autor define una serie de unidades morfoestructurales en la provincia de Ciudad Real, similares a los de J. L. García Rayego, en las que describe sus características y las áreas de transición entre éstas y la comarca Calatrava propiamente dicha.

Según estos criterios, el Campo de Calatrava vendrá delimitado al Norte por lo las alineaciones meridionales de los relieves pseudo-apalachenses de los Montes de Toledo; al Oeste la zona de montes y rañas sobre los que discurren los ríos Guadiana y Bullaque, denominada Montes de Ciudad Real; al Sur, por las estribaciones de Sierra Morena, Valle de Alcudia y Valle del Ojalén-Fresnedas; Estos tres límites naturales norte, oeste y sur no se manifiestan de forma clara y precisa ya que las regiones que delimitan por esta zona al Campo de Calatrava tienen un gran parentesco entre sí, incluso, García Rayego (1995) considera a estas tres regiones como una macrorregión natural, cuyas características geomorfológicas, climáticas y biogeográficas son muy semejantes. Por último, el límite Este será más preciso, topográficamente iremos pasando del paisaje montañoso a las amplias llanuras de La Mancha donde el zócalo hercínico y los afloramientos volcánicos desaparecen por completo, dando lugar a un paisaje totalmente diferente y antropizado; mientras que al Sureste limitará con el Campo de Mudela (García, 1995) o valle del Alto Jabalón (Poblete, 1995).

Aunque no hemos desarrollado la totalidad de las delimitaciones defendidas por diversos autores y organismos, dichas aportaciones han ayudado a definir al Campo de Calatrava como un territorio con una entidad propia y diferenciado de su entorno. Con ellas se puede establecer una síntesis que nos permita abordar la definición de unos límites aproximados del área de estudio y comprender las características territoriales de este espacio geográfico:

- El Campo de Calatrava comprende una gran parte de los pueblos que pertenecieron a la orden religioso-militar de Calatrava.
- El elemento diferenciador con respecto a los territorios circundantes (La Mancha, Los Montes y el Campo de Mudela), es la aparición del volcanismo, lo que proporciona, a su vez, mayor singularidad y originalidad a este espacio.
- El Campo de Calatrava está circunscrito, en su mayoría, a la cuenca hidrográfica del río Guadiana.
- Los términos municipales y las comarcalizaciones basadas en ellos no son válidas a la hora de establecer los límites del Campo de Calatrava, ya que, y en especial el volcanismo, los distintos componentes del medio natural los sobrepasan.
- La superficie labrada (65%) es superior a la no labrada (34%). La base de la riqueza agraria del territorio calatravo son los cultivos cerealistas de secano seguidos del olivar. Sin embargo, en la últimas décadas se ha incrementado la superficie de regadío: de 17.941 ha en 1980 a 28.036 ha en el 2001 (Rodríguez Espinosa, 2000 y JCCM, 2002).
- Desde el punto de vista de flujos socioeconómicos, el Campo de Calatrava se encuentra polarizado en torno a los dos núcleos urbanos más importantes de la provincia ciudadrealeña, Ciudad Real y Puertollano. El primero constituye la capital administrativa de la provincia y principal centro de servicios y el segundo, el mayor núcleo industrial, ya no sólo provincial sino también regional, basado en la industria petroquímica.
- El Campo de Calatrava es un territorio marcado por su carácter de "área de transición" entre La Mancha y Los Montes, lo que se traduce en notas de ambivalencia en todos los órdenes de magnitud, tanto naturales como humanos (Rodríguez Espinosa, 2000).

El Campo de Calatrava se define como un territorio (región o comarca) del borde meridional de la Submeseta Sur (Macizo Ibérico) circunscrito a la Cuenca alta del río Guadiana (aunque la parte más meridional se encuadraría en la Cuenca del río Guadalquivir) y caracterizado por una singular personalidad,

como consecuencia de sus tres elementos morfoestructurales: el zócalo paleozoico, las cuencas sedimentarias terciarias y el volcanismo plio-pleistocénico (García Rayego, 1995).

Por otra parte, la ocupación humana del territorio, extensamente documentada a partir de la aparición de la Orden religioso-militar de Calatrava, ha modificado profundamente todo el espacio, sustituyendo los encinares calcícolas por la tradicional trilogía mediterránea: cereal-olivo-vid.

Sin embargo, es el volcanismo plio-pleistocénico el que otorga una mayor singularidad a este territorio, al romper la continuidad de las formas originales con más de 300 afloramientos eruptivos que matizan y enriquecen, de manera notable, el paisaje calatravo.

Por todo ello, en nuestro presente trabajo, no nos hemos ceñido en una delimitación concreta, sino más bien en el conjunto de ellas, ya que realizamos trabajo de campo en aquellas localidades cuya cercanía a afloramientos volcánicos es evidente y a su vez estaban bajo influencia histórica de la Orden de Calatrava y también en aquellos aprovechamientos cuya meteorización ha dado resultado suelos muy fértiles con cultivos muy concretos.

### **3.3.- Caracteres definitorios del Campo de Calatrava. Contexto geológico y geomorfológico**

El espacio geográfico estudiado se enmarca, desde el punto de vista geoestructural, en el Macizo Ibérico o Hespérico (Zócalo Hercínico o Paleozoico), en la Zona Centro Ibérica, dentro del Dominio de los Pliegues Verticales (Díez Balda y Vegas, 1992), integrándose en su mayor parte en la región natural del Campo de Calatrava (García Rayego, 1994).

El Campo de Calatrava es un umbral paleozoico, abombado en su extremo occidental, encontrándose afectado por una profusión de fracturas hercínicas y

alpinas, constituyendo el ámbito en el que se ha desarrollado un volcanismo que, desde el Mioceno superior y hasta el Holoceno medio, ha conformado las líneas básicas de uno de los paisajes más interesantes de la Península Ibérica (González *et al.*, 1998).

Dentro del Campo de Calatrava se pueden distinguir cuatro subregiones naturales, atendiendo a los criterios de García Rayego (1995):

- Subregión natural de las sierras y macizos silíceos
- Subregión natural de las cuencas y depresiones silíceas
- Subregión natural de las cuencas y depresiones calcáreas
- Subregión natural de las formas y formaciones volcánicas

Desde el punto de vista geomorfológico, el relieve se caracteriza por la alternancia de alineaciones serranas alargadas o subredondeadas (macizos), dispuestas a lo largo de una dirección WNW-ESE y compartimentalizadas por la presencia de fracturas de desgarre y fosas tectónicas que encuadran depresiones colmatadas por sedimentos mio-pliocenos vinculados a la sedimentación de la gran cuenca manchega o pertenecientes a una deposición local muy influida por la larga y cíclica actividad volcánica (González Cárdenas *et al.*, 1998).

Así, el zócalo paleozoico o hercínico, las cuencas sedimentarias terciarias y el volcanismo neógeno-cuaternario son los elementos definitorios del paisaje calatravo (García Rayego, 1995).

### 3.3.1- Topografía

Nos encontramos en un conjunto montano, junto con la comarca de los Montes de Ciudad Real, cuyas cumbres apenas sobrepasan los 1.000 metros de altitud, mientras que los fondos de las depresiones se situarán entre los 400 y 600 metros. La dirección predominante de todo el conjunto es Noroeste-Sureste (García Rayego, 1994). Las denominaciones que García (1994), utilizará para

las áreas montanas y las áreas deprimidas serán macizo y depresión respectivamente.

La topografía de las unidades morfoestructurales definidas por García (1994 y 1995) y que definirán la comarca natural del Campo de Calatrava son las siguientes: sierras de Porzuna-Fernancaballero (en torno a 840 m de altitud media, llegando a los 899 m de cota máxima), la cubeta de Piedrabuena (altitudes entre los 540 y 700 m conforme ascendemos de Suroeste a Noreste), sierras de Piedrabuena-Alcolea (con altitudes que oscilan entre los 770 y los 880 m de Este a Oeste), depresión anticlinal de Picón-Alcolea (en torno a los 700 m de altitud a lo largo de 14 Km. de longitud), cuenca sinclinal de Corral (con dirección NO-SE a lo largo de 32 Km. y altitudes entre los 640 y 700m), las sierras de Villamayor (con dirección O-E y altitud entre 800 y 860 m), sierras de Almodóvar del Campo (extendidas de Oeste a Este con altitud entre los 850 y 940 m), depresión de Argamasilla (altitudes entre los 620-700 m, destacando su planitud), Macizo de Calatrava (alineación montañosa de dirección Oeste-Este con unos 20 km de longitud por otros 20 km de anchura y culminaciones entre 800 y 900 m, destacando en su parte central alineaciones entre 900 y 1.000 m), sierras de Almagro-Moral (conjunto de dirección Oeste-Este de 30km de longitud y alturas entre los 800 y 900 m), depresión del Jabalón (entre los 650-700m) y por último las sierras de Calzada de Calatrava que incluirían la sierra de la Atalaya (supera los 1.000 m) y la sierra del Moro.

### 3.3.2.- Litoestratigrafía

El roquedo de esta comarca, como señala García Rayego (1995), está constituido por materiales o bien muy antiguos o bien notablemente modernos. Está ampliamente representado el período Paleozoico, produciéndose una ausencia casi total de sedimentación durante el Mesozoico y gran parte del Terciario ya que de éste, solo encontramos sedimentación neógena y cuaternaria<sup>15</sup>. (fig. 3.5 y 3.6).

---

<sup>15</sup> Hoja 785 de Almagro. (IGME, 1988).

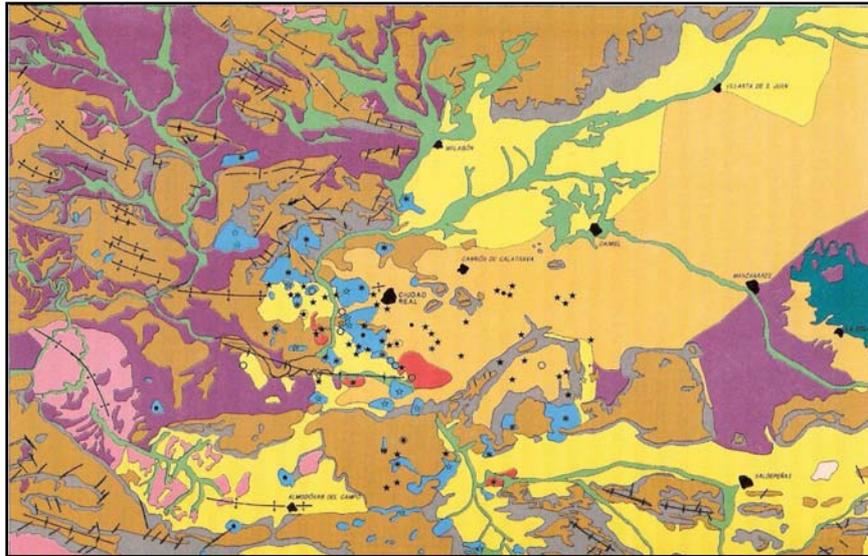


Figura 3.5. Mapa geológico propuesto por Poblete (1995).

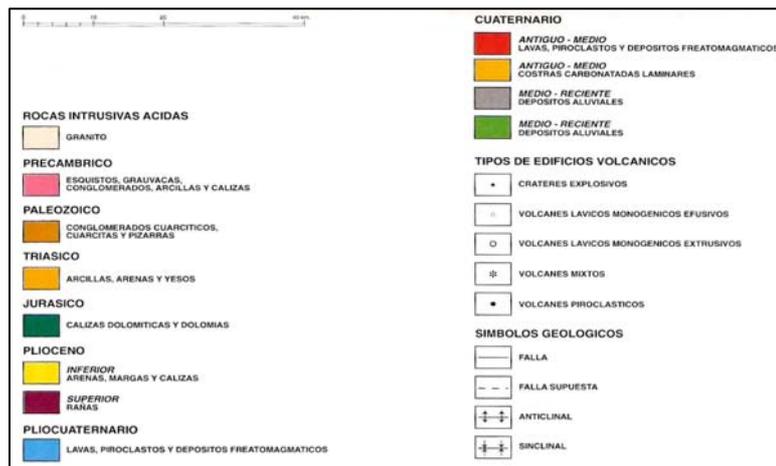


Figura 3.6. Legenda del mapa geológico propuesto por Poblete (1995).

### 3.3.2.1.- El roquedo paleozoico. Materiales del Zócalo Hercínico.

Existe una alternancia de microconglomerados cuarcíticos, cuarcitas, areniscas y pizarras de tonalidades rosáceas y púrpuras de entre 800-900 m de espesor, localizados al NO conformando una alineación serrana desde Alcolea hasta Valverde, será el primer cordal cuarcítico de la Sierra de las Medias Lunas, una de las sierras paleozoicas más importantes que organizan el relieve del sector central del Campo de Calatrava (Poblete, 1995).

El Cámbrico aflora en algunas áreas anticlinales (anticlinal del Tirteafuera) que han sufrido importantes procesos de erosión, siendo muy abundante la presencia de clastos de esquistos y conglomerados cámbricos en los depósitos de oleadas piroclásticas de las erupciones hidromagmáticas del Campo de Calatrava.

El Ordovícico vendrá representado por las alternancias de base del Tremadoc, ("serie roja" de Bouyx), las cuarcitas armoricanas masivas del Arenig, alternancia de cuarcitas y pizarras del Arenig-Llandeilo, pizarras arcillosas del Llavirn-Llandeilo y areniscas y pizarras del Caradoc-Ashgill. Las cuarcitas armoricanas del Arenig de color blanquecino y extremada dureza con potencias entre 200-300m constituirán el verdadero armazón del relieve serrano de Campo de Calatrava, definiendo las cumbres de la mayoría de las sierras (Poblete, 1995), definiendo cresterías alargadas en la Sierra de las Medias Lunas, la Sierra de Calatrava o el cordal de la Sierra del Despeñadero. El conjunto pizarroso resultará fácilmente erosionable y lo encontraremos en muchas de las depresiones intramontanas de la comarca. Los materiales pizarrosos y areniscosos del Llavirn-Llandeilo y aflorarán en la cubeta de Corral de Calatrava, muchas veces recubiertos por sedimentos terciarios y depósitos fluviales.

Los materiales del Caradoc alcanzarán una potencia de 700 m compuestos por cuarcitas, areniscas y pizarras limolíticas, cargados de cementos ferruginosos, también destacan las "pizarras de cantera" y una serie de "bancos mixtos" compuestos por pizarras, arenas y cuarcitas con alto contenido en cemento ferruginoso (Poblete, 1995). Del Silúrico encontraremos una serie de pizarras arcillosas de tonalidades grisáceas de 100 m de potencia, concretamente del Llandov-Wenlock.

Toda la litología del paleozoico se encuentra plegado en grandes estructuras de dirección NO-SE, E-O y NE-SO, al haber sido afectado por la orogenia

hercínica y posteriormente dislocado por la actividad tectónica alpina (Hernández-Pacheco, 1932 y Roiz, 1979).

El roquedo paleozoico está compuesto por materiales ordovícicos, depositados en ambientes marinos de plataforma somera. Éstos incluirían: cuarcitas, areniscas y pizarras del Tremadoc-Arenig que ocuparían prácticamente toda la zona norte de la hoja con espesores cercanos a los 500 m; un segundo paquete, vendría representado por las cuarcitas armoricanas del Arenig, aflorando por la mayor parte de la hoja, con una potencia de unos 450 m de espesor; en el tercer paquete encontraremos cuarcitas areniscas limolíticas arenosas y pizarras del Arenig-Llavirn, Capas de Pochico, de unos 90 m de espesor muy tectonizados; el último paquete estaría compuesto por areniscas y pizarras con *Neseuretus* del Llavirn-Llandeiloense, que tendrían unos 300 m de potencia, con niveles de nódulos carbonatados, ferruginosos y silíceos, con intercalaciones volcánicas de basaltos olivínicos.

#### 3.3.2.2.-Las cuencas de sedimentación.

Como se ha mencionado, la sedimentación en el Campo de Calatrava durante el período Mesozoico y gran parte del Terciario es prácticamente nula, por lo que los materiales sedimentarios que rellenaron las cuencas locales se establecieron en el Neógeno (García Rayego, 1994) y, más concretamente, a partir del Plioceno. Muchos han sido los estudios que han intentado dar una explicación a los depósitos de cuencas sedimentarias de esta región (E. Molina, 1975; Crespo, 1992; Poblete, 1995).

Para Poblete (1995, 1996), la sedimentación terciaria se iniciaría con una formación detrítica basal (FDB) formada por lechos arenosos, depósitos de cantos cuarcíticos subredondeados en discordancia erosiva sobre el zócalo paleozoico. Se trataría de facies distales de abanicos aluviales depositados bajo mecanismos fluviales que evolucionarían a condiciones fluviolacustres. Sobre estas formaciones, tendríamos un nivel de margas (70-25 m de espesor) y

calizas ruscinienses que varían entre 8-30 m de espesor, (Mioceno superior-Plioceno inferior).

A la par de la deposición de la formación detrítica basal que expone M. A. Poblete, encontraremos depósitos volcánicos (piroclásticos de caída e hidromagmáticos) relacionados con las etapas iniciales del volcanismo de la región, interestratificados con el resto de sedimentos de la cuenca que termina su colmatación en el Plioceno Superior (Villafranchiense), momento de intensa actividad volcánica en el Campo de Calatrava (González Cárdenas, 1996 c). Esta actividad eruptiva, provocará que muchos materiales calizos, como las calizas ruscinienses, experimenten buzamientos divergentes fruto de su rotura tras grandes erupciones freatomagmáticas y procesos de subsidencia pericratérica post-eruptivos.

En el transcurso del Plioceno al Pleistoceno se producirá la formación de las costras ferromanganesíferas<sup>16</sup> (Poblete 1995, 1996) cementadas por oxihidróxidos de hierro (con predominio de goethita y hematites), que amalgaman y endurecen los detritos de abanicos aluviales pliocenos, glaciares de raña villafranchienses, glaciares de acumulación pleistocenos, terrazas fluviales del Guadiana y Jabalón, coluviones würmienses y travertinos holocenos. Estas costras ferruginosas han sido favorecidas por la acción de arroyadas importantes de las aguas termales, muy presentes en esta región, así como también por la existencia de unas condiciones morfoclimáticas entre el Plioceno inferior hasta el Pleistoceno superior muy adecuados para la liberación de los oxihidróxidos de hierro (su deposición y compactación), con un paleoclima mediterráneo extremo, sin llegar a ser subtropical o tropical propiamente dichos, ya que coincidiría también con la formación de paleosuelos rojos mediterráneos como afirma M. A. Poblete.

---

<sup>16</sup> Anteriormente, E. Molina (1975) había interpretado como corizas ferralíticas del Mioceno superpuestas en discordancia erosiva sobre los materiales del Paleozoico.

En relación con el volcanismo debemos destacar la formación de mineralizaciones de Mn (Manganeso), tipo hot-spring, con alto contenido en Co (Cobalto) las cuales tienen un origen hidrotermal porque:

1. Su génesis está asociada a la de las rocas volcánicas.
2. Se puede observar todavía (como en los hervideros) una actividad hidrotermal remanente de Plioceno-Holoceno
3. Volcanismo, mineralizaciones de Mn-(Co) y sedimentación tuvieron lugar simultáneamente dentro de un episodio extensional generalizado.
4. A escala global, el Campo Volcánico de Calatrava parece haberse formado en un escenario tectónico de rift abortado (Crespo Zamorano 1988, 1992 y Crespo et al., 1995 y 1997).

Otro hecho significativo en el relleno de las cuencas sedimentarias son los depósitos de ladera: coluviones y pedrizas (García Rayego, 1994, 1995), localizados por toda la comarca en las laderas de los montes y serratas cuarcíticas. Los coluviones serán aquellos depósitos de fracción fina, empastados por una matriz arenoso-arcillosa responsable de la instalación de una tupida vegetación sobre ellos. La génesis de éstos se debe a una descarga aluvial y de arroyada pero sin transporte por el piedemonte. Mientras, las pedrizas destacan más que ningún otro elemento en las laderas de las sierras y en el paisaje en general, según García Rayego, se trata de acumulaciones de cantos y bloques, heterométricos, de naturaleza cuarcítica que no presentan matriz fina, por lo que estos materiales estarían sueltos. Son de edad muy recientes, ya que se apoyan sobre los coluviones y su génesis puede ser achacada a fenómenos de gelifracción. La génesis de estos depósitos se debería a mecanismos de descarga aluvial o de arroyada laminar, situándolos en el período Pliocuaternario. Estos depósitos de raña se extenderían en los sectores deprimidos de la comarca, aunque especialmente en la zona de los Montes de Ciudad Real ya que en el Campo de Calatrava propiamente dicho no se llegarán a dar estas formaciones (sí en su parte NO).

Los depósitos sedimentarios más modernos de esta región estarían compuestos por depósitos aluviales, generalmente cantos cuarcíticos, con cuarzos, limos y arenas fluviales; y por depósitos fluviales, formaciones en abanico, conos de deyección todos de formación Pleistocena (cuaternaria).

Las formaciones sedimentarias pliocuaternarias y cuaternarias serán las siguientes de muro a techo:

**Plioceno Superior-Pleistoceno Inferior:**

-Costras calcáreas, 50 cm. de espesor máximo.

**Pleistoceno Inferior-Medio:**

-Gravas y cantos poligénicos de cuarcita y cuarzo, arenas, arcillas arenosas, arcillas y carbonatos (conos de deyección). Depósitos heterométricos que engloban también cantos de material volcánico.

-Gravas y cantos poligénicos de cuarcita-cuarzo, arenas, arcillas y carbonatos (coluviones).

**Pleistoceno Medio-Superior:**

-Gravas, cantos poligénicos de cuarcita-cuarzo, arenas y limos (Terrazas).

**Pleistoceno Superior-Holoceno:**

-Gravas y cantos poligénicos, arenas, limos y arcillas (Fondos de Valle)-generados bajo un clima con mayores precipitaciones que las subactuales-.

**Holoceno:**

-Limos y arcillas orgánicas. Sales, limos y arcillas yesíferas (Zonas endorreicas).

**3.3.2.3.- Las rocas volcánicas predominantes.**

En la historia eruptiva del volcanismo calatravo se han generado una serie de depósitos volcánicos diferenciados, atendiendo a su composición química y mineralógica principalmente, pero también al tipo de erupciones que los han generado. En general, este volcanismo intraplaca se caracteriza por ser básico y

ultrabásico, es decir magmas alcalinos muy ricos en CO<sub>2</sub>, con un contenido muy bajo en sílice --menos del 45%-- (González Cárdenas<sup>17</sup>)

Las erupciones volcánicas en el Campo de Calatrava han sido tanto efusivas como explosivas, en función de su VEI<sup>18</sup>. Dentro de estas últimas podremos diferenciar entre erupciones estrombolianas e hidromagmáticas dependiendo de la relación agua/magma en el momento de producirse las erupciones, sin descartar eventos explosivos de carácter vulcaniano vinculados a la ruptura de tapones de lava solidificada en conductos eruptivos. Mas adelante veremos las características de este tipo de erupciones. Las rocas volcánicas emitidas son las siguientes, según las descripciones realizadas por E. Ancochea (1983):

*Basaltos olivínicos.* Lavas y piroclastos de caída: Rocas de color negro o gris oscuro. Contienen fenocristales de olivino y clinopiroxeno, accidentalmente también plagioclasas. La matriz es microcristalina y esta constituida por un entramado de plagioclasa, piroxeno, olivino y opacos. Las plagioclasas suelen ser microlitos o listones de pequeño tamaño. Suele llevar accesorios como biotita y apatito, cristalizados en pequeñas cavidades. No hay presencia de basanitas con nefelina en esta región. En ocasiones hay presencia de analcima, ligado a nefelinitas olivínicas, pero se le ha considerado como basalto "analcimitizado". Los volcanes que emitieron este tipo de rocas son: La Cornudilla, Cerro Negro (Cornudilla II), Cuevas Negras, Las Cuevas, Columba, el Cabezuelo, Las Pilas, Las Canteras, Cabeza del Encinar y Salvatierra, entre otros.

*Nefelinitas olivínicas.*, Lavas y piroclastos de caída: Rocas volcánicas en las que la nefelina aparece como único feldespatóide, es frecuente que también aparezca asociada a melilitita y leucita pero recibiendo otro nombre (leucitita o melilitita). Son de color gris con tonalidades claras a oscuras, porfídicas con matriz microcristalina, con fenocristales de olivino fosterítico y augita zonada. También puede contener biotita, apatito, analcima y ceolitas. Los carbonatos

<sup>17</sup> [www.uclm.es/profesorado/egcardenas](http://www.uclm.es/profesorado/egcardenas)

<sup>18</sup> VEI: Volcanic Explosivity Index; Índice de Explosividad Volcánica.

suelen rellenar fracturas y huecos. Algunos ejemplos de centros eruptivos que emitieron estas rocas son: Cantos Morenos (pequeño cono adosado a Cuevas Negras), Cerro Gordo, Fournier y Capa Lobos.

*Melilitas olivínicas.* Lavas y piroclastos de caída: Caracterizadas por la presencia de melilita acompañada de olivino, clinopiroxeno y minerales opacos, variando de color gris a gris parduzco. El fenocristal más abundante es el olivino fosterítico, con una matriz que varía de holocristalina a hipocristalina constituida por piroxeno augítico, olivino raro y opacos además de por melilita. Puede encontrarse vidrio en proporciones muy diferentes o nefelina (melilitas olivínico-nefeliníticas). Apareciendo también biotita, apatito y analcima, junto con ceolitas y carbonatos, como por ejemplo en el volcán de Las Pilas.

*Limburgitas,* piroclastos de caída. Rocas en las que no es visible ningún feldespató ni feldespatóide. Son de tipo porfídico hipocristalinos con fenocristales de olivino y augita. La matriz contiene augita microcristalina, olivino y opacos. También aparece biotita. Los centros eruptivos donde aparecen son: Cabeza del Encinar, Cazalla, Capa Lobos, Boca del Campo, Cuevas Negras, La Sima, Cerrillos del Sapo, Cerro Gordo, entre otros.

*Leucitas olivínicas.* Son leucititas olivínico-nefeliníticas, citadas en el Morrón de Villamayor, y melaleucititas olivínico-nefeliníticas (mayor proporción en fenocristales, alrededor del 25%). Los fenocristales son de olivino y clinopiroxenos de color pardo suave muy escasos. La matriz es de clinopiroxenos opacos, leucititas, biotitas y nefelinas. La leucita se presenta junto con el apatito y el clinopiroxeno.



Figura 3.6: Depósitos de oleadas piroclásticas (hidromagmáticos), del maar de Varondillo, que engloban material paleozoico y volcánico triturado y pulverizado debido a la intensidad de la explosión. Estos depósitos están fosilizando coladas basálticas del volcán Cerro Gordo-Yozosa. (Foto cedida por Rafael Becerra Ramirez)

*Depósitos hidromagmáticos.* Los fenómenos hidromagmáticos (fig. 3.6.) en el Campo de Calatrava han tenido una notable importancia ya que representan alrededor del 50 % de la actividad eruptiva de toda la región. Como veremos más adelante, este tipo de erupciones tienen lugar cuando el magma interactúa con agua de cualquier origen (marina, glacial, lacustre o freática), dando origen a explosiones que lanzan a la atmósfera gran cantidad de material pulverizado, representado por fragmentos accidentales de rocas paleozoicas, rocas sedimentarias terciarias, materiales volcánicos cogenéticos (anfíboles y piroxenos), cristales volcánicos sueltos o enclaves peridotíticos. Suelen formar anillos de tobas *-tuff ring-*, (IGME, 1988). Cabe destacar los depósitos hidromagmáticos generados en las erupciones de los maares de Cervera, La Nava, maar de Granátula, Fuentillejo, Michos, Laguna Blanca, El Rinconcillo, maar del sur de Poblete y alineación de maares entre Miguelturra y Pozuelo

La Historia Geológica del Campo de Calatrava, la podremos explicar a partir del repaso de la litoestratigrafía y siguiendo a González Cárdenas (1996), vendría marcada por la sedimentación discordante del Paleozoico sobre los materiales precámbricos, iniciada por una transgresión marina traducida en el depósito de una base conglomerática a la que se superponen de forma rítmica depósitos constituidos por alternancia de areniscas, pizarras y cuarcitas cuya fase culminante es la formación de la cuarcita armoricana (en ambientes marinos de plataforma somera con sucesivos episodios de descenso y elevación del nivel del mar). La deformación hercínica, afectó a todo este ámbito sedimentario originando estrechos pliegues de centenares de kilómetros de longitud y fracturaciones de dirección Oeste-Este. Las fases de interferencia que deforman estos pliegues dan lugar a la formación de domos y cubetas. Durante el Carbonífero Superior hasta el Neógeno, se produce un periodo de calma tectónica y predominio de los procesos erosivos intensos, pero en esta comarca habrá una ausencia total de sedimentación debida, en gran parte, a que las tierras están emergidas. La tectónica del sur de la península Ibérica, vinculada a los movimientos de las placas Africana y Euroasiática, favorecerán el ascenso de diapiros de magma que darán lugar al desarrollo de procesos eruptivos de diferente naturaleza y el abombamiento de la corteza bajo el Campo de Calatrava. El Plioceno Superior y el Pleistoceno estarán marcados por intensos ciclos erosivos que tendrán como resultado el depósito de las rañas y la formación de glaciares de erosión, desarrollándose a la par la actividad volcánica del Campo de Calatrava, acompañada también de fenómenos de subsidencia cuyo efecto será la basculación y el repliegue de los sedimentos plio-cuaternarios. En el Holoceno, se encajará la red fluvial, se producirán nuevas erupciones volcánicas de carácter puntual y retocará el relieve dando lugar a las formas que vemos en la actualidad.

### 3.3.3.- Organización estructural

La primera deformación que sufren los materiales del Zócalo corresponde al periodo prehercínico aunque las huellas que encontramos son geológicas más que geomorfológicas, ya que los conjuntos estratigráficos anteordovícicos

configuran una topografía deprimida que no se traduce en una organización morfológica contrastada (García Rayego, 1994).

Serán las estructuras generadas en la orogenia hercínica las que van a configurar el relieve estructural de esta zona (Julivert et al., 1983; García Rayego, 1994).

Los materiales paleozoicos del Campo de Calatrava constituidos, como vimos, por cuarcitas, pizarras y areniscas se encuentran plegados en grandes estructuras de dirección NO-SE, E-O y NE-SO, afectadas por dos fases tectónicas durante la orogenia hercínica. Una primera deformación, cuya edad se sitúa en torno al Famaniense-Westfaliense, organiza las estructuras plegadas de ONO-ESE y otra posterior interfiere su disposición, combándolas progresivamente a NE-SO. El alcance de esta interferencia es la organización de tales macroestructuras hercínicas en una sucesión rítmica de domos y sinclinales estrechos, quedando el relieve articulado en cinco unidades plegadas que corresponden al domo de Ciudad Real, de Almagro, de Argamasilla de Calatrava, de la Sierra del Moral y al sinclinorio de Corral de Calatrava (Poblete, 1997). Los materiales paleozoicos han sido deformados por la Orogenia Hercínica sin producir metamorfismo.

Sobre la mayor parte de los materiales paleozóicos ubicados en depresiones silíceas y en discordancia con ellos se depositan un conjunto de sedimentos continentales datados a finales del Cenozóico (Neógeno) y en el Cuaternario. Estos materiales rellenan depresiones configuradas sobre una serie de fosas tectónicas labradas sobre el basamento hercínico, las cuales se encuentran separadas por umbrales relativos, estando controlado por fracturas de direcciones NE-SO, NO-SE y E-O.

Molina (1974 y 1975) señaló la existencia de dos fases de deformación que afectarían a los materiales terciarios y cuaternarios. La primera anterior al límite Turolense-Rusciniense, y la segunda posterior. Sin embargo, Ancochea (1982)

expone que algunos de estos movimientos pueden estar trastocados localmente por la aparición del volcanismo neógeno-cuaternario. En la actualidad estas fases tectónicas están descartadas por la mayoría de los autores. Las deformaciones que se observan en los depósitos de cuenca, incluyendo los depósitos de oleadas piroclásticas y las volcanitas, parecen estar relacionados con los procesos volcánicos y sísmicos (Rodríguez y Barrera. 2002, González *et al.* 2010) que se producen en la región durante el Pleistoceno y el Holoceno.

En cuanto a las etapas tectónicas recientes, la pre-raña y presuperficiales de la Llanura manchega, Portero *et al* (1989) indican que probablemente se trate de etapas distensivas con pequeñas desnivelaciones entre la Llanura Manchega y los relieves hercínicos que la circundan.

Rincón Calero (1995), Vegas y Rincón Calero (1996) y Rincón Calero (1999) proponen un modelo nuevo geodinámico de la respuesta ofrecida por el antepaís Bético bajo la acción de la geotectónica (Tortonense medio-superior hasta la actualidad), debido a la incidencia de esfuerzos litosféricos generados en el límite de las placas Euroasiática y Africana.

A partir del análisis poblacional de fallas y del diaclasado, contrastado con análisis morfoestructurales, mesoestructurales y de sismicidad, deducen que la provincia de Ciudad Real está sometida, al menos desde el Oligoceno inferior y hasta la actualidad, a dos "campos de esfuerzos" compresivos débiles. El primero, se debió a la transmisión de esfuerzos desde la Cordillera Ibérica, siendo de menos importancia. Y el segundo, más moderno, representa la deformación compresiva del antepaís de la Cordilleras Béticas orientales como consecuencia de la convergencia África- Península Ibérica desde el Tortonense superior hasta la actualidad, caracterizándose este campo de esfuerzo por una dirección predominante N140° E. Esta deformación débil del antepaís Bético se resuelve, según estos autores, en:

- La reactivación de fallas direccionales oblicuas coherentes con el campo de esfuerzos "béticos".
- El desarrollo de un diaclasado sistemático en el Zócalo Hercínico consecuente con el patrón regional de la red fluvial.
- El combamiento suave de la corteza y del conjunto de la litosfera según flexuras ortogonales de dirección N140°-160°E (relieves del Campo de Montiel, anticlinorio de Almagro-Moral, Sierra de San Carlos del Valle, Montes de Toledo oriental y depresión de la Llanura Manchega, entre otros).
- El desarrollo de macrodiscontinuidades de tipo I relacionadas con el proceso flexural y que constituyen los grandes alineamientos N140°E que atraviesan la provincia de Ciudad Real.
- La aparición y desarrollo del volcanismo neógeno-cuaternario, coincidiendo con el cambio de orientación de la convergencia entre la placas Africana e Ibérica hace 9 millones de años.

#### 3.3.4.- Clima

El motivo de incluir este apartado no sólo nos sirve para definir el clima del territorio (hecho primordial en trabajos de geografía física o humana) sino también para poder relacionarlo con la erosión producida en los materiales expuestos en los distintos usos.

Para el estudio del clima hay que tener en cuenta dos criterios principales, la dinámica de la circulación atmosférica y el examen del régimen de las precipitaciones y las temperaturas a partir de los datos de los observatorios meteorológicos.

En cuanto a la dinámica atmosférica, el Campo de Calatrava se encuentra, por su situación latitudinal, en una espacio de transición climática entre la zona templada y la subtropical, de manera que está regido por las borrascas, frentes asociados y anticiclones dinámico y térmico de Azores, Siberia y Atlántico Norte procedentes de la circulación general del oeste. Borrascas y frentes son los

responsables de las principales precipitaciones que caen sobre el territorio calatravo, sobre todo en invierno y primavera; mientras que las situaciones anticiclónicas, principalmente las que generan el Anticiclón de las Azores, el anticiclón siberiano y las altas presiones del Atlántico norte, pueden ser cálidas, templadas y frías, produciendo días soleados y estabilidad atmosférica, sobre todo en verano e invierno, propiciando aquí el desarrollo de intensas y duraderas nieblas con flujos húmedos de levante.

La dinámica atmosférica es matizada por la localización con respecto a océanos/mares y continentes, por la altitud y por la configuración del relieve. La situación del Campo de Calatrava en el interior de la submeseta sur le aleja levemente de la influencia de las masas de aguas más próximas (océano atlántico y mar mediterráneo), proporcionándole unos rasgos de interior en relación con las temperaturas, que se caracterizan por una elevada amplitud anual. En cuanto a la altitud, los escasos contrastes altimétricos (amplitud altitudinal media de 300 m) hacen que no se produzca un escalonamiento bioclimático ni que genere una mayor pluviosidad. Sin embargo, la configuración del relieve, con direcciones predominantes NW-SE y W-E, favorece las precipitaciones por efecto orográfico, al cortar la dirección de los vientos dominante (de componente fundamental W y SW), y los contrastes solana-umbría que tan importantes implicaciones biogeográficas tiene sobre la vegetación (García Rayego, 1995).

Una vez abordados sintéticamente los criterios dinámicos y la influencia de la disposición del relieve y de la altitud, pasamos a analizar las características de la temperatura y de la precipitación a partir de los datos recogidos en los observatorios meteorológicos existentes en el territorio calatravo.

Aunque el análisis de los datos procedentes de las estaciones meteorológicas del Campo de Calatrava se remonta a finales de la década de 1950 (López Bustos, 1959), los estudios climáticos más completos se deben a los trabajos emprendidos por García Rayego (1988, 1995 y 2000), autor que llega a analizar

con detalle la temperatura y la ETP de seis observatorios meteorológicos situados en el territorio calatravo y la precipitación de treinta y cinco.

De todos los observatorios presentes en el Campo de Calatrava, hemos escogido el existente en el núcleo urbano de Ciudad Real ya que presenta los datos más completos y representativos en cuanto que se localiza en el centro de la zona de análisis (Tabla. 3.1). El periodo recoge 30 años (1971-2000), mínimo de años para establecer una clasificación climática.

La situación geográfica del Campo de Calatrava en el dominio meridional de las latitudes templadas (38°-39° de latitud Norte) determina para este territorio un clima templado (temperatura media anual de 14,7 °C) y de verano cálido y seco (temperatura media estival superior a 25 °C y precipitación estival en torno a una décima parte del total anual), es decir, un clima Mediterráneo con rasgos de interior, al presentar amplitudes térmicas anuales elevadas (en torno a 30 ° C entre las mínimas y máximas).

En cuanto a la precipitación media anual, es escasa (396 mm para el periodo 1971-2000), sin llegar a un clima de tipo estepario (media anual < 300-350 mm. Pero hay que tener en cuenta que este promedio resulta de unos datos que poseen una gran variabilidad, pues la precipitación anual puede oscilar entre algo menos de 200 mm y algo más de 800 mm, siendo muy frecuentes los años en que sólo se recoge entre 300 y 400 mm (García Rayego, 2000).

Según la información recogida del AEMET, se han incluido datos como el número medio mensual/anual de días tanto de nieve, tormenta, niebla, helada o de sol, porque hemos visto importante relacionarlo con los materiales que en sí están expuestos a las inclemencias del tiempo.

**Periodo: 1971-2000 - Altitud (m): 627 - Latitud: 38° 59' 22" N - Longitud: 03° 55' 11"W**

<b>Mes</b>	<b>T</b>	<b>TM</b>	<b>Tm</b>	<b>R</b>	<b>H</b>	<b>DR</b>	<b>DN</b>	<b>DT</b>	<b>DF</b>	<b>DH</b>	<b>DD</b>	<b>I</b>
<b>Enero</b>	5.7	10.8	0.6	36	79	6	1	0	7	15	6	132
<b>Febrero</b>	7.7	13.5	1.9	34	72	6	1	0	4	9	5	157
<b>Marzo</b>	10.4	17.1	3.7	28	62	5	0	1	2	5	6	212
<b>Abril</b>	12.3	18.8	5.8	44	61	8	0	1	1	1	4	222
<b>Mayo</b>	16.4	23.3	9.6	43	58	7	0	3	0	0	3	266
<b>Junio</b>	21.6	29.1	14.1	29	50	4	0	4	0	0	8	304
<b>Julio</b>	25.4	33.7	17.0	9	45	1	0	2	0	0	15	346
<b>Agosto</b>	25.0	33.2	16.8	7	46	1	0	2	0	0	13	324
<b>Septiembre</b>	20.8	28.2	13.5	22	55	3	0	2	0	0	8	246
<b>Octubre</b>	14.9	21.0	8.8	47	68	6	0	1	2	0	5	192
<b>Noviembre</b>	9.5	14.9	4.2	42	77	6	0	0	6	5	4	140
<b>Diciembre</b>	6.7	11.3	2.1	55	82	8	0	0	9	11	5	116
<b>Año</b>	<b>14.7</b>	<b>21.2</b>	<b>8.2</b>	<b>396</b>	<b>63</b>	<b>62</b>	<b>2</b>	<b>17</b>	<b>31</b>	<b>47</b>	<b>84</b>	<b>2656</b>

#### **Leyenda**

<b>T</b>	Temperatura media mensual/anual (°C)
<b>TM</b>	Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
<b>Tm</b>	Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
<b>R</b>	Precipitación mensual/anual media (mm)
<b>H</b>	Humedad relativa media (%)
<b>DR</b>	Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm
<b>DN</b>	Número medio mensual/anual de días de nieve
<b>DT</b>	Número medio mensual/anual de días de tormenta
<b>DF</b>	Número medio mensual/anual de días de niebla
<b>DH</b>	Número medio mensual/anual de días de helada
<b>DD</b>	Número medio mensual/anual de días despejados
<b>I</b>	Número medio mensual/anual de horas de sol

Tabla 3.1.- Fuente AEMET

Diversos autores, pues, han clasificado el clima de la comarca como Templado mediterráneo con matiz continental:

- *Gaussen, H. (1955)*: Mesomediterráneo (de tres a cuatro meses secos)
- *Köppen (López Bustos, 1959)*: Csa. C es clima templado definido por la temperatura media del mes más frío comprendida entre 0 y 18°C; s,

subíndice correspondiente a un periodo de sequía estival; y *a*, indica que la temperatura del mes más cálido es superior a 22°C.

- *Allúe Andrade, J.L. (1966)*: En "Subregiones fitoclimáticas de España" clasifica la comarca como Subtropical y Templado-cálida con humedad no estival, inviernos suaves (temperatura del mes más frío entre 1 y 13°C), veranos de frescos a muy cálidos (mes más cálido entre 13 y 30°C) y heladas invernales. Bosque esclerófilo.
- *Capel Molina J.J. (1981)*: Clima tipo Mediterráneo continental con estación seca
- *Papadakis (1966)*: Mediterráneo templado cálido.
- *Rivas Martínez (1987.)*: Según criterios bioclimáticos la zona se sitúa en el Macrobioclima Mediterráneo, presentando un bioclima Pluviestacional-Oceánico, de termotipo Mesomediterráneo superior y ombrotipo Seco.

### 3.4.- La región volcánica del Campo de Calatrava

En este trabajo de investigación, se denominará a este territorio como Región Volcánica del Campo de Calatrava (Calatrava Volcanic Field), que ha sido incluida por el Smithsonian Institution<sup>19</sup> (National Museum of Natural History de EE.UU) en su Global Volcanism Program, gracias a los contactos que recientemente se han mantenido desde el Grupo de Investigación GEOVOL, Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio de la UCLM con uno de sus directores, Lee Siebert, por ser en sí un amplio territorio, digno de llamarse región y, a su vez, por ser el Campo de Calatrava el ente histórico, administrativo y cultural que dio nombre al centro de esta zona volcánica del interior peninsular.

#### 3.4.1.- Génesis del volcanismo

La interpretación de la génesis del volcanismo de la España central ha sido estudiada por diferentes autores y desde diferentes puntos de vista. Los

<sup>19</sup> <http://www.volcano.si.edu/>, *Worldwide Holocene volcano and eruption information* (Información de erupciones y volcanes Holocenos del Mundo).

primeros trabajos que intentan explicar esta génesis son los realizados por E. Ancochea (1983), basados en que, al tratarse de un volcanismo intraplaca de naturaleza ultrabásica y básica alcalina, podría existir un punto caliente (hot spot) que diera origen a este volcanismo localizado en superficie y de concentración más o menos concéntrica de sus características geoquímicas. Esto supondría una elevación cortical acompañada de un adelgazamiento de la litosfera (coincidiendo con los trabajos de Cadavid, 1977). Con todo esto, estaríamos hablando, según Ancochea, de una zona donde estaría actuando un proceso de Rifting, poco evolucionado o abortado. Además, Ancochea planteará que la colisión continental podrá producir diferentes efectos en el interior de las placas, siendo la discontinuidad del volcanismo calatravo causada por factores como:

- -Existencia de un manto enriquecido a nivel regional susceptible de fundir parcialmente, produciendo volcanismo en zonas donde el relieve previo estuviera fracturado.
- -A una anomalía térmica ya existente en un área concreta y campos de esfuerzos creados por la colisión producirían cambios en esta anomalía provocando el proceso de rifting y volcanismo.
- -El volcanismo sería consecuencia de una zona de manto localmente anómala asociada a esfuerzos particulares de la misma.

Posteriormente, los trabajos emprendidos por Bergamín (1986 a-b), Bergamín y Carbo (1986), efectuarán un perfil gravimétrico de esta región en un área de 140 km de largo, detectando una anomalía relativa de Bouguer de -20 miligales y de 100 km de extensión. Esto se debería a una subida local de la temperatura alcanzando unas dimensiones de 40 km de longitud y 6 km de espesor. Según su modelo (fig.3.8.), la corteza en el Campo de Calatrava presentará un adelgazamiento al situarse la discontinuidad de Mohorovicic a 31 km de profundidad, coincidiendo con los planteamientos de Ancochea (1983). La tectogénesis del volcanismo responde tanto a la presencia de un punto caliente, como el ascenso de unos 10-20 km de la astenosfera, produciendo el

abombamiento de la corteza y el inicio de un rift poco evolucionado o abortado, debido a los esfuerzos tectónicos de las cordilleras béticas, (Poblete, 1995).

López Ruiz et al. (1993) plantean que bajo el Campo de Calatrava se desarrolla un área de debilidad cortical como consecuencia de esfuerzos tectónicos derivados del levantamiento de las cordilleras béticas cuyo desarrollo provoca un abombamiento de la corteza y el ascenso hasta la superficie de magmas basálticos, que él denomina como etapa diapírica, la cual dan origen a la aparición en superficie de rocas volcánicas de las series ultrabásica y alcalina. Le seguiría una fase de estiramiento y de profusión de erupciones que constituiría la *etapa distensiva* (fig.3.9).

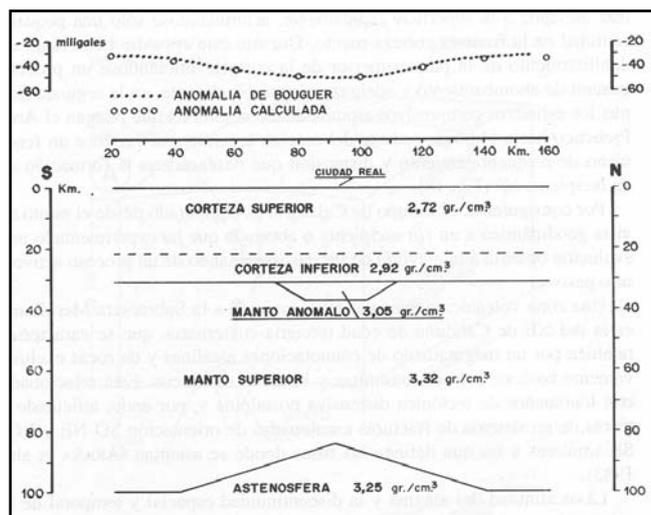


Figura 3.8 Modelo de la corteza y el manto superior propuesto por Bergamín y Carbo (1986).

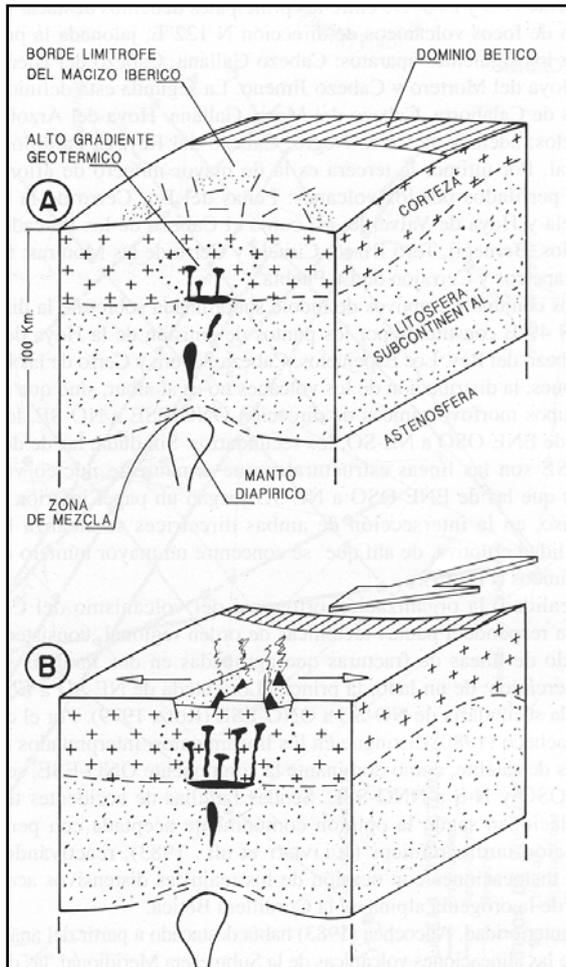


Figura 3.9 Modelo geodinámico de la corteza en el Campo de Calatrava, propuesto por López Ruiz *et al.* (1993). Etapa diapírica (A) y etapa distensiva (B).

Más tarde, los estudios de Vegas y Rincón-Calero (1996), proponen otro modelo de deformación del antepaís bético y el origen del volcanismo del Campo de Calatrava (fig. 3.10). Tras el análisis realizado de las fallas y diaclasas regionales deducen que la provincia de Ciudad Real ha estado sometida desde el Oligoceno Inferior a dos "campos de esfuerzos" compresivos débiles. Uno correspondería a la transmisión de esfuerzos desde la Cordillera Ibérica (coincidiendo en cierta medida con lo propuesto por Romero *et al.*, 1986), y el otro a la deformación compresiva del antepaís de las béticas. Todo esto se traduciría en una reactivación o creación de fallas direccionales-oblicuas, un combamiento suave de la corteza, el desarrollo de un diaclasado sistemático en el basamento hercínico y el desarrollo de macrodiscontinuidades constituyentes de los grandes lineamientos que atraviesan la provincia (N140°E). Con este marco, proponen un proceso flexural de la litosfera en

régimen compresivo débil mediante el cual, el manto astenosférico pudo ascender, descomprimiéndose y fundiendo parcialmente (similar a Olot y a otras provincias volcánicas neógenas de Europa. Con ello descartaría los procesos de rifting abortado propuesto por los autores anteriores.

Una aportación mas a estos modelos geodinámicos, sería la de Gallardo (2006), centrado en el análisis de los paleopolos magnéticos (paleomagnetismo), para estudiar los posibles movimientos de bloques o placas en un momento determinado. Con estos análisis, descubrirá que no ha habido desplazamientos respecto al polo magnético de referencia durante el período mio-plioceno en la zona volcánica central de España. Las rotaciones que hayan podido suceder se deben a múltiples situaciones y la evolución dinámica reciente del Campo de Calatrava está relacionada con los esfuerzos transmitidos desde el Orogeno bético, siendo muy probable que esas rotaciones se hayan producido anteriormente a la aparición del volcanismo.

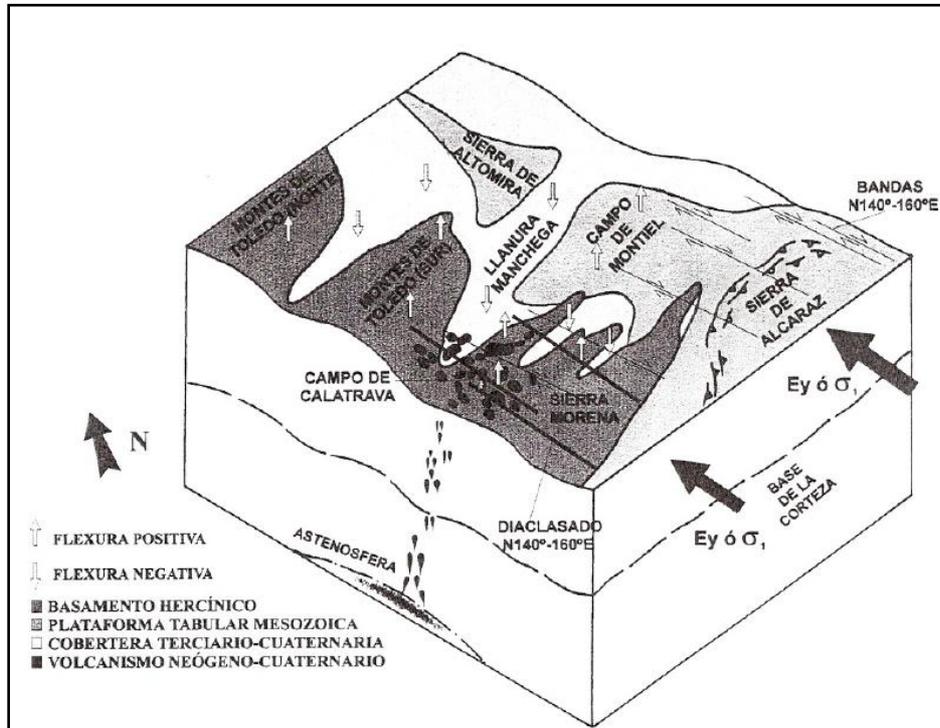


Figura 3.10. Modelo tectónico para el volcanismo calatravo en el contexto por la flexura de la corteza y el conjunto de la litosfera. Extraído de Vegas y Rincón-Calero (1996).

### 3.4.2.- Distribución

Los edificios volcánicos originados a lo largo de las etapas volcánicas se han articulado en alineaciones morfológicas entrecruzadas. Los trabajos de E. Ancochea (1983) y Ancochea y Brändle (1982), definen las principales alineaciones seguidas por el volcanismo centro-peninsular. La distribución de los centros de emisión responde a ciertas pautas condicionadas por directrices tectónicas bien heredadas (hercínicas o tardihercínicas) o bien propias.

Ancochea y Brändle propondrán el siguiente sistema de alineaciones (fig.3.11.): una primera Banda axial NO-SE (I), unas Bandas laterales secundarias (II) de la misma dirección, siendo éstas complejas (A) o simples (B-C); y por último bandas de cruce denso NE-SO. Las alineaciones volcánicas de edad pliocena, villafranquiense y pleistocena (fig. 3.12.) se articulan en alineaciones morfológicas entrecruzadas, de dirección NO-SE a ONO-ESE las principales y de dirección NE-SO a ENE-OSO las secundarias, siendo estas mismas alineaciones las seguidas por los manantiales termales (Poblete, 1995).

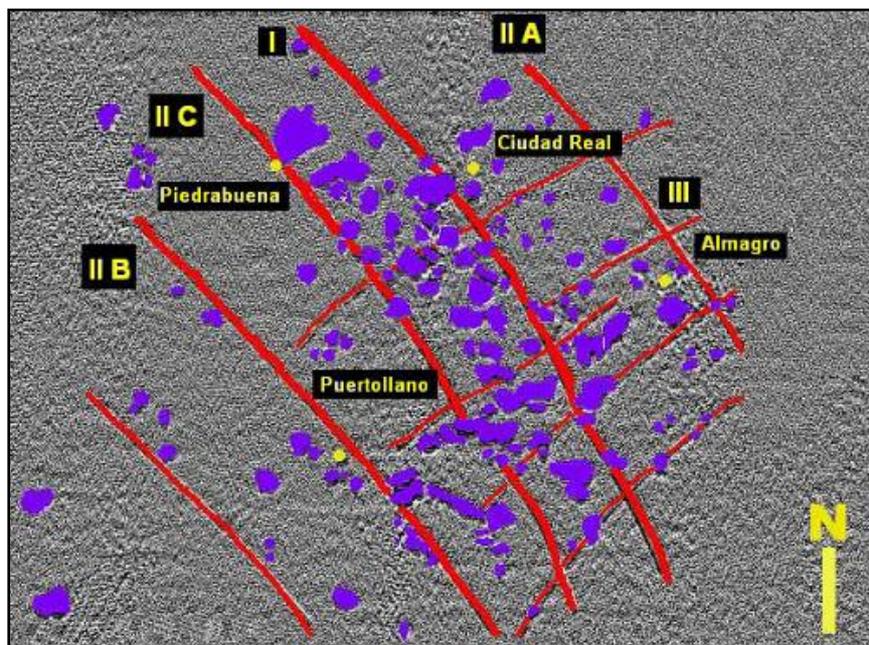


Figura 3.11. Alineaciones volcánicas propuestas por Ancochea (1979).  
Extraído de [www.uclm.es/profesorado/egcardenas](http://www.uclm.es/profesorado/egcardenas)

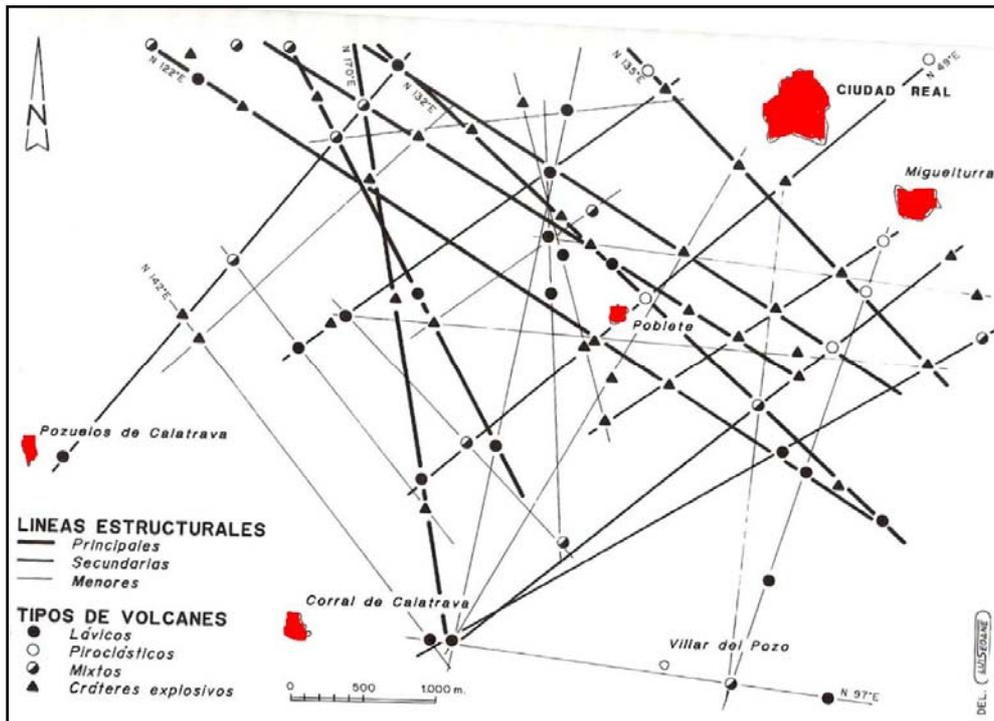


Figura 3.12. Alineaciones volcánicas propuestas por M. A. Poblete (1995) para el sector central de la región volcánica.

### 3.4.3.-Edad

Tradicionalmente la edad del volcanismo calatravo se había fijado como terciaria, Quiroga (1880) y Cortázar (1880) en el siglo XIX, lo consideraron mioceno. Fco. Hernández Pacheco, iniciador de los estudios sistemáticos sobre el Campo de Calatrava y su actividad volcánica, establece una cronología para las erupciones que iría desde el Plioceno superior hasta el Pleistoceno medio (1932). E. Molina (1975), habla de tres fases volcánicas y considera a la primera de ellas como intra miocena, anterior al depósito de las calizas ruscinienses, ya que estas fosilizan materiales volcánicos. Situaría este autor la segunda fase en el Plioceno inferior, y la tercera en el superior, contemporánea a la formación de la raña. La actividad eruptiva terminaría en el Pleistoceno inferior, antes de la formación de algunas terrazas fluviales.

Los nuevos estudios emprendidos a finales del siglo XX, se centran en intentar datar estos volcanes con diferentes técnicas. E. Ancochea establece dos grandes períodos en la actividad volcánica del Campo de Calatrava: el primero se extendería desde los 8'7 a los 6'4 millones de años (Mioceno

superior), el segundo se iniciaría en el Plioceno (4'5 M.A.) y terminaría en el Pleistoceno inferior (1'5 M.A.) con un espacio de tiempo entre ambos, en torno a dos millones y medio de años en el que se produciría una etapa de calma eruptiva. Las dataciones llevadas a cabo por Ancochea se realizaron a partir de análisis petrológicos, geoquímicos y mediante las técnicas de datación radiométrica absoluta del *K-Ar*.

M. A. Poblete Piedrabuena (1995) establece, para el sector central de la región volcánica, la existencia de tres etapas eruptivas posteriores a la erupción del Morrón de Villamayor. La primera de ellas (Etapa Volcánica 1-EV1) daría comienzo en el Mioceno superior y duraría hasta el Plioceno inferior, siendo anterior al depósito de las calizas del Rusciniense. La segunda (EV2) se desarrollaría entre el Plioceno inferior y el superior, y la tercera (EV3) se iniciaría en torno al Villafranquiense inferior y medio. Para este autor estaba por determinar si habría una cuarta etapa, independiente de la EV3, que se extendiera a lo largo del Pleistoceno y comienzos del Holoceno.

Trabajos de investigación posteriores plantean una revisión de la cronología eruptiva en el Campo de Calatrava. Las últimas erupciones en los valles de los ríos Ojailén y Jabalón (Poblete, 2002 y 2007)<sup>20</sup>, y en la cuenca de Moral-Calzada de Calatrava-Santa Cruz de Mudela (González y Gosálvez, 2004 a; González et al. 2006b y 2007)<sup>21</sup> las sitúan en el final del Pleistoceno Superior y en el Holoceno medio, lo cual implicaría edades inferiores a los 10.000 años (fig.3.13). La descripción documentada (González Cárdenas, 1996) de actividad fumarólica en la Sierra de Valenzuela a lo largo de los siglos XVI, XVII y XVIII, y las investigaciones que se están llevando a cabo actualmente<sup>22</sup>, prueban la existencia de actividad eruptiva en el área oriental del Campo de Calatrava, dentro del Holoceno. Aunque el final de las erupciones se produzca en el Pleistoceno superior-Holoceno medio, se mantiene una notable actividad latente motivada por los largos procesos de enfriamiento y desgasificación del

<sup>20</sup> Dataciones relativas mediante el análisis y evidencias geomorfológicas.

<sup>21</sup> Dataciones relativas obtenidas a través técnicas de datación absoluta radiométricas del C<sup>14</sup> gracias a la aparición de restos vegetales en un paleosuelo fosilizado por material volcánico.

<sup>22</sup> Mediciones de emisión de CO<sub>2</sub> cercanas al 20% en La Sima.

magma que no llegó a alcanzar la superficie. Estos procesos han dado origen a profusas e intensas emanaciones de gas (CO<sub>2</sub>), manantiales termales (hervideros) y a anomalías térmicas muy localizadas

Referencia	Código lab.	Edad C <sup>14</sup> BP	Resultados calibrados cal BP 2σ	Edad Calibrada cal BP	δ <sup>13</sup> C‰ PDB	Material
Paleosuelo	Ua-24799	6560±130	5724-5297 (99,5%) 5243-5231 (0,5 %)	5510	-26,7	Carbón vegetal/Humus
Moldes vegetales	Ua-33366	6590±200	5900-5202 (96,7%) 5175-5070 (0,3%)	5551	-25,7	Carbón vegetal

Figura 3.13 Dataciones realizadas en restos vegetales encontrados en un paleosuelo fosilizado por material volcánico en el Volcán Columba. Dataciones realizadas en el Angstrom Laboratory de Upsala. Fuente: González *et al.* (2006 y 2007).

#### 3.4.4.- Dinámicas eruptivas, morfología y estructura

Muchas han sido las erupciones volcánicas acaecidas en el Campo de Calatrava, diferentes estilos eruptivos que se han sucedido a lo largo del tiempo pero que han predominado unos sobre otros. En esta región se produjeron erupciones de tipo efusivo y explosivo (estrombolianas e hidromagmáticas) que, en momentos determinados, evolucionarían de unas a otras en el transcurso de un mismo evento eruptivo.

Las erupciones efusivas se caracterizarán por un VEI muy bajo, y cuyo contenido en gas se escapa sin estruendo por la alta fluidez del magma (la temperatura llegan a alcanzar los 1.200 °C), producidas a través de fisuras corticales. Las erupciones estrombolianas se caracterizan por tener un grado de explosividad también bajo y por la formación de grandes burbujas de gas en los conductos de emisión que, al vencer la presión del magma que las contienen, lanzan a la atmósfera gran cantidad de material volcánico de proyección aérea (piroclastos de tipo bombas, lapilli, escorias...), alcanzando temperaturas de más de 1.000 °C. Por último, las erupciones hidromagmáticas se producirán por el contacto agua/magma que puede ser o bien directo, freatomagmáticas, o bien por una fuente de calor magmático que calienta masas de agua indirectamente, freáticas. En el Campo de Calatrava se han producido mayoritariamente explosiones freatomagmáticas que abrirán grandes depresiones cratéricas de centenares de metros de diámetro, aunque también

se tiene constancia de erupciones freáticas que generaron pequeñas depresiones más o menos subredondeadas. Estas erupciones están relacionadas con la presencia de acuíferos locales de dimensiones reducidas, asociados a la intensa fracturación de las rocas del zócalo y a las características de permeabilidad de los rellenos de cuenca. También se generan por la existencia de áreas lacustres, terciarias y cuaternarias, afectadas por sistemas geotermales. En la depresión cratérica denominada *La Sima*, que se ha podido producir por una erupción de tipo freático o gaseoso, se están emitiendo gran cantidad de gases, principalmente anhídrido carbónico, de los que se está llevando a cabo un registro sistemático por parte del grupo de investigación *Geomorfología, Territorio y Paisaje* del Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio de la UCLM.

Gracias a los estudios que se están realizando en la actualidad bajo la dirección de la Dra. E. González Cárdenas, podremos afirmar el volcanismo del Campo de Calatrava tiene un carácter tanto puntual como fisural. Los edificios tienen una gran trascendencia geomorfológica desde el momento que rompen los niveles topográficos de las alineaciones serranas, abriendo amplios y profundos cráteres y dando lugar a edificios cónicos que resaltan claramente sobre el nivel de cumbres. Los edificios volcánicos una vez estudiados en detalle y pormenorizadamente, tanto en su dinámica como en la composición del magma emitido, dan como resultado un conjunto de morfologías volcánicas de una notable complejidad.

La primera clasificación de los volcanes calatravos según su forma y estilo eruptivo corresponde a Hernández-Pacheco (1932). Para este autor los volcanes resultantes de erupciones efusivas con la emisión de lavas y sin apenas material de proyección aérea serían los volcanes homogéneos o cúpula (o *cabezas* según la toponimia local), con perfiles muy suavizados. Un segundo tipo lo constituirán los volcanes estrombolianos formando conos de cenizas, de escorias y coladas. Erupciones vulcanianas, desencadenantes de explosiones muy violentas por las grandes presiones del gas generando grandes cráteres de

explosión, cenizas y lapillis. Y por último, otro tipo de erupciones, que él identificaría con la modificación morfológica de los tipos anteriores y que, atendiendo a la toponimia local serían los *castillejos* (amontonamientos de lava entorno a los centro de emisión) y los *negrizales* (extensas coladas muy meteorizadas).

Otra clasificación de los volcanes calatravos la hará Poblete (1995), basándose en la clasificación de A. Rittman (1963) quién definía cuatro tipos: volcanes de lava, mixtos, piroclásticos y de gas. Para Poblete, los volcanes de lava serían aquéllos formados por la emisión de gran número de coladas lávicas, formando edificios con forma de escudo de ahí que también les denomine como volcanes escudo. Los volcanes mixtos estarían formados por la acumulación de piroclastos y por la emisión de coladas pero, siguiendo a Rittman nuevamente, habla de subtipos dentro de éste: volcán mixto monogénico y volcán mixto poligénico. Otro tercer tipo de volcanes que encontraríamos serían los volcanes piroclásticos, resultantes de erupciones explosivas monogénicas a partir de magmas relativamente viscosos. Por último, los volcanes de gas serán aquéllos resultantes de dinámicas explosivas (freáticas) generando grandes depresiones o embudos llamados diatrema, que en esta región estarían representados por los maares.

La clasificación volcánica que tomaremos para caracterizar los volcanes calatravos, será la establecida por González Cárdenas (1996 c), modificada en función de los resultados obtenidos a partir del trabajo de investigación de Becerra Ramirez<sup>23</sup> (2007) basados en la clasificación hecha por Dóniz Páez para los volcanes basálticos monogénicos de Tenerife(2009):

- Volcanes en escudo: edificios cupulares de escasa altura relativa y gran extensión superficial, generados en erupciones efusivas o hawaianas de

---

<sup>23</sup> *Aproximación al estudio de los volcanes de la Región Volcánica del Campo de Calatrava a través de las Técnicas de Análisis Morfométrico.* Proyecto de Investigación UCLM

muy baja explosividad. Emisión abundante de coladas lávicas muy fluidas, aunque pueden emitir pequeñas extrusiones de lavas viscosas.

- Conos de piroclastos (*cinder cones*): contruidos tras erupciones estrombolianas con emisión de abundante material piroclástico, escoriáceo más o menos soldado de trayectoria balística que conformaría un edificio troncocónico (abiertos o cerrados) en torno a una boca de emisión. En ocasiones, estas erupciones han emitido coladas fluidas o viscosas (con morfología superficial pahoe-hoe o AA, respectivamente), según el grado de fluidez y composición de las mismas.
- Cráteres o “calderas explosivas” Maares: abiertos tras eventos explosivos de carácter hidromagmático motivado por la interacción agua-magma a lo largo del proceso eruptivo. Estos edificios pueden diferenciarse, desde el punto de vista geomorfológico, en dos tipos: “*calderas de explosión*” abiertas en materiales del zócalo, muy profundas, y con anillo de tobas (*tuff-ring*) bien definido o sin él; y *embudos de explosión* estrechos y profundos con o sin depósito formando amplias depresiones abiertas sobre sedimentos de la cobertera terciario-cuaternaria, poco profundos y con anillos de tobas (*tuff rings*) bien estructurados. Muchos de estos maares, llegan a albergar lagunas en su interior.

Un nuevo concepto introduce Becerra Ramirez (2007) en la definición de los tipos de volcanes en el Campo de Calatrava: coneletes de escorias. Se trata de cortos eventos eruptivos generados a lo largo de fisuras eruptivas, generalmente abiertas en los flancos de las sierras paleozoicas y que forman pequeños amontonamientos de material escoriáceo y spatter fuertemente soldados entre sí, conformando edificios denominados coneletes de spatter (*spatter cones*). Estos pequeños edificios se forman en el transcurso de erupciones efusivas o hawaianas, y están compuestos por la acumulación en puntos concretos de dichas fisuras, de material escoriáceo y *spatter* (fig. 3.14) muy soldado y empastado entre sí y que emitieron gran cantidad de coladas

que descenderían por los flancos de las sierras quedándose, en ocasiones, detenidas a media ladera o rellenando paleo-barrancos previos a la erupción. Estas formas están muy modificadas por los agentes erosivos y, la mayoría de las veces, sólo se conservan las emisiones lávicas habiendo desaparecido totalmente el edificio o cono de escorias-*spatter*.



Figura 3.14. Volcán La Cornudilla

#### 3.4.5.- Emisiones de gases, hervideros y/o manantiales termales

Uno de los hechos que caracteriza al volcanismo del Campo de Calatrava es la presencia de gases, siendo el  $\text{CO}_2$  y el vapor de agua los que han jugado un papel relevante en las dinámicas eruptivas. El  $\text{CO}_2$  se muestra en la actualidad como un gas presente en el subsuelo y en buena parte de los acuíferos de la región. Su génesis está en los procesos de desgasificación llevados a cabo en el magma que se enfría lentamente bajo la superficie. El dióxido de carbono aflora a través de fracturas de las rocas. Cuando intercepta acuíferos da origen a los

"hervideros" que son manantiales termales en los que el agua aparece más o menos cargada de este gas. El burbujeo característico de estas fuentes es el que ha motivado su denominación popular.

La distribución geográfica de los hervideros fue analizada por Poblete (1995), y éste descubrió que su distribución espacial no era azarosa, sino que se articula en una red de alineaciones bien definidas entre las que destacan con directrices dominantes las de componente NO-SE y NNO-SSE, mientras que las subordinadas son de dirección ENE-OSO. Parece evidente la estrecha relación tectónica entre manifestaciones termales y volcanismo, ya que estas mismas alineaciones de los manantiales coinciden con las principales alineaciones de los centros eruptivos. Tanto las manifestaciones volcánicas como las termales responden a las mismas pautas estructurales de orden regional (Fig. 3.15).

El análisis químico de estas aguas, realizado por Poblete (1995), dará como resultado la presencia de bicarbonatos de calcio y magnesio, bicarbonato de sodio y cálcico y sulfatos sódico-magnésicos, con abundante presencia de minerales como el cobalto, manganeso, cuarzo, hierro, calcita, dolomita, siderita manganosa, entre otras, destacando la gran cantidad de CO<sub>2</sub> que se escapa libremente de las aguas, formando el burbujeo característico que determinará el nombre local para estos manantiales termales: *Hervideros* (González Cárdenas, 1996 c), con temperaturas medias que oscilarán entre los 15-17°C de hervideros como los de la Sacristanía o Piedra del Hierro, hasta los 28°C de Villar del Pozo (fig. 3.16), siendo incluso de 38°C en los Baños de Fuencaliente, ya fuera de la región volcánica (Poblete, 1995).

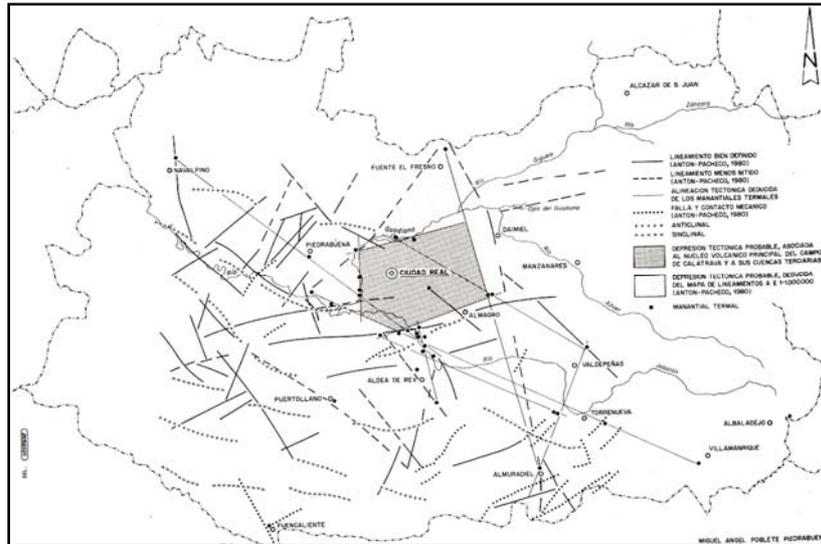


Figura 3.15 Distribución de los manantiales termales y de los lineamientos volcánicos y estructurales del Centro de la provincia de Ciudad Real. Extraído de Poblete (1995).

Investigadores de la División de Medio Ambiente del ITER<sup>24</sup> y el grupo de investigación *Geomorfología, Territorio y Paisaje en Regiones Volcánicas* del Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio, llevaron a cabo una campaña en septiembre del 2007 sobre muestreos de gases y de aguas de estos hervideros dentro de un proyecto de investigación denominado "*Determinación de la emisión difusa de CO<sub>2</sub> en el Campo de Calatrava*" financiado por la UCLM.

En la campaña de trabajo del Campo de Calatrava, se seleccionaron aproximadamente 1700 puntos de medida para un área de unos 758 km<sup>2</sup> siguiendo criterios de accesibilidad y geológicos. De estos 1700 puntos, se seleccionaron 70 representativos del total para el muestreo de gases en el ambiente superficial del suelo a 40cm de profundidad. La composición química de estas muestras se analizó mediante micro-cromatografía de gases. La emisión difusa de CO<sub>2</sub> se evaluó siguiendo la metodología de la cámara de

<sup>24</sup> Científicos de la División de Medio Ambiente del Instituto Tecnológico y de Energías Renovables de Tenerife. Han realizado un proyecto de investigación financiado por el Plan Nacional de I+D+I 2004-2007 del Ministerio de Educación y Ciencia que tiene por objeto evaluar la tasa de emisión difusa global de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera por la actividad volcánica subaérea en regiones volcánicas intracontinentales europeas: los sistemas volcánicos del Oeste de Eifel, Laacher See (Alemania), Chaine des Puys (Francia), Olot (Girona) y Campo de Calatrava (Ciudad Real).

acumulación (Parkinson, 1981) y utilizando un sensor LICOR Li-800 y un RIKEN 411<sup>a</sup> para las medidas de flujos altos en la zona denominada La Sima<sup>25</sup>.



Figura 3.16. Hervidero de Villar del Pozo

Al comparar los resultados obtenidos en este estudio con otros sistemas volcánicos pertenecientes al volcanismo intracontinental europeo como West Eiffel y Laacher See en Alemania, Chain des Puys en Francia y Olot en España, serán los datos del lago Laacher See en Alemania y los del Campo de Calatrava los únicos que presentan manifestaciones visibles en superficie (hervideros y burbujeo de gases de origen endógeno), lo que evidencia para el Campo de Calatrava la existencia de masas magmáticas más someras en proceso de desgasificación y enfriamiento y de una mayor energía del sistema volcánico-hidrotermal, así como fisuras eruptivas semiactivas que favorecen el ascenso de gases, entre ellos el CO<sub>2</sub>, a la superficie.

#### 3.4.5.1.- Actuales evidencias de anomalías térmico-gaseosas en el volcanismo calatravo

Las últimas evidencias de anomalías, tanto térmicas como gaseosas o gravimétricas, en el Campo de Calatrava se manifiestan en dos hechos singulares: el popularmente llamado "chorro de Granátula" y las emisiones de gases de "La Sima"

<sup>25</sup> Calvo D. et al (2010): APORTACIONES RECIENTES EN VOLCANOLOGÍA (2005-2008): "EMISIÓN DIFUSA DE CO<sub>2</sub> EN EL CAMPO DE CALATRAVA, CIUDAD REAL"

### **El "chorro de granátula"**

Uno de los hechos más espectaculares, tanto por su intensidad y duración, fue el sondeo surgente, conocido como "el chorro" generado en Granátula de Calatrava, que supuso el evento de mayor interés relacionado con la emisión de gases de la región volcánica.

Se produjo en la finca de Añavete, en el término municipal de Granátula de Calatrava, con una duración desde julio del año 2000 hasta el mes de enero de 2001. Se elevó una surgencia de agua y gas alcanzando una altura de 60 m (figura 3.17), y que además conllevó un importante arrastre de materiales de cuenca (principalmente, arenas, limos y arcillas, y, en menor medida, clastos y pisolitos de hierro y manganeso).

Esta surgencia de agua tuvo su origen en un sondeo utilizado para regadío, que perforó un acuífero profundo y un reservorio de CO<sub>2</sub>, y mantuvo caudales de hasta 60-75 litros por segundo. En dos ocasiones y para evitar daños en los cultivos próximos se provocó una orientación horizontal, bien con un taponamiento masivo con piedras, bien con tuberías acodadas. La fuerza con la que se producía la expulsión de gas, agua y material sólido, terminaba venciendo estos obstáculos, hasta que los propietarios decidieron sellarlo con métodos más contundentes. Pese a todo, los olivares y viñas del entorno han sufrido un progresivo deterioro, tanto por la acumulación de material en las hojas que ha impedido los procesos de fotosíntesis y de transpiración, como por la presión ejercida en la zona por los miles de visitantes que a ella han acudido en los 6 meses de duración del fenómeno.

Este fenómeno no es un hecho aislado, apareciendo con cierta frecuencia surgencias de gas en los municipios de Valenzuela de Calatrava, Torralba de Calatrava y Pozuelo de Calatrava, aunque siempre de menor entidad y de forma espontánea.

Los estudios que se realizaron en la zona de Granátula y Moral para explicar el fenómeno del "Chorro", detectaron importantes anomalías como emisiones continuas de gas, anomalías gravimétricas negativas y anomalías geotérmicas (aumento de 9 °C cada 33 m de profundidad), que se han interpretado como fenómenos remanentes de la actividad volcánica del Campo de Calatrava. Estas alteraciones se distribuyen en una banda de 2-3 km de ancho que se dispone a lo largo del borde norte de la cuenca mencionada, desde el oeste del pueblo de Granátula de Calatrava hasta el de Moral de Calatrava.



Figura 3.17 Chorro de Granátula de Calatrava. Foto cedida por Elena González Cárdenas

### Emisiones de gas de "la sima"

La evidencia de este hecho se constata ya en *La Relaciones topográficas de Felipe II*:

*"...en la dehesa vieja de esta villa... a vista deste pueblo esta un cerro que llaman el cerro la sima, donde por entre unas peñas guifeñas salen unas flamas calientes a manera de como cuando se ha quemado una calera que ya no sale humo ni llamas, sino que esta mostrando el fuego que hay dentro, el cual calor sale por entre las dichas peñas, oliendo alcrivite de cuando en cuando, como quien lo tira con cohetes y al tiempo que sale aquella flama y calor, en el sentido del hombre le priva de entendimiento y esto tiene tanta fuerza que si en el barranco por donde sale meten dentro un perro luego da aullidos y*

*estornudos y se cae temblando muerto y cualquier animal y aves que se llegan luego las mata. El tiempo de agosto es más recio y cuando llueve mientras no se gasta el agua esta hirviendo como caldera al fuego que se oye a mas de veinte pasos...no se sabe decir que sea."*

Relaciones Topográficas de los pueblos de España. Año 1574.  
Encuesta realizada a los vecinos de Valenzuela de Calatrava

La descripción documentada de actividad fumarólica en la Sierra de Valenzuela a lo largo de los siglos XVI, XVII y XVIII, y las investigaciones que se están llevando a cabo actualmente, prueban la existencia de actividad eruptiva en el área oriental del Campo de Calatrava dentro del Holoceno.

La concentración de gases puede llegar a ser lo suficientemente alta como para producir el sofoco y posterior muerte de animales (insectos, pequeños cuadrúpedos y aves). La vegetación también se ve afectada por la salida puntual y masiva de gases. Esta salida se produce a través de grietas, inmediaciones de fuentes termales, pozos o fracturas.

Dicha fumarola se encuentra junto al volcán de *La Sima*, un pequeño afloramiento constituido por acumulaciones de spatter. Pertenece a la alineación volcánica de la Sierra de Valenzuela está integrada por un conjunto de seis volcanes (La Herradura, Cerro Gordo, La Sima, Cuevas Negras, Cerro Negro y La Cornudilla) que han desarrollado, tanto erupciones efusivas, como estrombolianas y freatomagmáticas. Se caracterizan por la emisión de largas y potentes coladas, la formación de conos de escorias, levantados sobre el nivel de cumbres, lo que impone una acentuación de las formas de relieve volcánicas sobre el resto, y la existencia de amplios cráteres de explosión con una importante presencia de depósitos hidromagmáticos.



Figura 3.18 La Sima. Foto cedida por Elena González Cárdenas

La Sima se enmarca en una pequeña depresión abierta en las duras cuarcitas del Ordovícico (figura 3.18), atribuyéndose su origen a una erupción de tipo gaseoso o freático (González *et al.* 2010, Becerra, 2010). Hoy en día esta depresión actúa a modo de salidero emitiendo gran cantidad de gases como dióxido de carbono, monóxido de carbono, metano, sulfuro de hidrógeno y radón en muy altas concentraciones para este último y para el CO<sub>2</sub>.

Hasta mayo de 2007 los valores "normales" de emisión de CO<sub>2</sub> en La Sima se mantenían en torno a 30.000 ppm. A partir del sismo del 12 agosto de 2007, con epicentro en Pedro Muñoz (Ciudad Real), una intensidad de 5,1, una duración de 10 segundos y una profundidad de 6 Km, estos valores se sitúan por encima de las 200.000 ppm, apreciándose trazas de emisión de H<sub>2</sub>S, CLH y metano. Se registran cantidades habituales de radón, superiores a 60.000 Bq/m<sup>3</sup>, siendo la presencia de O<sub>2</sub> inferior al 7%.<sup>26</sup>

Actualmente y gracias a la investigación continua del equipo GEOVOL, la JCCM aprobó el proyecto titulado *Valoración de la emisión de CO<sub>2</sub> en el sistema volcánico del Campo de Calatrava: salideros de gas de "La Sima"*. Con él y con otro proyecto denominado *Adquisición de una estación geoquímica en modo continuo para monitoreo de gas en el sistema volcánico de Calatrava* se ha

<sup>26</sup> Gosálvez Rey et ali (2009): APORTACIONES RECIENTES EN VOLCANOLOGÍA (2005-2008): "EVOLUCIÓN DE LA EMISIÓN DE CO<sub>2</sub> EN LA SIMA. CAMPO DE CALATRAVA (CIUDAD REAL, ESPAÑA)

podido sufragar una estación para vigilancia de emisiones de gases (foto 3.19), la primera instalada en la Península Ibérica para tal fin.

Así mismo, mediante el convenio firmado entre la UCLM y el IGN (Instituto Geográfico Nacional) Se está procediendo a la instalación de una red sísmica con tres puntos iniciales de monitoreo para detectar posible microsismicidad asociada a la salida de gases.



Figura 3.19 Estación receptora de emisión de gases y sismómetro portátil

**CAPITULO 4**  
**APROXIMACIÓN A LA**  
**CARACTERIZACIÓN DE LAS**  
**ROCAS ÍGNEAS**



*"No habiendo gran variedad de rocas en la región volcánica que venimos estudiando, se comprende que tampoco los minerales que las integran sean muy numerosos. Conviene, no obstante hacer una descripción de cada uno de ellos, reseñando sus caracteres más típicos, cristalización, tamaño, color, alteración, etc., por ellos presentados"*

Francisco Hernández Pacheco. (1932) La Región Volcánica Central de España

#### **4.1- Caracterización de las rocas ígneas**

Al realizar el presente proyecto, hemos visto conveniente incluir un apartado donde se expliquen las características específicas de las rocas magmáticas para poder entender su aplicación, aprovechamiento y uso.

Las rocas volcánicas, junto a las denominadas plutónicas, pertenecen al grupo de las rocas endógenas, llamadas también magmáticas. Para entender sus características genéticas, composición y textura, es necesario diferenciar la forma en que se produce su ascenso hacia la superficie, su proceso de enfriamiento y de consolidación, ya que de esas características genéticas van a depender las propiedades que permiten su uso en determinados procesos industriales y/o constructivos.

Las rocas ígneas (del latín igneus) o magmáticas se forman a partir de la solidificación de un fundido silicatado o magma. La solidificación del magma y su consiguiente enfriamiento puede tener lugar en el interior de la corteza, tanto en zonas profundas como superficiales, o sobre la superficie de ésta.

Si el enfriamiento y la cristalización tiene lugar en una zona profunda de la corteza a las rocas así formadas se les denominan rocas intrusivas o plutónicas (de Plutón, el dios del mundo inferior en la mitología clásica). Por el contrario, si la solidificación del magma tiene lugar en la superficie terrestre a las rocas se

las denomina rocas extrusivas o volcánicas (de Vulcano, dios del fuego en la mitología clásica que tenía su residencia bajo el Monte Etna). Por último, si la solidificación magmática se produce cerca de la superficie de la tierra, de una manera relativamente rápida y el magma rellena pequeños depósitos (p.ej. diques, filones, sills, lacolitos, etc.) a las rocas así formadas se las denomina subvolcánicas o hipoabisales. Estas rocas también reciben el nombre de filonianas, porque su forma de yacimiento es el relleno de grietas y la formación de filones.

Los magmas son mezclas de silicatos fundidos, cristales y gases disueltos que se generan en las capas altas del manto, y ascienden hasta la superficie por diferencia de densidad con el entorno. En el manto terrestre se producen aumentos de temperatura por la desintegración de elementos radiactivos, aunque también se habla de un calor remanente procedente del núcleo. Cuando en algún punto bajo la corteza se alcanza y supera la temperatura de fusión de los cristales que forman las rocas, se inicia el proceso de formación de un magma

#### 4.1.1.- Clasificaciones de las rocas magmáticas

Al tratar este punto y tras barajar múltiples bibliografías nos hemos decantado por utilizar los conceptos de Bastida (2005) por su claridad y rigor.

La gran variedad que presentan las rocas ígneas permite que puedan ser clasificadas desde diferentes puntos de vista. A continuación exponemos las diferentes clasificaciones atendiendo a:

- Lugar de solidificación del magma
- Características mineralógicas y químicas

Según el lugar de enfriamiento y solidificación del magma las rocas ígneas se dividen en dos grandes grupos:

- *Rocas volcánicas* también llamadas extrusivas, efusivas o eruptivas. Son aquellas en las que el magma alcanza la superficie de la tierra y se solidifica en condiciones subaéreas con enfriamiento rápido. Este enfriamiento implica una mala cristalización en la que se forman

agregados cristalinos de grano fino ando lugar al desarrollo de texturas afaníticas o a simplemente a la formación de un material vítreo

- *Rocas plutónicas* también llamadas plutónicas. La solidificación del magma se produce bajo la superficie a diferente profundidad. El enfriamiento es lento lo que permite el desarrollo de formas de cristalización generalmente completas y con un alto grado de perfección.
- Los granos de la roca se pueden distinguir a simple vista mostrando la roca una textura fanerítica.

Según su composición química y mineralógica podemos clasificar las rocas ígneas en grupos más complejos. Estas clasificaciones no tienen en cuenta la textura y la estructura de las rocas pero si su mayor o menor contenido en sílice. Así cabría establecer los siguientes grupos:

**Rocas ácidas, intermedias, básicas y ultrabásicas**, según que su contenido en sílice sea mayor del 66% o menor del 45%.



Figura 4.1  
Clasificación de las rocas plutónicas según su contenido en SiO<sub>2</sub>

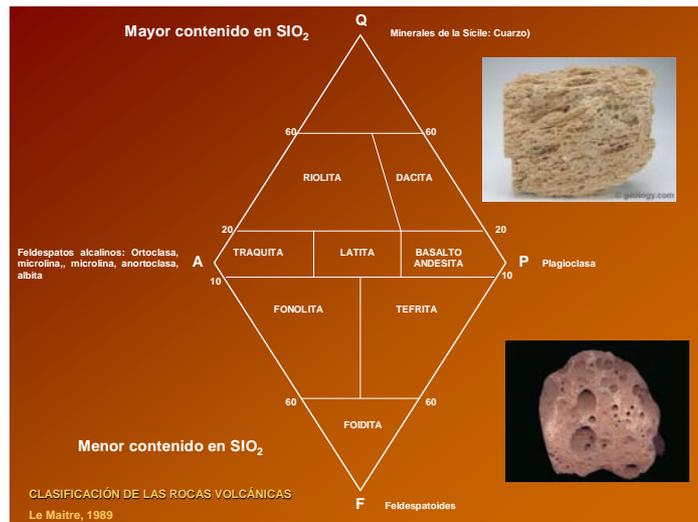


Figura 4.2. Clasificación de las rocas volcánicas según su contenido en  $\text{SiO}_2$

#### 4.1.2.- Composición mineralógica

Las rocas ígneas están compuestas fundamentalmente por silicatos, los cuales están constituidos por silicio (Si) y oxígeno ( $\text{O}_2$ ). Estos dos elementos, junto con el aluminio (Al), calcio (Ca), sodio (Na), potasio (K), magnesio (Mg) y hierro (Fe), constituyen más del 98% en peso de la mayoría de los magmas que al solidificarse forman las rocas ígneas. Además los magmas contienen pequeñas cantidades de otros elementos como azufre (S), oro (Au), plata (Ag) uranio (U), tierras raras, gases en disolución, etc.

La composición de una roca ígnea dependerá, por tanto, de la composición inicial del magma a partir del cual se ha formado.

Los diferentes silicatos que constituyen las rocas ígneas cristalizan en un orden determinado, que está condicionado por la temperatura y la presión. La serie de cristalización de Bowen (1928)<sup>27</sup> (Fig.4.2) nos muestra el orden de cristalización de los distintos silicatos conforme disminuye la temperatura de un magma y distingue tres grupos de minerales:

<sup>27</sup> Norman Levi Bowen (1887-1956): geocímico y petrólogo experimental canadiense del Instituto Carnegie Washington DC. Trabajó principalmente sobre geoquímica de las rocas ígneas publicado en *La evolución de las rocas ígneas* en 1928

- *Los ferromagnesianos*. Denominados así por su alto contenido en hierro y magnesio (olivino, piroxenos, anfíboles, biotita). Debido a su composición son minerales de colores más oscuros. Forman una serie de cristalización discontinua y cristalizan en un rango de temperaturas altas.
- *Las plagioclasas*. Forman una serie de cristalización continua entre la anortita y la albita<sup>28</sup>. Cristalizan también en un intervalo de temperaturas altas - medias.
- Silicatos no ferromagnesianos (cuarzo, moscovita y ortosa). Son los minerales que cristalizan a menor temperatura. Estos minerales contienen una mayor proporción de aluminio (Al), potasio (K), calcio (Ca) y sodio (Na), que de hierro y magnesio.

A las rocas con un alto contenido en minerales ferromagnesianos se les denomina máficas (máficos, del latín magnesium y ferrum). Suelen tener un índice de color alto (tonalidades oscuras). A las rocas con alto contenido en minerales no ferromagnesianos (cuarzo, moscovita, feldespato potásico, plagioclasa y feldespatoideos) se les denomina félsicas (félsico, proveniente de feldespato y sílice). Son rocas con un índice de color bajo (tonalidades claras).

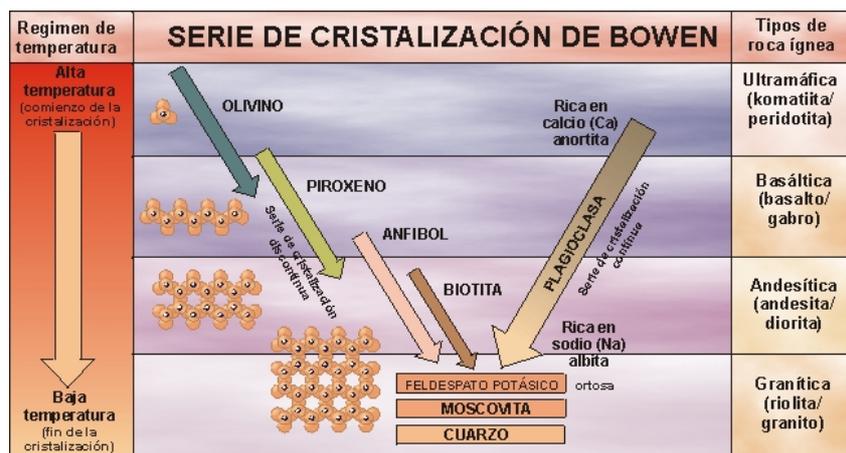


Figura 4.3

[http://www.uam.es/personal\\_pdi/ciencias/casado/GEORED/Endogenas/igneas.htm](http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/casado/GEORED/Endogenas/igneas.htm)

<sup>28</sup> Minerales del grupo de los Silicatos, subgrupo Tectosilicatos y dentro de ellas pertenece a los feldespatos denominados plagioclasas

#### 4.1.3.- Textura

Depende principalmente de la velocidad de enfriamiento del magma y de su viscosidad y de la concentración molecular de sus componentes . Para sistematizar las texturas se emplean los siguientes criterios:

- Grado de cristalización
- Tamaño y disposición de los cristales
- Composición mineralógica

##### 4.1.3.1.-Grado de cristalización

Cuando un magma se enfría muy rápidamente, y no hay tiempo suficiente para que los átomos e iones se agrupen formando una estructura cristalina, el resultado de la solidificación es la formación de un vidrio. Según su porcentaje se pueden clasificar en:

- *Holohialinas*. Son rocas que están compuestas por más del 90% en volumen de vidrio, lo que suele ser característico de las rocas volcánicas lávicas (p.ej. una pumita o una obsidiana).
- *Hialocristalinas*. Son rocas que están compuestas en parte por vidrio y en parte por cristales, sin que ninguno de estos dos componentes supere el 90% del volumen total. Este tipo de textura suele ser característico de las rocas volcánicas lávicas y de las rocas hipoabisales o filonianas (p.ej. un pórfido granítico).
- *Holocristalinas*. Son rocas que están compuestas por más del 90% en volumen de cristales, lo que suele ser característico de las rocas plutónicas (p.ej. un granito).

##### 4.1.3.2.-Disposición y tamaño de los cristales

La disposición de los cristales permite establecer los siguientes tipos texturales

- *Idiomórfica*. Cristales que crecen sin interferir con los próximos
- *Xenomórfica*. Cristales que interfieren con los próximos.

En función del tamaño de los cristales de una roca ígnea se pueden establecer las siguientes texturas:

- *Fanerítica*, del griego phaneros (visible). Es aquella roca en la que los cristales pueden reconocerse a simple vista. Este tipo de textura se da en rocas que han sufrido un proceso lento de enfriamiento, es decir que han perdido calor de una forma gradual y lenta. Es típica de rocas intrusivas (plutónicas). Se pueden distinguir varios tamaños de grano dentro de este grupo:
  1. Grano muy grueso, los granos tienen un tamaño mayor de 30 mm
  2. Grano grueso, los granos tienen tamaños entre 30 y 5 mm
  3. Grano medio, los granos tienen tamaños entre 5 y 2 mm
  4. Grano fino, los granos tienen un tamaño menor de 2 mm, pero son visibles
- *Afanítica*, el prefijo a- indica negación, a phaneros (no visible). Es aquella roca en la que los cristales no pueden reconocerse a simple vista y es necesario observarlos con una lupa o un microscopio. Una textura afanítica siempre indica que el proceso de enfriamiento se produjo de forma más o menos rápida. Esta textura es típica de rocas volcánicas y subvolcánicas. Se pueden distinguir dos clases dentro de este grupo:
  1. Microcristalinas, cuando los cristales son reconocibles con el microscopio
  2. Vítreas o criptocristalinas, cuando los cristales no son reconocibles con el microscopio

#### 4.1.3.3.-Distribución de tamaños de los cristales

A partir de la distribución de tamaño de los cristales podemos diferenciar la siguiente tipología:

- *Equigranular*. El tamaño de todos los cristales es parecido.
- *Inequigranular*. En la roca existe una distribución de tamaños de grano muy amplia. Si se representa el tamaño de los cristales frente a su

frecuencia se pueden distinguir varios tipos de distribuciones. Unimodal, cuando la distribución es una campana de Gauss; bimodal, cuando se pueden distinguir dos máximos dentro de la distribución y seriada.

- *Porfídica*. Cuando se observa una serie de cristales de gran tamaño englobados en una matriz compuesta por granos de un tamaño sensiblemente menor, es decir, existen dos poblaciones distintas de cristales.

#### 4.1.3.4.-Composición mineralógica

Atendiendo a las relaciones entre los minerales de las rocas se puede establecer una gran variedad de texturas:

Esferulítica, orbicular, rapakivi, variolítica, spinifer, traquítica, poiquilítica, diabásica, ofítica, gráfica y clástica

#### 4.1.4.- Clasificación de las rocas ígneas

Así pues, y según las características vistas anteriormente queda reflejadas en el siguiente cuadro (Fig.4.3):

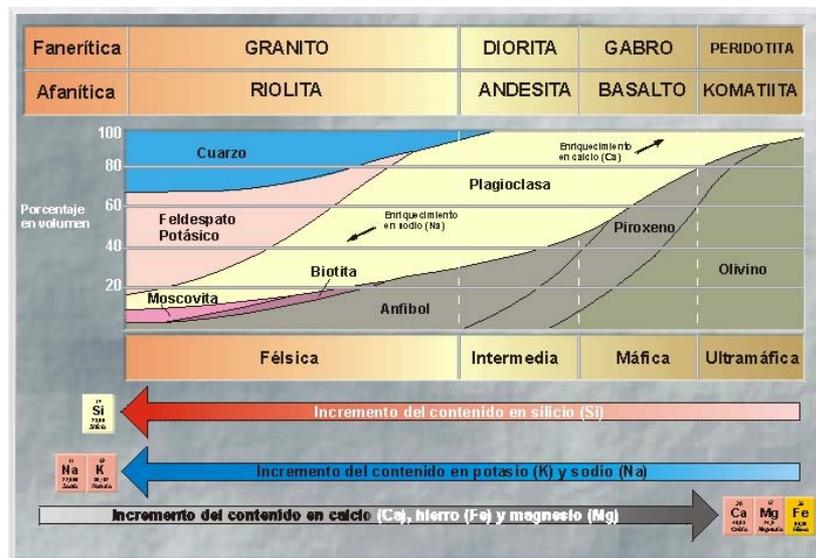


Figura 4.3.

[http://www.uam.es/personal\\_pdi/ciencias/casado/GEORED/Endogenas/igneas.htm](http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/casado/GEORED/Endogenas/igneas.htm)

Y siguiendo el porcentaje en volumen de SiO<sub>2</sub>, las rocas ígneas se clasifican en:

- *Félsicas*: Rocas con predominio en cuarzo (graníticas)
- *Intermedias*: rocas con mezcla de félsicas y máficas (andesíticas)
- *Máficas*: Rocas ricas en hierro y magnesio (basálticas)
- *Ultramáficas*: Rocas con más del 90% de minerales máficos (peroditíticas).

#### 4.1.5.- Clasificación de la IUGS (Internacional Union of Geológica Sciences)

A finales de los años sesenta del siglo XX, La Comisión de Petrología de la IUGS propone una nueva nomenclatura para designar a las rocas ígneas (Le Maitre *et al*, 1989, 2002). Esta clasificación se basa en la composición mineralógica. Se expresa mediante la confección de diagramas triangulares en los que se tiene en cuenta la presencia y porcentaje de los siguientes parámetros:

- *Minerales del grupo de la sílice*
- *Feldespatos alcalinos*,
- *Plagioclasas*
- *Feldespatoídes*
- *Minerales máficos*

Los cuatro primeros grupos constituyen los “minerales félsicos”

De acuerdo con los criterios de las IUGS se han establecido los siete grandes grupos de rocas ígneas:

- *Plutónicas*
- *Volcánicas*
- *Piroclásticas*
- *Carbonatitas* (contienen más del 50% de carbonato modal)
- *Lamprofíricas* (afectadas por procesos hidrotermales)
- *Melilitíticas* (contienen más del 10% de melilita modal)
- *Charnockíticas* (presencia de hiperstena)

#### 4.1.6.- Referencias sobre aplicaciones de las rocas ígneas en diversos ámbitos.

Toda la variedad de rocas descritas pueden tener aplicaciones industriales más o menos importantes:

- *Las rocas porfídicas*, al tratarse de rocas compactas, aunque a menudo afectadas por disyunciones más o menos regulares, no suelen tener otra aplicación que como árido de machaqueo. En concreto, algunos basaltos son excelente materia prima para áridos especiales, como el balasto de ferrocarril.
- *Las rocas de tipo piedra pómez* de naturaleza silíceas son materia prima para la industria cementera, ya que por su naturaleza vítrea y su composición reaccionan con la cal para dar compuestos con propiedades hidráulicas: son los denominados cementos puzolánicos o puzolanas. También tienen aplicaciones menores en la industria textil, para el lavado a la piedra de prendas vaqueras, y en la higiene doméstica.
- *La obsidiana* es una piedra semipreciosa, apreciada para la elaboración de objetos decorativos.
- *La perlita* es un vidrio volcánico parcialmente hidratado, rico en sílice, que es susceptible de ser tratado por expansión. Este material ya tratado tiene varias aplicaciones en construcción: árido ligero en hormigones, aislante acústico, aislante criogénico. También se utiliza en procesos de filtrado y en suelos artificiales, para horticultura.
- *El granito* es una roca ácida de textura granítica, presenta: cuarzo, feldespato alcalino, plagioclasa sódica y micas, su coloración varía de muy claro a tonos medios de gris, con sombras de rosa o rojo frecuentemente. A veces se encuentran tonos verdes. El mineral secundario más común es probablemente la biotita. También se encuentran con frecuencia la moscovita y la hornablenda. La textura de los granitos es sumamente variable, desde fina a muy gruesa. En general, tanto la textura como el color son uniformes en grandes volúmenes de roca. El granito es más resistente con clima seco.
- *La diorita* es una roca intermedia, de coloración oscura debido a la abundancia de minerales ferromagnesianos. De textura granuda, contiene minerales como: plagioclasa, feldespato alcalino, micas y cuarzo

(escaso), con hornablenda o biotita como principal constituyente oscuro. Es un tipo de roca más abundante que las sienitas, pero menos que los granitos. Las dioritas pasan a convertirse en *gabros* al disminuir el feldespato que contienen y aumentar los minerales ferromagnesianos, haciendo que la roca sea más oscura. Las dioritas se han usado más para aplicaciones de piedra triturada, o para fines monumentales y decorativos, que para fines estructurales.

- *El Gabro* es una roca de textura granítica de color oscuro, verde, gris oscuro o negro, se compone de: plagioclasa cálcica, auguita, piroxeno, y olivino, no hay cuarzo. Los gabros son menos abundantes, probablemente que las dioritas. Los gabros, como las dioritas, se han usado mucho más como piedra ornamental que para fines de construcción.
- *Las sienitas* son rocas granuladas compuestas esencialmente por feldespato ortoclasa. Generalmente se encuentran como minerales accesorios la biotita y la hornablenda. No contienen cuarzo. La sienita a causa de su rareza, tiene poca utilidad comercial como material de construcción.
- *Los gabros* al reducirse el contenido de plagioclasa, se convierten en una variedad (peridotito) formada principalmente por minerales oscuros como los piroxenos. También hay variedades que contienen hornablenda y olivina.

A modo de resumen establecemos los siguientes criterios definitorios de los dos grandes grupos de rocas ígneas:

## ROCAS PLUTÓNICAS

- *Estructura*: Masiva y homogénea, sin ordenación de cristales aunque pueden aparecer estructuras concéntricas (orbiculares) y concentraciones circulares (glandulares)
- *Arquitectura*: Aspecto masivo, compacto y denso, ausencia de huecos y porosidad muy baja. Diaclasas como elemento de discontinuidad que forman redes ortogonales con formación de cubos o paralelepípedos

- *Yacimiento:* En el interior de la tierra. Afloran por erosión. Forman cuerpos intrusivos encajados denominados:
  1. Plutones: Intrusiones magmáticas de grandes dimensiones, encajadas a alta temperatura. Tienen límites imprecisos y generan un intenso metamorfismo de contacto en la roca de caja
  2. Batolitos: Tienen dimensiones menores. Proceden de remanentes magmáticos encajados a baja temperatura. Sus límites son muy netos y el metamorfismo es muy bajo o nulo.
  3. Filones: Intrusiones netamente diferenciadas de la roca de caja.

## ROCAS VOLCÁNICAS

- *Estructura:* Homogénea o fluidal con cristales ordenados en el sentido del flujo y de las turbulencias que se generan en el mismo. Pueden aparecer estructuras glandulares, vacuolares o pseudo-conglomerática.
- Las rocas volcánicas constituyen complejos litológicamente variados en función del comportamiento del magma. Las texturas y estructuras, la porosidad, diaclasas, color, densidad y composición, varían profundamente de unos supuestos a otros
- *Yacimiento:* La forma del yacimiento depende de las características de la erupción. Comúnmente encontramos conos, coladas, depósitos de caída, depósitos de flujo, diques... La disposición de estos yacimientos puede generar diferentes estructuras

### 4.2.- Las rocas volcánicas

Como ya hemos visto las rocas volcánicas se generan por el enfriamiento rápido de un magma, que ha ascendido hasta la superficie, en contacto con la biosfera. Los magmas se originan por fusión parcial de las rocas del manto y ascienden hasta la superficie por diferencia de densidad con el entorno, dando origen a intrusiones de rocas plutónicas o a erupciones volcánicas.

La fusión parcial de rocas está relacionada con aumentos de la temperatura por fusión de elementos radiactivos, por calor generado en procesos de deformación. La gran cantidad de calor necesaria para fundir grandes volúmenes de roca hace pensar a algunos investigadores (Winter, 2001) en un

origen profundo de la generación de magma –base del manto- motivado por el calor que existe en el núcleo del planeta. Otros autores (Presnall, 1979) plantean procesos de descompresión en las rocas como causa de su fusión parcial. También los cambios en la composición original de la roca puede rebajar su punto de fusión (las rocas hidratadas de la corteza oceánica funden a menor temperatura en las zonas de subducción). De una forma o de otra el mecanismo de generación de magma empieza cuando en una roca se alcanza el “punto de sólidos” es decir, se alcanza la temperatura suficiente para que empiecen a fundirse los primeros cristales; y se completa cuando se llega al “punto de líquidus” que indica que todos los cristales susceptibles de fundirse, lo han hecho.

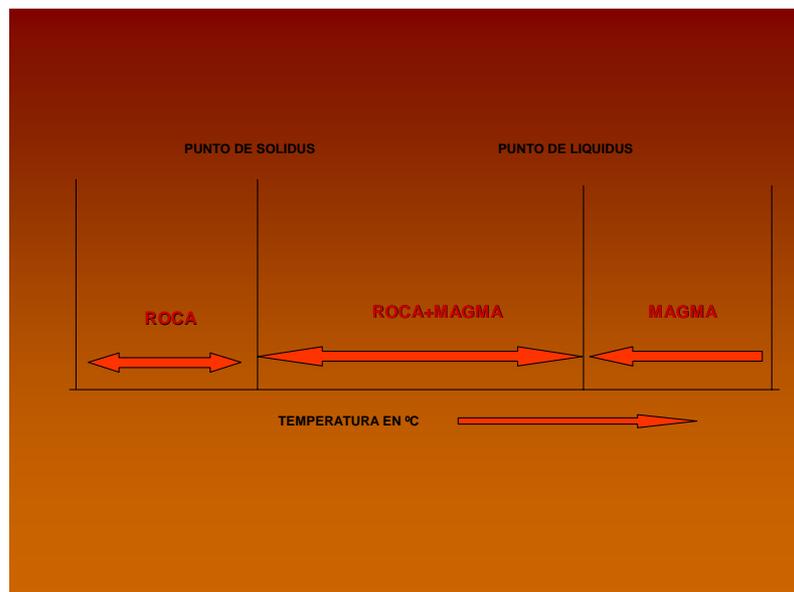


Figura 4.4.  
Esquema de la relación de aumento de la temperatura en el manto y la generación de un magma

Una vez que se ha generado un magma, este asciende hasta la superficie de forma lenta o con relativa rapidez. En este último caso, como ya hemos visto, la roca fundida aparece sobre la corteza, recibiendo el nombre de lava, y enfriándose de forma inmediata dando lugar a las rocas volcánicas. Durante el

ascenso el magma puede sufrir paradas en las llamadas cámaras magmáticas. En ellas se producen procesos de enfriamiento parcial y la aparición de nuevos minerales lo que lleva aparejado una transformación química del líquido

magmático originario. A este proceso se le denomina diferenciación magmático o cristalización fraccionada. El resultado es que un mismo líquido magmático original puede dar origen a tipos muy diferentes entre si.

#### 4.2.1.- Tipos de magmas y series de rocas volcánicas

Bajo cada región volcánica, se genera un magma con un quimismo específico debido a la mineralogía de la roca que funde y al grado de fusión parcial, siendo consecuencia este último de la profundidad de generación de magma y de la mayor o menor presencia de agua en el proceso. Se admite que los magmas originarios tienen todos naturaleza basáltica. Las rocas formadas a partir de los distintos estados evolutivos de un mismo magma primario se denominan series de rocas volcánicas.

Según la profundidad de formación pueden distinguirse los siguientes tipos de magmas:

- *Magmas toleíticos*: génesis poco profunda bajo bordes divergentes. La roca resultante es el basalto toleítico con diferenciados de andesita, dacita y riolita
- *Magmas calcoalcalinos*: génesis asociada a zonas de subducción con procesos intensos de diferenciación. Las rocas resultantes son basaltos y andesita, dacita y riolita cuando se han dado procesos de diferenciación
- *Magmas alcalinos*: génesis profunda intraplaca. Las rocas resultantes son basaltos alcalinos, traquibasaltos, traquita y fonolita, en magmas que han tenido procesos de diferenciación.

Otros autores plantean la existencia de otras series como la basáltico-alumínica (Kuno, 1968) con contenidos elevados de  $Al_2O_3$ , y la shoshonítica (Joplin, 1968) rica en potasio.

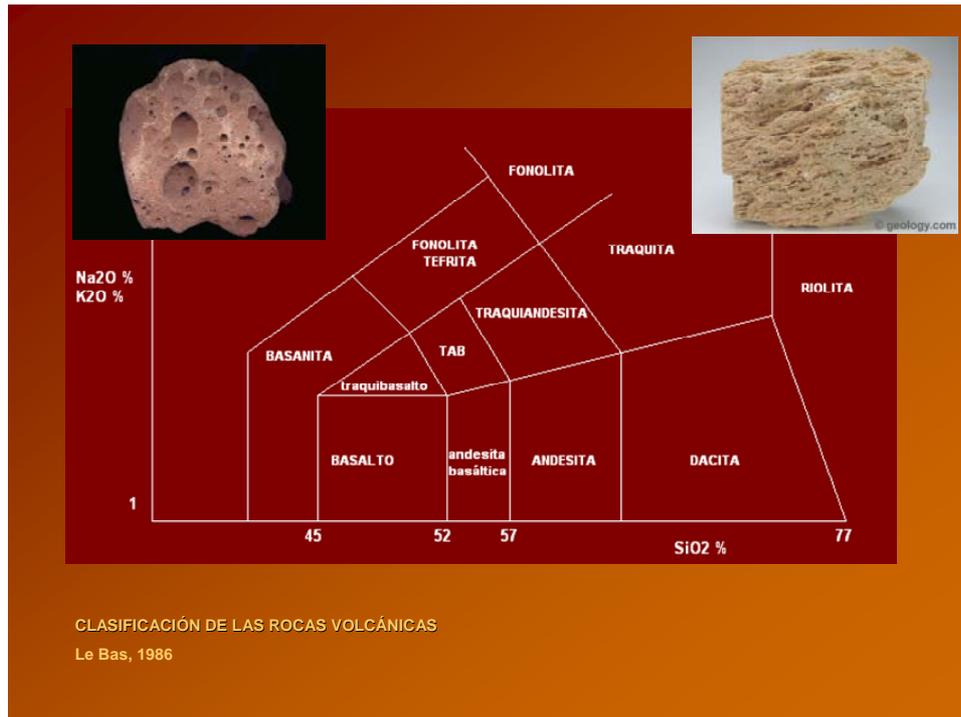


Figura 4.5  
Clasificación de las rocas volcánicas

A continuación se describen brevemente las principales rocas volcánicas. El orden está basado en su contenido en  $\text{SiO}_2$

*Riolitas.*- Roca volcánica cuya composición química y mineralógica es similar a la de los granitos. Presenta textura afanítica o vítrea y su color es muy claro. Está formada por feldespatos alcalinos (sanidina, ortoclasa y puntualmente anortoclasa). La plagioclasa es oligoclasa o andesina, suele presentar cristales de biotita. Cuando la roca contiene anfíboles estos suelen ser ricos en sodio. Las riolitas se generan a partir de un magma denso a temperatura que oscila entre 735 y 900 °C. Una variedad de riolita es la obsidiana, vidrio volcánico sin vesículas, de color oscuro o negro y fractura concoidea.

*Traquitas.*- Rocas volcánicas equivalentes a las sienitas. Los magmas traquíticos presentan alta viscosidad. Al igual que las riolitas, su alta

viscosidad implica que se asocien a erupciones volcánicas con índices de explosividad muy altos. Las traquitas tienen colores claros. En ellas se desarrollan fenocristales de feldespato. Su textura es la traquítica. Según el feldespato dominante las traquitas se dividen en potásicas (sanidina, biotita, clinopiroxeno y hornblenda) y sódicas (albita, feldespato sódico-potásicos, anfíboles ricos en hierro y sodio)

*Fonolitas.*- Rocas volcánicas equivalentes a las sienitas foídicas. Son rocas de grano fino formadas por feldespato alcalino (sanidina o anortoclasa), feldespatoideos (nefelina, leucita, sodalita) y un anfíbol rico en hierro y sodio. También puede contener fatalita, granate y biotita. Las fonolitas son rocas compactas de color gris o verde. Su textura es porfírica

*Andesitas.*- Rocas volcánicas equivalentes a las dioritas. Están formadas por plagioclasa y minerales fémcicos. Son rocas ricas en alúmina. Se diferencian del basalto en el contenido en sílice. Según la clasificación de la IUGS (Bastida, 2005) un basalto con un contenido mayor del 52% de SiO<sub>2</sub> debe considerarse una andesita. Las andesitas contienen feldespatos (plagioclasa) y piroxeno (augita, hiperstena) que aparecen como fenocristales. Es frecuente que contengan ortopiroxeno. El olivino aparece en los términos más básicos. También son comunes el apatito, el circón y la magnetita. Las andesitas presentan textura traquítica, aunque las vítreas y vesiculares se dan con frecuencia. Las andesíticas son las rocas volcánicas más abundantes tras los basaltos. Son comunes en el volcanismo continental, en áreas orogénicas, arcos insulares...Su composición varía en cada una de estas zonas. Algunos autores consideran que las andesitas son el resultado de la mezcla de magmas basálticos y corteza continental. Cuando las andesitas contienen una proporción de sílice entre el 52 y 57% reciben el nombre de andesitas-basálticas.

*Basalto*.- “Los basaltos son rocas máficas de grano fino equivalentes composicionalmente a los gabros” (Bastida, 2005). Estas rocas tienen un contenido en sílice comprendido entre el 44 y el 52%. Están compuestas de plagioclasa (labradorita) y piroxeno (clinopiroxeno rico en calcio). También entran en su composición la magnetita, la ilmenita, el apatito, biotita y el olivino. Este último puede aparecer de forma muy abundante en algunos basaltos (basaltos olivínicos). Puede haber una presencia de xenocristales de cuarzo.

La plagioclasa aparece formando fenocristales o agregados cristalinos de composición más sódica. Los piroxenos que aparecen son, como ya se ha dicho, de carácter cálcico como la augita que forma fenocristales, aunque también forman parte de la composición piroxenos pobres en calcio como la pigeonita. En el basalto abundan xenolitos de la roca de caja. Los basaltos presentan texturas vítrea (basaltos oceánicos), holocristalina y afanítica (basaltos continentales)

Los basaltos se alteran en contacto con la biosfera y en presencia de procesos hidrotermales dando lugar a la formación de otros minerales y compuestos químicos, en ocasiones explotables desde el punto de vista económico.

Se han utilizado, a lo largo del tiempo, varias clasificaciones de los basaltos.

Yoder y Tilley en 1962 establecen la siguiente clasificación:

- *Basaltos toleíticos* (toleitas). Contiene cuarzo normativo, augita y escaso olivino
- *Basaltos con hiperstena*. Contiene hiperstena normativa. Ausencia de cuarzo y olivino normativos

- *Toleitas olivínicas*. Contienen hiperstena y olivino normativos. Ausencia de cuarzo y nefelina normativos
- *Basaltos olivínicos*. Contienen olivino normativo, piroxeno rico en titanio, ausencia de cuarzo
- *Basaltos alcalinos*. Contiene nefelina normativa, feldespatos alcalinos, nefelina, leucita y analcima. Ausencia de cuarzo

Siguiendo criterios mineralógicos se han establecido dos tipos de basalto:

- *Basaltos sobresaturados* (basaltos toleíticos)
- *Basaltos no saturados* (basaltos alcalinos)

Según su origen y relación con las placas litosféricas, Pearce y Cann, en 1973 establecen la siguiente clasificación:

- *Basaltos de dorsal centro oceánica* (basaltos toleíticos y ocasionalmente alcalinos). Se emiten en las erupciones de las dorsales oceánicas y constituyen el roquedo de los fondos oceánicos. Contienen en abundancia cromo y níquel con menor presencia de potasio, rubidio, cesio, estroncio, bario, uranio, zirconio, plomo... La textura de estos basaltos es vítrea y su estructura almohadillada.
- *Basaltos de arcos de islas y márgenes continentales orogénicos*. (Basaltos toleíticos) Tienen un alto contenido en aluminio y potasio. También contienen rubidio, cesio, estroncio y bario. El contenido en manganeso y calcio es bajo
- *Basaltos de islas oceánicas*. (toleíticos y/o alcalinos)
- *Basaltos de mesetas continentales*. (Toleíticos y alcalinos) Tienen alto contenido en sodio, potasio, rubidio, estroncio, bario, uranio y sílicio. Junto a los basaltos de islas oceánicas se denominan "basaltos intraplaca"

#### 4.2.2.- Aprovechamiento del basalto

El basalto es la variedad más común de roca volcánica. Se trata de una roca extrusiva de color negro o negro-verdoso consolidada durante el enfriamiento en la superficie de lava fundida. En el transcurso del enfriamiento se suelen desarrollar fases minerales olivínicas, piroxénicas (augita) o plagioclasas, normalmente con textura micro/criptocristalina. La composición química de los basaltos presenta un contenido en SiO<sub>2</sub> menor del 52% por lo que se encuentran clasificados como rocas básicas.

##### 4.2.1.1.- El basalto en la ingeniería

El aprovechamiento de este material queda constatado en aportaciones diversas, en el campo de la ingeniería.

El I.G.M.E en el *Mapa de Rocas Industriales E. 1:200.000*, para la hoja de Ciudad Real (1976) pone en relieve la utilidad de las explotaciones de basalto, que tradicionalmente era y es para la fabricación de cemento puzolánico, pero igualmente poseen unas características de porosidad, baja densidad y dureza para ser utilizados en suelos antideslizantes, en agricultura como conservadores de humedad, etc.

José Miguel Cáceres Alvarado (1995), en su tesis doctoral *Obtención de fibras de vidrio a partir de rocas volcánicas canarias y su posible aplicación como material aislante y de refuerzo* defiende que los materiales obtenidos a partir de rocas y escorias industriales revisten gran interés tecnológico, tanto por su estudio en laboratorio como por su producción a escala industrial. Una vía de aprovechamiento de estas materias primas es la preparación de piezas sólidas siguiendo un proceso vitrocerámico, que consiste en la cristalización controlada de un vidrio, mediante tratamiento térmico. Estos productos se emplean eficazmente en pavimentos, recubrimientos y conducciones. Otra alternativa es la elaboración de fibras en forma de "algodón" o "lana", a partir, como en el caso anterior, del material fundido. Se emplean extensamente como

aislante térmico y acústico, y tienen igualmente posibilidades como material de refuerzo.

Las rocas basálticas son idóneas para estos fines por su baja temperatura de fusión (en torno a 1300°C) respecto a otras rocas, su relativa homogeneidad química y mineralógica, y su gran disponibilidad en el mundo. (siendo Canarias la región española con mayor abundancia de basaltos y otras rocas volcánicas, susceptibles igualmente de emplearse con estos propósitos).

En el trabajo de Cáceres Alvarado se pretende investigar la viabilidad de las rocas volcánicas (sobre todo canarias) para la producción de fibras de vidrio, más concretamente lana de roca, y su posible aplicación como material aislante térmico-acústico y de refuerzo.

En 1997 dentro de la obra *Recursos naturales y medio ambiente en el sureste peninsular*, aparece el artículo titulado: "Las rocas volcánicas del SE español: posibles aplicaciones en la industria vitrocerámica y petrórgica", firmado por J. A. Rodríguez-Losada y I. Queralt Mitjans, se vuelve a resaltar que las rocas volcánicas son consideradas tradicionalmente como materia prima idónea para la producción de materiales petrórgicos, de tipo vitrocerámico o para la elaboración de soportes vítreos destinados a la inmovilización de residuos radioactivos, a partir de diferentes tratamientos térmicos, incluyendo la fusión. En España han sido considerados los yacimientos de rocas basálticas susceptibles de ser explotadas como materia primas para la obtención de vitrocerámicos, concentrándose algunos trabajos en los afloramientos neógenos de rocas basálticas en las Islas Canarias y en la Garrotxa, Cataluña.

En cuanto a la zona del Campo de Calatrava, existen numerosos estudios geológicos y petrogénicos sobre los yacimientos de esta área volcánica, así como estudios geoquímicos de algunos de los basaltos procedentes de los mismos (López Ruiz et al., 1993; Ancochea et al., 1982). Sin embargo, hasta el trabajo sobre la fusión y desvitricación del basalto de la cantera El Arzollar

de Ciudad Real (Acosta *et al.*, 2005), no se habían publicado estudios orientados a evaluar la idoneidad de los basaltos de estos yacimientos como materia prima para la industria vítrea y vitrocerámica similares a los existentes referidos a basaltos procedentes de las zonas de Cataluña o las Islas Canarias. (Queralt, *et al.*, 1992; Vicente *et al.*, 1990, Rincón *et al.*, 1999).

En este punto destacan los trabajos en curso de Acosta Echevarría y su equipo. En sus estudios sobre el proceso de sinterización<sup>29</sup>, se presentan las propiedades de una serie de muestras basálticas procedentes de diversos puntos de la zona volcánica del Campo de Calatrava, incluyendo no solo su caracterización físico-química y mineralógica, sino también el estudio de su comportamiento frente a las variaciones de la temperatura.

Dada su elevada dureza, el basalto se utiliza principalmente como árido de machaqueo para uso como balasto o zahorras en construcción de vías ferroviarias y carreteras. Los basaltos son también materias primas ampliamente utilizadas sobre todo en Centroeuropa y en Rusia por la industria vítrea y vitrocerámica para obtener una amplia gama de productos. El tratamiento térmico del basalto tanto por sinterización como por fusión, permite la obtención, entre otros, de plaquetas vitrocerámicas para pavimentos, recubrimientos internos de tuberías para conducción de materiales abrasivos, piezas conformadas para la industria, obtención de fibra basáltica, esmaltes cerámicos etc...

#### **4.3. Diversos ejemplos de la utilización de las rocas volcánicas**

A continuación y una vez que de forma sucinta hemos expuesto la utilización del basalto, lo relacionaremos con zonas donde la impronta volcánica está presente en algunas de sus manifestaciones, y en las que el Grupo de Investigación, "*Geomorfología, Territorio y Paisaje en Regiones Volcánicas*" del

---

<sup>29</sup> La sinterización es un proceso de obtención de materiales a partir de materias primas en polvo conformadas mediante prensado en moldes. El material en verde ya conformado es tratado posteriormente a temperaturas por debajo de la temperatura de fusión para que densifique y se consolide la estructura

que formo parte, ha llevado a cabo trabajos docentes o de investigación. Estos espacios han sido: las Islas Canarias, el Lacio y Campania, islas Eólicas, Sicilia, el Macizo Central francés y el Eje Neovolcánico mexicano

#### 4.3.1.- El uso de las rocas volcánicas en las Islas Canarias

En la terminología usual de las áreas volcánicas, el Archipiélago Canario se incluye en el grupo de islas oceánicas. Forma parte, asimismo, de la Macaronesia con los archipiélagos atlánticos de Azores, Madeira, Salvajes y Cabo Verde.

En el volcanismo canario se manifiesta una gran diversidad de mecanismos eruptivos, que pueden sintetizarse en dos grandes grupos de actividad: efusiva y explosiva.

Las erupciones basálticas monogenéticas son relativamente tranquilas, exceptuando las que surgen en la línea de costa, donde es frecuente que la explosividad aumente al interaccionar agua y magma (erupciones hidromagmáticas), formándose conos achatados con cráteres de gran diámetro.

Las erupciones plinianas fonolíticas son responsables de los extensos y potentes depósitos de pómez en el sur de Tenerife, cuya última erupción de este tipo fue la de Montaña Blanca, en la base del Teide, hace 2000 años. También abundan, tanto en Tenerife como en Gran Canaria, los depósitos ignimbríticos que ya fueron descritos como eutaxitas en el siglo XIX.

El volcanismo predominante en Canarias se alimenta de magmas básicos alcalinos que se generan en el manto superior a unos 70 Km de profundidad. Aunque estos magmas alcanzan rápidamente la superficie, pueden experimentar modificaciones durante su ascenso dando origen a una serie de términos: basaltos, basanitas, fonolitas, etc.

Sólo en las dos islas centrales (Tenerife y Gran Canaria) se han dado condiciones favorables para que los magmas primarios evolucionen al detenerse

temporalmente en cámaras magmáticas emplazadas a pocos kilómetros de la superficie. La evolución geoquímica (diferenciación) da lugar a magmas enriquecidos en gases y de composición félsica: traquitas y fonolitas.

La voluminosa y prolongada actividad eruptiva de magmas, primarios y evolucionados, así como su mezcla ocasional, hacen que el archipiélago canario sea una de las áreas volcánicas con mayor variedad petrológica del planeta.

El volcanismo se mantiene activo en el archipiélago durante millones de años, y hasta la actualidad, de forma que en las islas se contabilizan un total de 14 erupciones desde finales del siglo XV. Los materiales emitidos en estas erupciones han cubierto amplias superficies, se han canalizado por algunos barrancos y en ocasiones, al alcanzar el mar, han modificado la línea de costa.

Aunque existe esta amplia variedad de erupciones y rocas, son los términos básicos los que tradicionalmente han tenido un mayor uso en la arquitectura noble, tanto civil como religiosa, quedando limitados al medio rural la utilización de rocas piroclásticas asociadas a erupciones explosivas.

Nos vamos a encontrar, pues, con el basalto como material de construcción dominante en la totalidad de las edificaciones ya sean de carácter civil o religioso, exterior o interiormente, si bien hay partes que se encalan, dando como resultado vivos contrastes entre el blanco de la cal y el negro del basalto (Fig. 4.5, 4.6, 4.6).

En el interior de edificios religiosos vemos detalles realmente curiosos e interesantes como cruces, hornacinas y pilas bautismales realizadas con el mismo material en una única pieza. (Fig.4.6).



Fig.4.5. Iglesia de Garachico



Fig. 4.6. Iglesia de La Laguna



Fig. 4.7. Iglesia de San Pedro (Vilaflor, Santa Cruz de Tenerife) Vista del exterior e interior



Fig. 4.8 Detalles del interior de la Iglesia de San Pedro (Vilaflor, Santa Cruz de Tenerife)



Fig. 4.9. Banco con adornos de basalto. La Laguna

Igualmente, en todos y cada uno de los municipios canarios observamos como en las infraestructuras de parques y jardines, el material dominante basáltico es moldeado hasta crear originales formas (Fig. 4.9)

#### 4.3.1.2.- Aprovechamiento de toba volcánica

La toba volcánica es un tipo de roca ligera, de consistencia porosa, formada por la acumulación de piroclastos. Los piroclastos (proviene del griego *pyros* fuego y *klastos* piedra) son fragmentos de lava de tamaño, morfología y color variado que se emite a la atmósfera en las erupciones volcánicas. De acuerdo con sus características los piroclastos de proyección aérea se dispersarán y caerán a tierra siguiendo simplemente la fuerza de la gravedad o según las leyes de la balística. A mayor altura de las columnas eruptivas, mayor será la dispersión de los piroclastos. Por su tamaño se distinguen clásicamente tres categorías:

- *Cenizas*: Partículas de menos de 2 mm de eje. Pueden ser microscópicas
- *Lapilli*: Fragmentos de entre 2 y 64 mm.
- *Bombas volcánicas*. Fragmentos de más de 64 mm.

En erupciones plinianas la piedra pómez es el piroclasto característico. Los piroclastos de flujo, se desplazan sobre la superficie en flujos laminares o turbulentos. La pumita (también llamada piedra pómez) es una roca magmática volcánica vítrea, con baja densidad (flota en el agua) y muy porosa, de color blanco o gris. Se usa en la construcción (triturada se puede utilizar para la fabricación de morteros u hormigones de áridos ligeros, destinados a mejorar las condiciones térmicas y acústicas) y en cosméticos (se utiliza para eliminar durezas sobre las plantas de los pies y codos).

Los piroclastos que forman depósitos en los que no se aprecia soldadura reciben el nombre de "tephra". Y cuando aparecen soldados y con el grosor de cenizas se denominan "toba".

Estos depósitos de toba son conocidos en Canarias con el nombre de "toscas". Su consistencia es media, lo que la hace ideal para cantería y, en su seno, para construir viviendas trogloditas (como el núcleo de Guayadeque en Gran Canaria). Su color va desde el rojo al blanco/amarillo, éstas últimas son las que provienen

de las erupciones en las que se desarrollan flujos piroclásticos y reciben el nombre de "toscas blancas", son típicas del sureste de Tenerife.



Fig. 4.10. Base de columna fabricada en toba. La Laguna

#### 4.3.2 Uso de las rocas volcánicas en construcción y ornamentos. Italia

La toba, aparece también como material volcánico abundante asociado al volcanismo del Lacio, siendo especialmente abundante en Roma y sus alrededores, denominándose en italiano *tufo* (Fig.4.11). Comenzó a emplearse a partir del siglo VII a. C., posiblemente tras el encuentro entre los romanos y una civilización etrusca más evolucionada. Este material posee excelentes cualidades para la construcción ya que es blando durante su extracción, aunque se endurece al contacto con el aire, siendo un buen aislante de espacios.



Fig.4.11. Ejemplos de utilización del Tufo.  
Detalle en muro (izquierda) y vasijas como maceteros (derecha)

Las numerosas cualidades técnicas de la toba, ya sean sus variantes cromáticas como las cualidades físicas, entre las que se encuentran su ligereza, resistencia y maleabilidad, permiten adaptarlo a cualquier tipo de construcción. La toba es especialmente apreciada en la fabricación de muros de carga internos y externos, ya que su esponjosidad permite construir estructuras ligeras pero con unas características de resistencia y compresión bastante elevadas. Igualmente se suele utilizar como revestimiento de paredes, colocación de muros, decoración de interiores, etc., así como en diferentes elementos decorativos de este tipo de piedra natural como jardineras, fuentes, maceteros, bancos, columnas, etc... (Fig. 4.12).



Fig.4.12. Decoración de jardines

Entre las obras realizadas con éste material llega a nuestros días ejemplos como el Coliseo, construido por el Emperador Vespasiano y concluido por su hijo Tito en en año 80 d.C.; los Muros Servianos, conocidos con el nombre de "cinta serviana" que constituyen el cerco mural urbano más antiguo de Roma (siglo VI A.C. pero los restos de éstos bloques son más recientes y resurgen a mitad del siglo IV A.C.); el Castillo San Angel (Castel Sant'Angelo), ideado por emperador Adriano en el año 123 d.C. realizado en tufo y mármol travertino; y

el Fuerte Sangallo, construido por el Papa Alejandro VI Borgia en Civita Castellana, el proyecto lo realizó Antonio Sangallo denominado El Joven, bajo el pontificado de Papa Julio II e históricamente se denomina "Fuerte Sangallo.

#### 4.3.3.- Ejemplo de aprovechamiento del material volcánico en Italia: La piedra negra del Etna

En Nápoles y Sicilia se encuentran buenos ejemplos de la utilización de las rocas volcánicas en la construcción de grandes edificios. En Campania, y debido a las características de sus erupciones en las que se emiten grandes volúmenes de ignimbritas denominada "tufo napolitano" se emplea fundamentalmente esta roca quedando reservado el basalto para pavimentación y zahorra.



Figura 4.13. Bloques de ignimbrita en Castel Nuovo. Nápoles

Según la mitología griega, el Etna era el volcán en cuyo interior se situaban las fraguas de Hefesto, que trabajaba en compañía de cíclopes y gigantes. El monstruoso Tifón yacía debajo de esta montaña, lo que causaba frecuentes terremotos y erupciones de humo y lava.

Su nombre derivaba de la ninfa **Etna**, hija del gigante Briareo y de Cimopolia, o de Urano y Gea, que se convirtió en la deidad de este famoso volcán. Por ello, fue la juez que resolvió la disputa sobre la posesión de Sicilia entre Deméter y Hefestos. Uniéndose con éste último fue madre de los pálicos, los dos dioses de sendos géiseres famosos en la isla.

Haciendo abstracción de la mitología, el nombre deriva de la palabra cananea (o del fenicio) *attanu* (arder) y posteriormente de la griega *aithos* (con el mismo significado de arder). Durante la ocupación árabe de Sicilia en la Edad Media, el Etna fue llamado *Ýébel Uhamat* (Montaña de Fuego), pasando a ser denominado durante siglos por gran parte de los italianos con la palabra mixta (románica-arábica): *Mongibello*.

El Monte Etna es un enorme edificio volcánico que se eleva aproximadamente 3.330 m encima del nivel de mar, con un diámetro básico de aproximadamente 45 kilómetros, un perímetro de más de 160 kilómetros y su lava, en más de 600.000 años, ha cubierto una superficie de aproximadamente 1250 kilómetros cuadrados.

El Etna, se halla a pocos kilómetros de Catania, la segunda ciudad más grande de Sicilia, y posee uno de los registros más documentados a lo largo del volcanismo histórico, remontándose a 1500 a C. Los flujos de lava históricos de composición basáltica cubren la mayor parte de la superficie de este volcán masivo, cuyo edificio es el más alto y el más voluminoso en Italia. El también llamado localmente *El Mongibello* es un estratovolcan, truncado por varias pequeñas calderas, originado durante Pleistoceno tardío y Holoceno sobre un anterior volcán escudo.

La primera erupción conocida del Etna es la registrada por Diodoro Sículo de a través del poeta romano Virgilio el cual dio lo que probablemente sea una descripción de primera mano en la Eneida.

*Es este puerto grande y está libre del acoso  
de los vientos, mas cerca ruge el Etna en horrible ruina  
y, si no, lanza hacia el cielo negra nube  
que humea con negra pez y ascuas escendidas,  
y forma remolinos de llamas y lame las estrellas;  
otras veces se levanta vomitando piedras y las entrañas*

*que arranca del monte y al aire con estruendo amontona  
masas de roca líquida y hierve en el profundo abismo.*

Eneida, Virgilio (S.I a.C)

Líneas 569-579

La actividad volcánica del Etna comenzó hace aproximadamente 700.000 años, con erupciones bajo la superficie marina, en la costa de Sicilia. El paisaje volcánico visible surgió hace 300.000 años hacia el Suroeste de la cumbre, antes que la actividad se desplazara hacia el centro actual hace unos 170.000 años. Las erupciones de ese momento comenzaron a construir el edificio volcánico principal, formando un estratovolcán en erupciones efusivas y explosivas alternadas. El crecimiento de la montaña fue ocasionalmente interrumpido por erupciones mayores que conllevaron al colapso de la cumbre formando amplias calderas.

Desde hace 35.000 a 15.000 años el Etna experimentó algunas erupciones altamente explosivas, generando flujos piroclásticos importantes que dejaron extensos depósitos de ignimbrita, encontrándose sus cenizas en lugares tan alejados como Roma, 800 km al Norte.

Hace miles de años el flanco Este de la montaña experimentó un colapso catastrófico, generando un enorme deslizamiento de ladera, en un evento similar al de la erupción del Monte Santa Helena de 1980. El deslizamiento dejó una gran depresión en el costado del volcán, conocida como el Valle del Bove (Valle del Buey). Una investigación publicada en 2006 sugiere que esto ocurrió alrededor del año 6000 AC, y causó un enorme tsunami que dejó su marca en varios lugares del Mar Mediterráneo oriental. Se ha especulado con que el tsunami provocado por este gigantesco cataclismo pudiera ser el hecho de la leyenda bíblica conocida como Diluvio Universal.

Las empinadas paredes del Valle han sufrido numerosos colapsos posteriores. Los estratos expuestos en el valle proveen un importante registro de la historia eruptiva del Etna fácilmente accesible. Se cree que el más reciente colapso de la cumbre ha ocurrido hace unos 2000 años para formar lo que se conoce como el

Piano Caldera. Esta caldera ha sido casi totalmente rellenada por erupciones de lava posteriores, pero aún es visible como un claro quiebro en la ladera de la montaña, cerca de la base del cono de la cumbre actual.

Las erupciones del Etna no son todas iguales. Algunas ocurren en la cumbre, donde hoy día (2010) hay cuatro cráteres distintos: el Cráter Noreste, la Vorágine, la Bocca Nuova y el Cráter Sureste. Otras suceden en los flancos, donde existen más de 300 conos. Las erupciones en la cumbre pueden ser extremadamente espectaculares, aunque rara vez amenazan las áreas habitadas alrededor del volcán. Por el contrario, las erupciones en los flancos pueden ocurrir incluso a unos pocos cientos de metros de altitud, bien en las cercanías o en las mismas áreas pobladas.

A los pies del volcán Etna se extiende la ciudad de Catania, representada por el símbolo del *Elefante enano* que en el pasado formaba parte de la fauna de la isla y que actualmente se puede admirar la estatua en la Fontana dell'Elefante (fig. 4.14), realizada en un pieza de basalto.



Fig. 4.14. Fontana dell'Elefante Catania, Sicilia

Catania fue sepultada hasta siete veces por las continuas erupciones del Etna y hoy en día todavía hay ruinas y restos griegos y romanos que siguen emergiendo desde las lavas. Entre el terremoto y la erupción de finales del siglo XVII, Catania quedó totalmente destruida (Fig.15). La reconstrucción se hizo utilizando la piedra volcánica, sobre todo basalto, de ahí el color negruzco de sus palacios e iglesias, y la característica mezcla de basalto y caliza en la construcción de puertas, arcadas y dinteles (fig. 4.16).



Figura 4.15. Castillo rodeado por las lavas del S. XVII.



Figura 4.16. Puerta de Garibaldi en Catania

#### 4.3.4.- La piedra de Volvic: La lava de Auvernia:

En la región de Auvernia, en pleno Macizo Francés y flanqueada por los valles de los grandes ríos del país, Loira, Garona y Ródano, encontramos el parque regional natural mayor de Francia, 393.000 hectáreas, que engloba el volcanismo desarrollado en el Macizo central, en un más que aceptable estado de conservación. Auvernia es también una de las más vastas regiones de Francia y cuenta con cuatro departamentos: La Haute Loire, Allier, El Puy de Dôme y El Cantal, en los que se produce un amplio espectro de ecosistemas y condiciones climáticas. Consta de cinco conjuntos: la cadena de los Puys (o los Montes Dômes), el Macizo del Sancy (o Montes Dore), las planicies de Artense y del Cézallier y los Montes del Cantal.

Estos volcanes tienen edad cuaternaria. Las primeras erupciones se produjeron hace unos 70.000 años aproximadamente y las más recientes se produjeron hace unos 6.000 años como la del maar de Pavín o la registrada en el Puy de Dôme el año 5760 a.C.

Las lavas que se emiten en estas erupciones son en su mayoría basaltos, si bien en erupciones de los estratovolcanes (Puy de Dôme) se han emitidos pumitas traquitas y traquiandesitas como las que han dado lugar a la formación conocida como "Grande Nappe"

La piedra de Volvic hace referencia a la colada del Puy de la Nugère que recubrió el valle granítico que desciende hacia la población de Volvic, situada en la región de Auvernia, departamento de Puy-de-Dôme. Por su alta calidad la piedra de Volvic (traquiandesita) se ha utilizado para diferentes construcciones desde la época galo-romana.

Actualmente existen numerosos ejemplos sobre el aprovechamiento de dicho material tal y como se observa en la catedral de Notre-Dame de l'Assomption de Clermont-Ferrand. La piedra de Volvic puede ser tratada para realzar sus calidades. Una vez esmaltada, decora las mesas o adorna las ciudades. Esmalte que se lleva a cabo en el Taller Fusión de Lava de Philippe Le Bouteiller<sup>30</sup> que fabrica cerámicas utilitarias y decorativas en asperón<sup>31</sup>, cuya originalidad viene por el hecho de que son recubiertas con esmaltes a base de lava. La lava llevada otra vez en fusión a 1300°C, se convierte en un esmalte natural, equilibrado, que contribuye dando a cada pieza a una personalidad única.

---

<sup>30</sup> <http://www.fusiondelave.com/index/>

<sup>31</sup> De áspero, es una arenisca de cemento silíceo o arcilloso. Se emplea para la construcción y también, cuando es de grano fino, en piedras de amolar

«Las montañas de Auvernia, dice M. Guettard, que  
 »á mi entender, fueron Volcanes en otro tiempo... son  
 »las de Volvic, á 2 leguas de Rion, del *Puy-de-dome*  
 »cerca de Clermont, y del *Mont d'Or*. El Volcan de Vol-  
 »vic ha formado con sus lavas diferentes capas, únas so-  
 »bre ótras, las cuales de este modo componen moles pro-  
 »digiosas, en que se han abierto canteras que abastecen  
 »de piedra á muchos lugares bastante distantes de Vol-  
 »vic... En Moulins fué donde ví las lavas por la pri-  
 »mera vez... ; y hallándome en Volvic, reconocí que la  
 »montaña casi no era mas que un conjunto de diferen-  
 »tes materias arrojadas en las erupciones de los Volca-  
 »nes....

Fig. 4.17. Recorte de Historia natural, general y particular, Tomo II Escrito por Georges-Louis Leclerc Buffon (Comte de) y traducido por Dr Joseph Clavijo y Fajardo Madrid 1930



Fig.4.18 Ejemplos de detalle de Notre-Dame de l'Assomption de Clermont-Ferrand

#### 4.3.5.- La utilización de las rocas volcánicas en la cultura mejicana

En México el volcanismo está relacionado con la zona de subducción de las placas de Rivera y Cocos con la gran placa Norteamericana, y tiene su principal expresión en la Faja Volcánica Mexicana (FVM), también denominada Eje Volcánico Transversal Mexicano (EVTM) o Cinturón neovolcánico. Esta faja, con orientación este-oeste, se extiende a lo largo de más de 1.200 km, teniendo

una anchura que varía de 20 a 150 km. La FVM, ubicada en torno del paralelo 19°, alberga a la mayoría de los principales volcanes activos del país. Es un volcanismo muy variado e incluye desde manifestaciones efusivas, hasta erupciones altamente explosivas. La FVM se caracteriza también por la diversidad de volcanes: desde grandes estratovolcanes hasta extensos campos de pequeños conos monogénicos de escoria y ceniza, así como volcanes escudo.

Existen también otros centros eruptivos en el país que no pertenecen a la FVM, como los volcanes del noroeste, entre los cuales sobresalen el volcán Tres Vírgenes en Baja California, los volcanes de las islas Revillagigedo en el Pacífico y el arco volcánico chiapaneco, que incluye al muy importante (tanto geológica como sociológicamente) volcán El Chichón y también al Tacaná. Hay en México, pues, más de 2.000 volcanes, de los cuales alrededor de 16 han manifestado una actividad que, de una u otra manera, ha afectado a los humanos o al menos ha sido presenciada por ellos.

Los volcanes se encuentran entre los elementos naturales que mayor influencia tuvieron sobre el desarrollo de las culturas mesoamericanas, en especial de las que se encuentran en la faja que cruza el centro de la República Mexicana, en el llamado Arco Chiapaneco y en Centroamérica. Si bien cuando éstos desatan su fuerza provocan auténticas catástrofes, también es cierto que acarrear efectos benéficos para las sociedades que habitan a su vera. Las tierras cercanas a los volcanes poseen un alto grado de fertilidad debido a los nutrientes que contienen las cenizas que arrojan; las elevadas cumbres de varios de ellos les permiten ser generadoras de importantes caudales de agua, por medio de corrientes y manantiales, provenientes de su deshielo.

En la época prehispánica fueron además fuentes de materia prima, principalmente de rocas de la dureza adecuada para elaborar esculturas – mayoritariamente de índole religiosa o asociada al poder político–, así como de obsidiana, roca volcánica que desempeñó un papel primordial en la vida cotidiana

de las sociedades mesoamericanas y que, en cierto sentido, funcionó como aglutinante de un amplio sistema de comercio que no sólo traspasaba las fronteras de las regiones en que se localiza este recurso, sino que trascendió en el tiempo (fig 4.19) .



Fig. 4.19. Diversos útiles fabricados en obsidiana. Museo Antropológico de México D.F.



Figura 4.20. Artesanía en basalto en San Salvador el Seco. Foto cedida por Rafael Gosálvez Rey

En la actualidad los grandes volcanes de México están inmersos, como lo estuvieron con mayor vigor en la época prehispánica, en un elaborado complejo simbólico que lo mismo les confiere cualidades divinas que les atribuye un talante humano. Se les veneraba y aún se les venera en varias regiones para solicitarles dones, la lluvia el principal, y pedirles calma; en la memoria de los hombres de estas tierras está impreso lo que esos colosos son capaces de hacer cuando desatan su furia. No son pocas las ocasiones en las que el despertar de alguno de los volcanes cambió el rumbo de la vida de las poblaciones que se asentaban en sus cercanías, al alcance de la caída de sus materiales o al paso de sus flujos. El ejemplo más notorio es Cuicuilco, importante población del Preclásico en la Cuenca de México, cuyo abandono a causa de la erupción del Xitle influyó en la historia subsecuente de los pueblos de la región.

Estos pueblos mezclaron conocimientos exactos con creencias mágicas acerca de la existencia y la actuación de los cerros que eran concebidos como seres vivos. Los más poderosos entre ellos eran los grandes volcanes que dominan el paisaje del Altiplano Central.

Los volcanes eran concebidos como personas claramente diferenciadas en cuanto a su sexo, eran hombres o mujeres. A los conos volcánicos se les atribuía el género masculino: Popocatépetl, "el cerro que humea" (5.465m); Poyauhtécatl, "el [habitante] de la neblina de humo", o Pico de Orizaba o Citlaltépetl, "Cerro de la Estrella" (5.610m); Cofre de Perote, Nappatecuhtli, "el cuatro veces señor" (4.220 m). De este último señala Torquemada que tenía "la virtud y poderío de cuatro dioses". Por otra parte, la Íztac Cíhuatl (Iztaccíhuatl), "la mujer blanca" (5.230 m), y la Malinche o Matlalcueye, "la de la falda azul-verde" (4.430 m), ambas con su ancho perfil, tenían un carácter femenino, de mujeres seductoras que sucumben ante el poder del Popocatépetl. No faltan los amoríos entre ellas y otros cerros menores que tratan de quitarle la pareja al Popocatépetl. Sin embargo, este último siempre resulta vencedor en esas contiendas.



Foto 4.21. Vista del Popocatépetl



Fig.4.22. Vista del Iztaccíhuatl

En México, los volcanes se han estudiado desde variados puntos de vista y en su investigación participan geógrafos, geólogos, volcanólogos, arqueólogos,

historiadores y antropólogos; lo mismo se atiende a su evolución natural que a su papel en la historia de las poblaciones prehispánicas y a la percepción que sus vecinos contemporáneos tienen de ellos.

Para la mentalidad prehispánica, la forma de clasificar "las piedras" era una mezcla de propiedades, poderes y prácticas mágico religiosas como un continuo inseparable, un conjunto de atributos que conecta la supervivencia, la fertilidad, la guerra, el sacrificio, la protección, la curación, la creación, la adivinación y la comunicación de los dioses con los hombres, bajo propiedades que no siempre podemos aprehender claramente, como el brillo, la pureza, la coloración, la atracción, la sudoración, el filo dulce, la densidad, la transparencia, el halo, el resplandor y las cualidades de calor o frío.

Con respecto al origen de las rocas, el conocimiento prehispánico hace referencia simultáneamente a eventos volcánicos, a fenómenos celestes como "piedras de rayo" o bien a "piedras de río o de la mar", ligadas en ocasiones a narraciones míticas sobre su origen.

La investigación arqueológica permite apreciar las técnicas de trabajo y la forma de empleo de los diversos tipos de roca, ya sea como herramientas o como materia prima, en la construcción arquitectónica, la escultura y los canales labrados en piedra para la conducción de agua. En el altiplano central el basalto y la escoria vesicular (tezontle) de numerosos derrames lávicos emitidos por varios volcanes, así como las tobas compactas formadas por cenizas (canteras) fueron los tipos de roca más utilizados.



Fig. 4. 23. Vista del exterior e interior de la Catedral de México D.F. Realizada con basalto



Fig. 4.24. Teotihuacan. Vista de la Pirámides. Utilización tanto del basalto como del Tezontle

El **Tezontle**, es un tipo de lava cuya textura es vesicular y porosa. Entre sus propiedades se encuentra la de guardar el calor, pero no es permeable ni aislante. Gracias a sus oquedades, se seleccionó para labrar los metates y molcajetes (Fig. 4.25) de los hogares de la sociedad agrícola prehispánica y en las etapas más tempranas los morteros (Fig. 4.26) de las tribus de cazadores-recolectores.

Actualmente, algunos de los usos que se le da a esta roca son: arreglos florales, construcción de baños de temascal, construcción de hornos de barbacoa y de pan, para fabricar el tabicón negro. Molido se usa para relleno de calles de terracería y como fachada de algunas casas.



Fig. 4.25. Molcajetes. Tlaxcala, México



Fig.4.26. Morteros. Museo Antropológico. México D.F.



Fig.4.27. Iglesia de la Santa Veracruz, México D.F. Vista y detalle de la utilización del tezontle

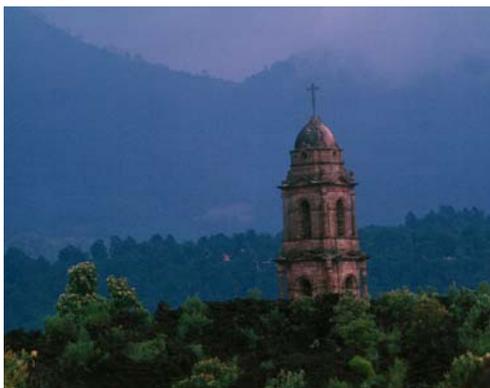


Fig.4.28. Iglesia de San Juan Parangaricutiro, México. Construida con tezontle y destruida por la erupción del Parícutín



Fig.4.29. Vivienda campesina de lava y mampostería en San Juan Parangaricutiro. Destruída por la erupción del Parícutín

Existen, por otros lado, rocas cuya constitución mineralógica crea superficies sólidas y duras, que bajo pulimento adquieren texturas brillantes y tersas, éstas se utilizaron de acuerdo con su forma y tamaño para elaborar cuentas, pendientes, punzones y gran variedad de pequeñas esculturas; las rocas metamórficas de mediano y gran formato se aprovecharon para esculturas rituales.

Cabe destacar actualmente, la obra del escultor mexicano **Jorge Yázpik**<sup>32</sup> en la Exposición sobre Piedras Sagradas en el Museo Nacional de Antropología Sala de Culturas Indígenas de México. Se trata de una selecta muestra de piezas prehispánicas mesoamericanas.

<sup>32</sup> Ciudad de México, 1955. En 1977 curso los estudios en la escuela Nacional de Artes Plásticas, UNAM, México, DF.

La principal característica de la obra de este artista contemporáneo es que respeta la forma natural de las rocas, cristales y vidrios que, mediante cortes geométricos y diferentes grados de pulido, muestran las estructuras, texturas y aspectos de la materia pétreo original; además, la luz, el agua y el sonido son elementos importantes de estas sugestivas esculturas. Utiliza rocas de mediano y gran formato de basalto, riolita, granito, obsidiana, jade y cristales de cuarzo, igual que hacían los habitantes del México antiguo. A lo largo del desarrollo de las diferentes culturas de Mesoamérica se usaron ampliamente las rocas, vidrios y cristales como materiales fundamentales en la construcción arquitectónica, la escultura religiosa y el armamento, así como para fabricar el instrumental básico de casi cualquier proceso de trabajo.

El objetivo de su exposición es mostrar cómo el hombre, por necesidad o para demostrar su creatividad, aprovechó las diferentes características y propiedades de las rocas en actividades productivas, bélicas y mágico-religiosas, para plasmar en forma duradera fechas calendáricas y hechos históricos que trascendieran la permanencia de los hombres en la tierra.

# **CAPITULO 5**

## **APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS VOLCÁNICOS EN EL CAMPO DE CALATRAVA**



*"Los diversos materiales eruptivos que, salpicados y con mayor o menor extensión, recubren a las formaciones geológicas de la región central de la provincia de Ciudad Real, son objeto desde hace ya bastante tiempo, de una intensa explotación. Pero no solo el hombre ha buscado los materiales duros, o sea los constituidos por las coladas basálticas, sino que también ha aprovechado los materiales térreos constituidos por los antiguos mantos de cenizas y lapillis, es decir, por los pequeños materiales eruptivos de proyección"*

F. Hernández Pacheco. (1932) La Región Volcánica Central de España

## **5.1.- Introducción**

El entorno volcánico del Campo de Calatrava ha estado siempre presente en la vida cotidiana de los habitantes de cada uno de los municipios de esta zona, desde tiempos muy remotos. No solo se han aprovechado de su marco paisajístico propio y autóctono, sino que se han beneficiado de unas condiciones específicas que les proporcionaban los volcanes.

A la hora de abordar los aprovechamientos de los recursos volcánicos del Campo de Calatrava hemos visto conveniente aglutinarlos en cuatro aspectos:

1. Utilización del material en construcción: en el Patrimonio histórico-artístico, arquitectura religiosa y popular así como otros usos.
2. Recursos de la emanación de gases, uso público de los hervideros o baños.
3. Negrizales, meteorización de las coladas para usos del suelo agrícolas.
4. Explotación de los volcanes como canteras

Este capítulo se complementa con el Anexo de fichas detalladas de los distintos elementos inventariados.

## **5.2.- Utilización del material volcánico**

Como ya hemos desarrollado en el capítulo 3 de este proyecto, las características litológicas de la zona responden a tres elementos:

- Zócalo: predominan cuarcitas y areniscas, esquistos, pizarras...
- Cuencas sedimentarias: calizas, margas, volcanitas y materiales del zócalo erosionados, depósitos de ladera y aluviales...
- Volcanismo: basaltos, masivos, piroclastitas, piroclastos de flujo...

Al no ser el material volcánico el dominante (menos en la fabricación de adoquines y raras excepciones con la Iglesia de san Antonio de Padua en Villanueva de San Carlos (Pag. 144) nos vamos a encontrar, con ejemplos donde los diversos productos volcánicos aparecen combinados con la cuarcita y la caliza.

En su obra *Estudio de la región volcánica central de España*, Hernández Pacheco destaca la utilización con fines económicos de los materiales volcánicos del Campo de Calatrava. Distingue este autor entre la explotación de las llamadas en la zona "hormigoneras" y las *canteras de basalto*. Los hormigones, "picones" o "carbonillas" se extraían desde antiguo, a veces en explotaciones muy rudimentarias, con un carácter de abastecimiento local. El área de mayor intensidad extractiva se localizaba en torno al eje que unía las localidades de Ciudad Real-Almodóvar del Campo-Puertollano. Las canteras se situaban en las laderas de levante en el volcán de Cabeza Parda de Argamasilla de Calatrava, vertiente noroeste del Cabezo del Rey en Poblete, Cerro de Los Molinos en Almodóvar del Campo, volcán de La Balona en Puertollano, así como en el Cerro de La Cruz de Alcolea de Calatrava (fig.5.1), Yezosa de Almagro y otros afloramientos en los alrededores de Fernancaballero, Granátula y Carrión de Calatrava. Estos materiales en función de su tamaño y calidad, se destinaban a diferentes usos. Las fracciones más finas -cenizas- para enmendar determinados tipos de suelos agrícolas en las márgenes del Guadiana. Los elementos más groseros se empleaban y en algunos casos se siguen empleando en la construcción de tapias (Fig.5.2), pavimentación de caminos (obtención de adoquines, Fig.5.3) o para construcción de viviendas humildes o rústicas (aunque en la actualidad se está demandando como recursos estético).



Fig. 5.1. Cerro de la Cruz, Alcolea de Calatrava



Fig. 5.2. Detalle de tapia, Piedrabuena



Fig. 5.3. Calzada hecha con adoquines, Torralba de Calatrava



Fig. 5.4. Vivienda, Aldea del Rey

Las erupciones de génesis explosiva son abundantes en toda la región volcánica, como hemos mencionado en el capítulo 3, lo que generó grandes volúmenes de material piroclástico susceptible de ser explotado por el hombre. En consecuencia van a ser los edificios estrombolianos los más afectados por los laboreos mineros (puentes y calzadas romanas, así como las fortificaciones y ciudades, están en su mayoría contruidos con sillares y canturral de basalto). Las lavas masivas dieron lugar a coladas más o menos extensas y potentes. Su posterior utilización como fuente de material para construcción e infraestructuras, dependerá de su composición mineralógica, de su ubicación y por tanto de la rentabilidad de su explotación. Las grandes coladas con formaciones prismáticas fueron los lugares idóneos para la apertura de canteras de las que se extraían bloques primarios para la posterior confección de adoquines. En la actualidad el destino final del material, utilizado masivamente como zahorra, permite explotar cualquier tipo de afloramiento independientemente de la calidad del material.

#### 5.2.1.- Aprovechamiento de las rocas volcánicas en el patrimonio histórico-artístico

El nombre de Calatrava deriva del árabe *Qal'at Rabah* (*Qal'at* significa fortaleza, fortaleza de Rabah), en referencia al nombre de la persona a quien le sería dado el lugar en el siglo VIII, a modo de encomienda. Fue adaptado al castellano con el topónimo de Calatrava, cuando el lugar pasó a poder de Reino de Castilla durante la Reconquista. Posteriormente la denominación "Campo de Calatrava" va a hacer referencia al conjunto de tierras repobladas, organizadas y administradas por la Orden de Calatrava durante los siglos XII al XV.

Pero la presencia humana en los municipios que componen territorio del Campo de Calatrava se remonta mucho antes: a la etapa del Paleolítico, tal como lo demuestran los hallazgos encontrados. Hallazgos que estarían interrelacionados, en algunos casos, con zonas lacustres de origen volcánico y su fauna y flora características, de las que posiblemente se beneficiarían estos primeros pobladores, así como con la obtención de materiales para la fabricación de sus útiles, sobre todo cuarcitas, ya fragmentadas por las explosiones hidromagmáticas, lo que favorecería su manipulación.

Las razones del asentamiento humano desde el Paleolítico se basan en tres: cercanía a cursos de agua o zonas de encharcamiento (lagunas); zonas de paso o

estratégicas; lugares propicios para asegurarse su sustento (caza y recolección). Estas motivaciones aparecen claramente representadas en las características geológicas y geomorfológicas del Campo de Calatrava.

La proximidad a cursos de agua o encharcamiento lo encontramos en yacimientos ubicados en el afluente del Guadiana, el río Jabalón. Será en el término de Aldea del Rey donde aparezcan la mayor concentración de estos hallazgos: La Revueltilla, el Yezgo, la Écara, la Arenilla, Barrancos Blancos, etc. Datado en esta época también tenemos en el término de Pozuelo de Calatrava, los Baños de la Fuensanta o la Nava en Almagro.

La elección de estos lugares no estaba ligada exclusivamente a la obtención de agua, hecho primordial, sino también a la afluencia de animales que proporcionaba su sustento, así como el aprovechamiento de los campos colindantes, muy fértiles gracias a los aportes volcánicos.

Otro de los factores de asentamiento era el estratégico, factor éste que se verá más claramente en la Edad del Bronce. En la etapa del Paleolítico se hablará más bien de lugares funcionales: cazaderos, zonas de recolección, zonas de obtención y realización de útiles, etc.

Uno de los hechos que más no han llamado la atención en el estudio de la etapa del Paleolítico es que los hallazgos encontrados se concentran en el Paleolítico Inferior (2 millones de años-100.000 a.C. aprox.) y Paleolítico Medio (100.000-50.000 a.C. aprox.), mientras que en el Paleolítico Superior existe una gran laguna, cuyas razones, quizás por falta de investigación o por otros motivos, desconocemos hasta el momento.

Avanzando en el tiempo y en el espacio, hemos hecho un amplio recorrido por la Región para demostrar cómo la utilización y uso del material volcánico aparecen como muestras de identidad de un paisaje singular y donde la interrelación con el hombre es un hecho constatable.

Los vestigios más espectaculares, por su conservación y amplio estudio pertenecen a la **Edad del Bronce (2.500-900 a. C)**, tal y como lo manifiesta el **yacimiento de**

**La Encantada** (Fig. 5.5), en el término de Granátula de Calatrava. La Encantada se asienta sobre un cerro de cuarcitas rodeado de edificios volcánicos, de los cuales el más singular y espectacular es el volcán de Cerro Gordo. Se trata de un asentamiento en altura con un claro y amplio control visual del entorno, dominando el valle del Jabalón y los pasos naturales hacia Andalucía y el Levante, así como de las vías pecuarias. Posee fuertes sistemas de fortificación, restos de edificios rituales de carácter funerario, sepulturas, viviendas, silos, etc.... todos ellos construidos con el material dominante: la cuarcita.

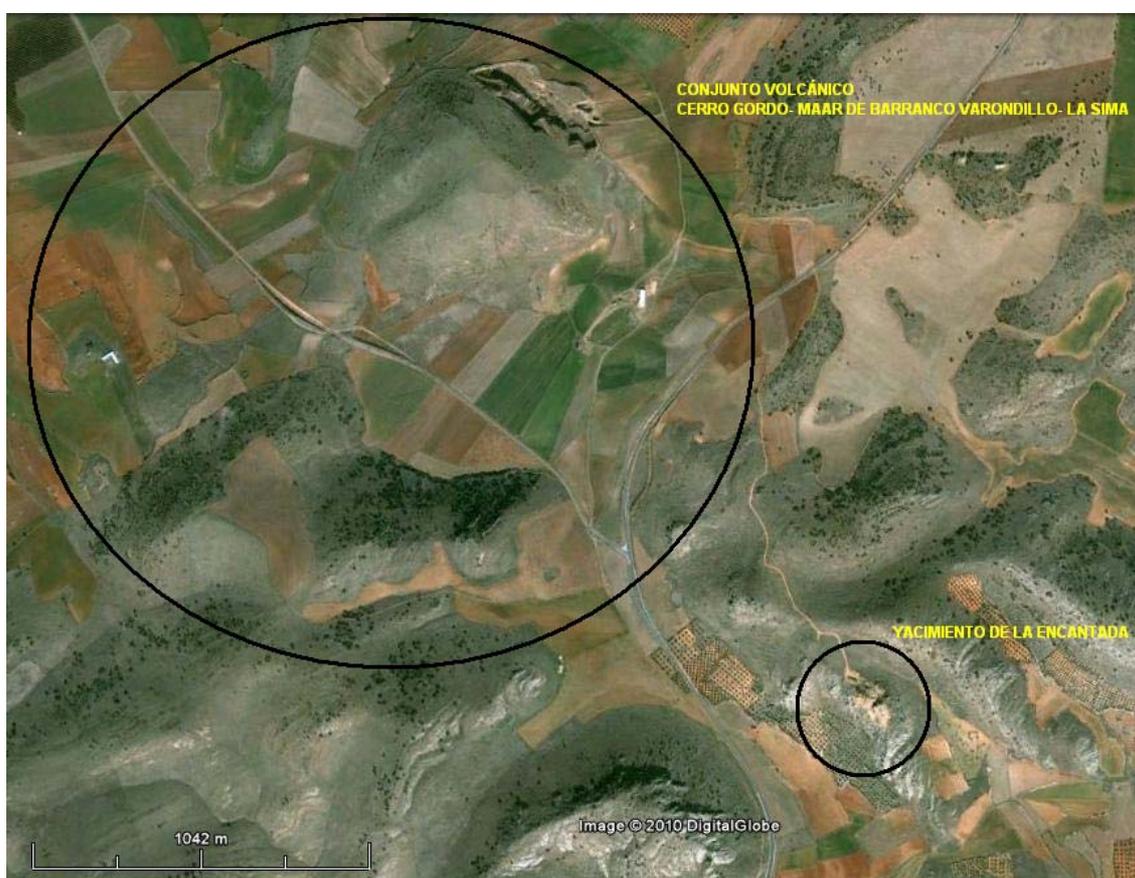


Fig. 5.5. Imagen espacial de la ubicación del yacimiento de la Encantada

Dentro del mismo municipio de Granátula de Calatrava se encuentra el yacimiento arqueológico de **Nuestra Señora de Oreto-Zuqueca** (Fig.5.6), situado en el valle el Jabalón. Se trata de un asentamiento continuado desde el **siglo IV A.C.** (mundo ibérico) **hasta el s. XII D. C.**, convirtiéndose en un importante enclave arqueológico debido a las características geográficas y geológicas de la zona. La parte meridional del valle aparece bordeado por una cadena de serrezuelas de escasa altura que organizan pequeños corredores de dirección SE-NW, lo que favorece la creación de pasos

naturales que comunican esta zona con Andalucía y el Levante. Igual que en el yacimiento anterior aparece rodeado de edificios volcánicos. El más relevante, sin duda, es el volcán de Columba, situado a unos 4 Km. de la zona, el cual debido a su génesis estromboliana, con la emisión de grandes coladas hacia el Norte, obstruyó el cauce original del río Jabalón, creando un antiguo lago, aunque posteriormente y por efectos de la erosión el río volvió a abrirse camino pero modificando su cauce. El volcán de Columba, debido a su cercanía, sirvió de cantera de extracción para la construcción de sus edificios, por su escaso peso y gran resistencia, así como para la elaboración de diferentes útiles. Es a partir del siglo VI d. C. donde aparece registrado en el yacimiento de Oretum, edificios realizados con piedras volcánicas, sobre todo de coladas basálticas procedentes de Columba, y las cuales fueron una constante hasta el siglo XII, algunas de las cuales fueron reutilizaciones de dicho material conforme se iba ampliando su ocupación. Consecuencia de los encharcamientos producidos por el represamiento de las coladas de Columba es la formación de una roca llamada en el entorno de Granátula, "piedra jabaluna". Se trata de un conglomerado cementado por carbonatos, de extraordinaria dureza, que se ha empleado para la construcción de puentes y para la fabricación de piedras de molino.



Fig.5.6. Excavaciones en Oretum

Otra de las excavaciones arqueológicas, sin duda más importantes no sólo de la provincia de Ciudad Real sino a nivel nacional es la de **Sisapo** en la pedanía de La Bienvenida, perteneciente al término municipal de Almodóvar del Campo. La ciudad de Sisapo (Fig. 5.7) fue asiento en época romana de la cabeza del distrito minero del N de Sierra Morena, pero las excavaciones realizadas hasta el momento han dado a conocer que la etapa más antigua del asentamiento se remonta a fines del siglo VIII a.C. o

inicios del VII a.C. Desde el punto de vista cultural, estos inicios se vinculan con el tránsito entre el Bronce Final y la I Edad del Hierro y relacionan La Bienvenida con la cultura tartésica asentada en el suroeste peninsular.



Fig. 5.7. Excavación arqueológica Sisapo. Al fondo los Castillejos de la Bienvenida

La antigua ciudad de Sisapo además de estar enclavada en pleno corazón del Valle de Alcudia se construye a las faldas los castillejos de la Bienvenida, conjunto volcánico de origen efusivo, que da lugar amontonamientos de lava y escorias. Dicho material se ha utilizado a la hora de construir la ciudad, destacándose grandes pilares de basalto y spatter.

Seguimos el recorrido histórico y nos encontramos ante el yacimiento arqueológico de **Calatrava la Vieja**, en el término de Carrión de Calatrava, fundada en el **periodo islámico omeya, en el siglo VIII**, que aparece estratégicamente situada en el cruce de caminos entre Córdoba y Toledo. Si bien el material dominante es la piedra caliza, observamos como introducen, en las distintas etapas de restauración, pequeños fragmentos de basalto como relleno. Cabe destacar una pila realizada exclusivamente en un único bloque de basalto, situada en el Alcázar.

También al periodo islámico pertenece el **Castillo de Salvatierra** (Aldea del Rey), el **Castillo de Miraflores** (Piedrabuena) y el **Castillo de Caracuel** (Caracuel).

El **Castillo de Salvatierra** (Fig.5.8), erigido sobre un promontorio cercano al de Calatrava La Nueva y a los pies del volcán de su mismo nombre, fue construido en torno a los siglos X u XI sobre otra construcción existente de origen romano. Tras la batalla de Alarcos y la derrota cristiana, la Orden de Calatrava se lanzó a una desesperada conquista de este castillo. Hecho que consiguieron, haciéndose fuerte en él hasta 1211 en que fue recuperado por los almohades y no volvió a manos cristianas hasta 1226.



Fig. 5.8. Restos del Castillo de Salvatierra

Era el tercero en ocupación y tamaño de la provincia de Ciudad Real, tras los dos de Calatrava, con una extensión de 7.000 m<sup>2</sup>. Constaba de cinco recintos defensivos, de los que se conservan algunos lienzos en aceptable buen estado.

Quedan restos de dos recintos amurallados con un patio entre ambos y dependencias de las que se pueden apreciar algunas bóvedas de cañón completas. En el ala suroeste del castillo se eleva la Torre del Homenaje, de unos 12 metros de altura y construida con cuarcita y piedra volcánica (basalto y spatter) unidas por argamasa de cal y arena.

El **Castillo de Miraflores** (Fig.5.9) está datado a partir de muestras cerámicas en torno a los siglos IX-X. A pesar de tener origen musulmán, la fortaleza fue ocupada a

mediados del XII por los cristianos. Sin embargo lo recuperan los almohades en 1196 pasando finalmente de nuevo a los caballeros de Calatrava en 1212, sufriendo diversas modificaciones arquitectónicas hasta el siglo XIV.



Fig.5.9. Castillo de Miraflores, Piedrabuena

En 1572, cuando Piedrabuena se desmembró de la orden de Calatrava, presentaba la configuración actual. Conserva toda su muralla de tabiya (denominación árabe de la tapia) y mampostería y todo su perímetro de 166 m de cortinas quebradas con una sola torre. Los calatravos modifican la entrada, adaptándola para el uso del rastrillo<sup>1</sup>. Se conserva un gran aljibe con bóveda gótica de ladrillo, reforma cristiana, una gran caballeriza, sobre la que se levantaba la cámara principal, una cámara más pequeña y dos grandes almacenes. La torre tuvo cuatro plantas con suelo de madera hoy desaparecido.

En las diversas modificaciones llevadas a efecto se observa la introducción del material volcánico, basalto, en parte de los muros interiores.

**El Castillo de Caracuel** (Fig.5.10) se encuentra en el llamado Monte Nogales y fue construido probablemente en el siglo IX, y reformado en los siglos XII y XIII.

---

<sup>1</sup> Elemento defensivo colocado en las puertas formado por una reja metálica o de madera reforzada y acabado inferiormente en puntas. Se encuentra alojado en la parte superior de las puertas, en un habitáculo preparado al efecto. De forma instantánea podría interrumpir el acceso a la fortaleza al caer repentinamente, guiado por unas acanaladuras en las jambas.

Cuenta la leyenda que en este castillo vivía una reina árabe llamada Clara. El nombre de Caracuel derivó de *caracruel* por la cara tan cruel que tenía dicha reina. En 1085 con la caída de Toledo pasa poder de Alfonso VI, aunque debió ser solo de *jure*<sup>2</sup>, ya que años después formó parte de la dote de la mora Zaida en 1091. Perdido y reconquistado en varias ocasiones pasó a propiedad de la Orden tras la batalla de las Navas.

En el castillo se aprecian todavía restos importantes destacando una gran torre pentagonal, albarrana, de unos 10 m. de altura, con tres pisos interiores. Conserva saeteras en sus caras laterales y un ventanal en su cara posterior. La construcción es de mampostería con algunos sillares situados estratégicamente. Tras la torre se levantan los restos de la cortina principal en la que destacan tres grandes torres una de ellas cubierta con bóveda de cañón. También dispone de un recinto cuadrado y los restos de un aljibe.



Fig.5.10. Vista de los restos del castillo de Caracuel

El material volcánico aparece disperso en el interior del castillo así como en pequeños fragmentos de basalto usados para delimitar y resaltar la zona que fue restaurada.

Otro de los enclaves singulares de la zona es el **Convento Castillo de Calatrava La Nueva** (Fig.5.11), perteneciente al municipio de Aldea del Rey, de **época**

<sup>2</sup> **De iure**, o más raramente **de jure**, es una locución latina, pronunciada [de-yúre], que significa literalmente «de derecho», esto es, con reconocimiento jurídico, legalmente.

**medieval, siglo XIII**, aunque, si bien se están descubriendo niveles inferiores. Se trata de una impresionante fortaleza encuadrada en un cerro de cuarcitas, a 936 m de altitud. El material volcánico está presente en la totalidad de Calatrava la Nueva. Los arcos de las puertas de las dependencias del Castillo están realizadas con lapilli soldados de color rojizo (spatter); en la parte del Convento estos lapilli aparecen intercalados con otros soldados cementados con carbonatos, son arcos bicolor, alternando el rojizo y el blanco; en la Iglesia, el arco y rosetón exterior, también están hechos con lapilli soldados, y el interior podemos observar que está construido totalmente con sillares de basalto con las marcas de los canteros.



Fig.5.11. Vista panorámica de Calatrava La Nueva

En relación con la construcción del Convento-Castillo de Calatrava La Nueva, se encuentra en el municipio de aldea del Rey, el **Palacio de la Clavería** (Fig.5.12). Construido en el siglo XVI, fue la residencia del clavero de la Orden de Calatrava, lo que prácticamente es decir que era un centro administrativo de primer orden, y vivienda oficial de nobles y grandes de España. No obstante, hay indicios

documentales que apuntan a que probablemente existiera, con anterioridad al siglo XVI, otra construcción destinada al mismo fin.

En el contexto de las crueles guerras de la Reconquista contra el Islam, y tras el traslado de la Orden desde Carrión hasta el Castillo y Convento Mayor de Calatrava La Nueva (1217), la misión de quien ostentaba el cargo de clavero consistía en guardar y defender esa fortaleza, considerada durante el siglo XIII como una de las más grandes e inexpugnables de Europa. El clavero custodiaba las llaves del castillo, pero también, y junto a los comendadores, era lugarteniente del maestre, lo que le otorgaba un poder enorme y una influencia decisiva en el gobierno de los extensos territorios bajo los que Calatrava ejercía su señorío, desde Aragón hasta el norte de Andalucía.



Fig.5.12. Puerta y balcón principal del Palacio de la Clavería

Con el paso del tiempo, la casa se convirtió en propiedad o lugar de descanso de algunos personajes ilustres. Titulares de la Clavería fueron, por ejemplo, los infantes Gabriel y Carlos de Borbón (futuro Carlos IV), a lo largo de la segunda mitad del siglo XVIII y los primeros años del XIX.

Según la descripción efectuada por los técnicos del Gobierno regional en el Decreto 17/1992, el Palacio de la Clavería es un magnífico edificio de dos plantas, organizado en base a un patio central con columnas y soportales. En su fachada, construida de ladrillo y tapial con sillería en las esquinas, destaca especialmente la heráldica, situada

sobre la puerta y balcón principal, tal y como aparece también en los muros del convento de Santo Domingo de Almagro.

La tapia que rodeaba la huerta del Palacio aparece construida con basalto, así como en el relleno para cegar las ventanas del edificio principal.

Otro de los monumentos históricos a destacar es el **Palacio de Bolaños de Calatrava o Palacio de Doña Berenguela** (Fig.5.13). Construido entre los siglos XII y XIII, las primeras noticias que hacen referencia a este castillo datan del año 1229. Doña Berenguela, madre de Fernando III el Santo, donó el castillo a la Orden de Calatrava, y Alfonso X El Sabio corroboró esta donación posteriormente. La historia de este castillo está estrechamente ligada a la de la Orden de Calatrava. Fue sede de esta Orden, y su función era la defensa de la villa de los continuos ataques de los musulmanes. Permaneció en manos de la Orden hasta el año 1544, fecha en que fue abandonado.

El recinto es de planta rectangular, rodeado por un foso y una muralla que en la actualidad ha desaparecido y con dos torres, una está desmochada, llamándose "Torre Prieta", y la otra es la Torre del Homenaje, alta y muy fuerte, con ventanales góticos, alguno ajimezado<sup>3</sup> y rematado por almenas con merlones.



Fig. 5.13. Detalle de las Torres del Castillo de Bolaños

<sup>3</sup> Término de origen árabe que define el ventanal con varios vanos separados por columnas

La piedra volcánica (basalto) y la cuarcítica, el yeso y el ladrillo fueron los materiales utilizados en la construcción de este castillo. El yeso se utilizó como elemento de unión para las piedras, y el ladrillo en los arcos y en las bóvedas. Como técnicas constructivas se utilizaron el sillarejo en los muros, y el sillar en las esquinas.

Hemos querido destacar los monumentos del patrimonio histórico-cultural más singulares de la comarca sin menospreciar los tantos y tantos repartidos por ella, y aquellos donde la huella volcánica ha quedado impresa de una manera u otra, original o restauración.

#### 5.2.1.1.- Arquitectura religiosa

Muchas son las iglesias y ermitas repartidas por todo el territorio calatravo. Haciendo un trabajo de campo exhaustivo hemos querido destacar aquellas donde el material volcánico aparece de manera representativa.

El caso más notorio es el de la **iglesia de San Antonio de Padua** (Fig.5.14) en Villanueva de San Carlos donde se puede observar el predominio volcánico en sus muros.

La iglesia de San Antonio fue construida en 1832 por el arquitecto Don José Solís. Consta de una sola nave con edificios bajos anexados y los muros portantes son de mampostería de piedra volcánica, basalto, y ladrillo.

En lo que es hoy el término municipal de Villanueva de San Carlos, existen tres núcleos de población: Villanueva de San Carlos y sus dos anejos o pedanías, de La Alameda y Belvís. Es precisamente en este último, donde se encuentran los orígenes de todo el término municipal. Bajo dominación musulmana, ya tenía población en el año 1.184, con el nombre de Borgafemel, y que posteriormente pasó a denominarse Belvis.



Fig. 5.14. Iglesia de San Antonio de Padua, Villanueva de San Carlos

Es en la Iglesia de la Alameda, **iglesia de Ntra. Sra. de Candelaria** del siglo XVIII (Fig. 5.15) donde también encontramos ejemplos singulares del uso del basalto en los muros, así como un bloque de lapilli soldado a modo de poyete. Este material corresponde a la etapa de restauración tras quedar destruida por la Guerra Civil.



Fig. 5.15. Iglesia de Nuestra Señora de Candelaria, La Alameda

Otro elemento destacable y digno de mención es la **ermita Santo Cristo de la Clemencia** (Fig. 5.16), en el municipio de Valenzuela de Calatrava. Construida a finales del siglo XVII y principios del XVIII en sus muros exteriores se combinan la cuarcita, caliza y el basalto. Cabe destacar en su interior una pila de agua bendita hecha con material perteneciente a un depósito de oleada piroclástica, elemento único en la región.



Fig.5.16. Ermita del Santo Cristo de la Clemencia, Valenzuela de Calatrava

En el resto de la arquitectura religiosa (se especifican en el anexo de Fichas), el aprovechamiento de rocas volcánicas se centran en zonas concretas y dispersas, utilizándose bien tras etapas de restauración o remodelación, producidas, sobre todo tras la Guerra Civil, en las partes superiores o bien en los niveles inferiores muchas veces escondidas por el encalado típico de la región.

Entre otras, nos vamos a encontrar las siguientes iglesias y ermitas:

- Parroquia de Nuestra Señora de la Asunción (s. XV), Almodóvar del Campo. Destacar su interior cuyas columnas y arcadas están realizadas con bloques de basalto.
- Santuario de Nuestra Señora de la Bienvenida, La Bienvenida, Almodóvar del Campo (s. XVI). Al estar próxima a los centros eruptivos de los Castillejos de la Bienvenida contiene basalto y spatter en sus muros.

- Ermita del Santísimo Cristo Salvador del Mundo (s. XV), Calzada de Calatrava. Se encuentra muy restaurada destacando los rellenos de basalto y lapilli soldados con carbonatos.
- Iglesia de Nuestra Señora de la Asunción (S. XI-XII), Caracuel de Calatrava. Edificio típico cisterciense con influencias mudéjares. Esta dotado de contrafuertes elaborados con ladrillos, bloques de cuarcita y rellenos de bloques de oleada piroclástica con enclaves de piroclastos de caída soldados por precipitación de carbonatos.
- Santuario de la Virgen de Oreto y Zuqueca (S. XIII), Granátula de Calatrava. Mantiene arcos, piedras y pilares de épocas anteriores, viéndose la reutilización de sillares volcánicos, sobre todo, del asentamiento de la Oreto romana.
- Iglesia Parroquial de Santa Catalina, (s. XII), Las Casas, Ciudad Real. Se produjeron ampliaciones de la antigua ermita en los siglos XVI, XVIII y XIX por lo que los detalles de su construcción corresponden a la arquitectura popular llevada a cabo en dichos siglos e introduciendo rocas basálticas en sus muros.
- Ermita de la Soledad (posiblemente del s. XVI, aunque sufrió un importante incendio en el siglo XIX y fue reedificada), Moral de Calatrava. Destaca el arco bicolor en la entrada principal, combinando bloques de piedra caliza con bloques de basalto, similar a la decoración de arcadas y dinteles que se practicaba en Catania (Sicilia).
- Iglesia de San Salvador (s. XIII-XIV), Picón. En los niveles inferiores de la planta se observan bolos de basalto.
- Iglesia de Santa M<sup>a</sup> Magdalena (s. XIX) Poblete. Aquí vemos diversas tipologías de material volcánico en los niveles superiores: basalto, lapilli soldados, spatter...

#### 5.2.2.- Aprovechamiento de material volcánico en la arquitectura popular.

La arquitectura popular engloba el conjunto de construcciones de corte tradicional en cuanto a formas, materiales y sistemas de construcción, vinculados al entorno geográfico y a los modelos económicos de los grupos sociales que conforman los distintos poblamientos.

Este tipo de arquitectura tiene su origen en la necesidad de dar cobijo a las actividades del sector primario, ejercidas por una sociedad basada en pequeñas comunidades que estaban organizadas en régimen económico de subsistencia. Estas construcciones se realizaban mediante técnicas sencillas, poco costosas, y empleo muy limitado de materiales, buscando siempre la mejor adecuación al entorno físico, lo que no presupone ningún tipo de rígido determinismo geográfico, ya que el marco físico sólo proporciona posibilidades, no imperativos y es el hombre quien decide, no el lugar o el clima, como defiende la Geografía «posibilista» de Vidal de la Blache.

Los condicionantes de este tipo de arquitectura no estaban vinculados exclusivamente al medio natural, sino que también dependía de las características sociales y económicas del grupo social.

Para la arquitectura popular en el campo de Calatrava, el uso del material volcánico repite las mismas características que en el resto de los elementos: combinación de cuarcita, ladrillo, caliza con basalto, lapilli, spatter, etc.

Viviendas rurales, yeseras (Fig.5.16), hornos (Fig. 5.17), norias (Fig.5.18), piedras de molino (Fig.5.19), molinos, etc., van a ser los elementos que hemos inventariado en el Anxo de fichas, observando la introducción de roca volcánica en puntos estratégicos como arcos y esquinas.



Fig. 5.16. Yeseras. Término de Granátula de Calatrava



Fig. 5.17. Hornos y detalle de arcadas. Término municipal de Almodóvar de Campo



Fig. 5.18. Noria. Oreto. Término municipal de Granátula de Calatrava



Fig. 5.19. Piedras de molinos. Excavación de Oreto. Granátula de Calatrava



Fig. 5.20. Piedras de molienda y mortero manual. Museo Etnográfico del Molino de Molemochó, Tablas de Daimiel

### 5.2.3.- Otros usos

Al hablar de otros usos nos estamos refiriendo al aprovechamiento actual que tiene los materiales de deshecho de las canteras, material suelto, utilizado tradicionalmente como zahorra y que se puede observar sobre todo en jardines.

Nos vamos a encontrar con dos tipos de tamaño:

- Material suelto de pequeño tamaño. La característica que posee este material, que suelen ser pequeñas escorias de color rojizo, es la gran porosidad lo que permite que absorba humedad conservando las diversas plantaciones. Estéticamente también es un recurso y que actualmente está muy en boga.
- Material de gran tamaño (bombas y bolos). Suelen ser de basalto macizo, y cuyo recurso es meramente estético.

### 5.3.- Recursos derivados de la emanación de gases. Uso público de los hervideros o baños.

Como ya hemos comentado en el capítulo 3, un hecho singular que caracteriza a la Región Volcánica del Campo de Calatrava es la presencia de gas, que se ve manifestada en las numerosas fuentes y balnearios dispersos por la zona.

Muchas son las referencias que recogen estos datos sobre las distintas fuentes y balnearios: *Las Relaciones Topográficas de Felipe II* del siglo XVI; *Espejo cristalino de la aguas de España, hermoseedo y guarnecido con el marco de variedad de fuentes y baños* por el Dr. Limón Montero del siglo XVII; las *Descripciones del Cardenal*

Lorenzana en el siglo XVIII; los distintos *Diccionarios históricos-geográficos-estadísticos* tanto de Pascual Madoz en 1845 como de Hervas y Buendía en 1890, entre los más conocidos, etc.

Estos manantiales en cuyas aguas aparecen diversos elementos minerales, y cuya temperatura permite incluirlos dentro de la categoría de fuentes termales, son conocidos y utilizados con fines terapéuticos desde época romana, como por ejemplo los baños de Oretum, en el término municipal de Granátula de Calatrava.

En dichas fuentes historiográficas se mencionan la existencia de **"fuentes agrias"** en Puertollano, Valenzuela de Calatrava, Alcolea de Calatrava, Almagro, Aldea del Rey, Pozuelo de Calatrava, entre otras.

### **Puertollano**

*"...esta villa (Puertollano) tiene agua dentro della, la que ha menester para su gasto y beber, en moderada cantidad de pozos y que tiene junto a la dicha villa una fuente que se llama la fuente aceda porque el agua della es agria y sale la dicha agua encima de tierra hirviendo hacia arriba ordinariamente sin cesar, como si fuese una caldera de agua hirviendo por todas partes..."*

Las aguas de la fuente agria de Puertollano son utilizadas para el consumo humano desde el siglo XVII, sobre todo gracias a la especial referencia que hizo el doctor Alfonso Limón Montero<sup>4</sup>, manteniéndose este uso a lo largo del XVIII, cuando se acentúa su carácter medicinal y se realizan las obras imprescindibles en el manantial para preservarlas de alteraciones externas.

*"...agua de pie, nace brotando hacia arriba con borborismo y sonido que se oye a una treinta de passos de distancia..."*

Las aguas embotelladas se vendían en Madrid donde era habitual que se anunciasen en los tranvías de mulas de la época. El Cardenal Lorenzana en "Las Descripciones de

---

<sup>4</sup> Alfonso Limón Montero: *Espejo cristalino de las Aguas de España*. Madrid. 1697. Edición Facsímil 1979 I.G.M.E. En el Tratado III del libro 1, aparece referenciadas gran parte de las aguas acedas del Campo de Calatrava

los pueblos de la provincia de Ciudad Real" (siglo XVIII), expone lo siguiente: *"Sobre todo son singulares y famosos las aguas minerales y medicinales agría que posee esta villa, con las que han experimentado prodigiosos efectos los muchos de la corte y toda Castilla"*.

Sus aguas poseen hierro, gas carbónico y están indicadas para afecciones de estómago, obstrucciones, aparato urinario, riñones...

Hoy en día la fuente permanece en perfecto estado de conservación, y sus aguas son utilizadas de forma habitual por los habitantes de Puertollano.

### Valenzuela

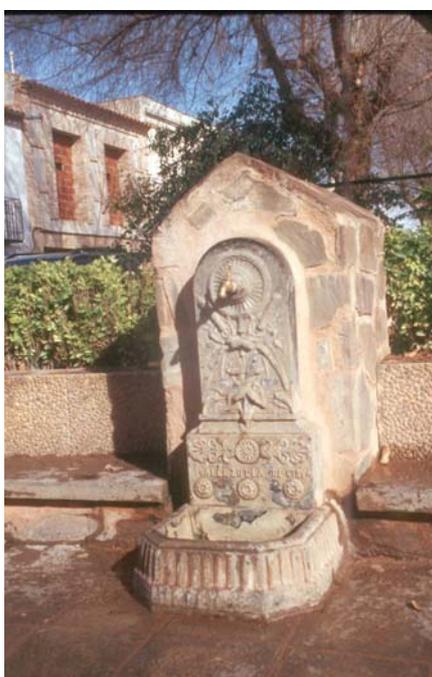


Fig. 5.20

Actualmente, en la Plaza de la Constitución del municipio de Valenzuela de Calatrava, se halla una fuente cuyas aguas son ferruginosas y bicarbonatadas, con abundancia en anhídrido carbónico. Son utilizadas para consumo humano y regadío (Fig. 5.20). En los alrededores de Valenzuela se documenta otras fuentes utilizadas por los habitualmente por los habitantes de la comarca *"...hay otra fuente a una legua desta villa hacia el poniente, orilla de la dehesa de la Nava muy abundosa de agua agría, en gran manera, es muy notable su calidad es clara y limpia no consiente que en ella se crie ninguna cosa viva, ni sabandijas, ni sanguijuelas, antes si las echan*

*dentro luego mueren, desocupa los estómagos y si se bebe en ayunas hace echar la colera."* (Fuente de la Nava, Almagro)

### Alcolea de Calatrava

Para la Fuente del Pez, en el término municipal de Alcolea de Calatrava, las Relaciones Topográficas de Felipe II la describe como *"... hay en el término desta villa una fuente, que se llama fuente El Pez donde abrevan los ganados mayores y menores..."*

Sus aguas, según Francisco Hernández Pacheco, son pobres en anhídrido carbónico pero muy ferruginosas, siendo recomendables para el riñón, la piel y el estómago. A

dicha fuente le acompaña una leyenda: La Encantada de la Sirena. Se cuenta que una bella doncella del lugar fue objeto de una maldición, castigándola a ser sirena para toda la eternidad. En los alrededores de la fuente aparecía una hermosa mujer con cola de pez peinándose su largo pelo rubio y sumergiéndose en sus aguas. Actualmente la fuente del Pez se encuentra abandonada, en pésimo estado de conservación y prácticamente seca.

### **Almagro**

Destacan dentro de su termino municipal la Fuente la Nava, Fuente del la Gotera, y Fuente de Cervera.

De la Fuente de la Nava las referencias según las *Relaciones Topográficas de Felipe II* aparecen en la partida de Valenzuela. Pero el Dr. Limón Montero las vuelve a describir: *"...brota del hueco de una peña cerca del Jabalón, que son muy suaves y el agrio es remiso...Don Ambrosio Morales<sup>5</sup> la compara con una de las mejores fuentes de España."*

Sobre la Fuente de la Gotera, las Relaciones Topográficas recoge: *"...hay otra fuente a media legua desta villa hacia el poniente donde dizen el cerro la Gotera, es muy abundante de agua pero siempre tiene su manera de nacer; es como sudor que siempre esta cayendo a gota y corre hacia poniente desde unos bancos de peña..."*

### **Aldea de Rey**

Otra fuente de la que se tiene bastantes referencias es El Yezgo, en las cercanías de los castillos Salvatierra y Calatrava perteneciendo a la Orden de Calatrava.

El Doctor Limón Montero la describe como *"su agua es de sabor agrio, útil para varias enfermedades, el remanente de esta agua es un polvo pardo oscuro como de color del plomo, al rato se muestra suave al toque con la lengua no muestra sabor alguno y habiendo hechado porciones en el fuego se quema subiendo el color aplomado a negro y expira algún olor a azufre..."*.

---

<sup>5</sup> Humanista, historiador y arqueólogo del siglo XVI

### Pozuelo de Calatrava

En el término municipal de Pozuelo nos encontramos los denominados Hervideros del Chorrillo (Fig. 5.21). Constan de un baño y una fuente. Según las Descripción del Cardenal Lorenzana en el siglo XVIII, sobre la fuente comentaba lo siguiente “...una fuente de agua agria llamado Chorrillo, cuya agua es mineral y mui delgada y sutil, y bebida que es por los enfermos, siendo la dolencia que padecen precedida de humores crasos y lentorosos, los hatenúa, liquida y los pone en mobimiento natural y tono, como la antecedente...”

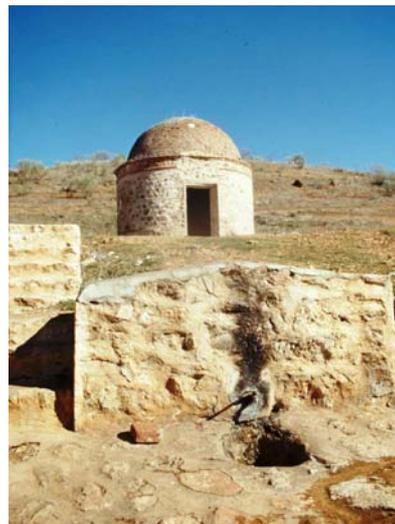


Fig. 5.21

En la actualidad se encuentran en perfecto estado, siendo utilizados para consumo humano.

Con independencia de estos manantiales, que son de los que se tiene un primer registro histórico, el número de los existentes a lo largo y ancho de la zona volcánica es mucho mayor. Encontramos fuentes en las que la presencia de CO<sub>2</sub> es abundante, en numerosas localidades. Así en Calzada de Calatrava, Granátula de Calatrava, Carrión, Poblete, Piedrabuena, Miguelturra...

En ocasiones, la calidad y abundancia de estas aguas, permitió el establecimiento de **casas de baño y balnearios** frecuentados por personas de la comarca y provincia, e incluso de otros lugares de la península, destacando los de Puertollano, Villar del Pozo y Fuensanta, manteniendo a lo largo de casi un siglo, una importante actividad económica en la comarca. Será el siglo XIX el de máxima afluencia de visitantes y esplendor de los balnearios

La construcción de la Casa de Baños de Puertollano, se llevó a cabo desde el 1849 a 1852 por orden Narváez, el cual hizo uso de sus aguas, propiciando el levantamiento de nuevas edificaciones en el entorno de la fuente. En la actualidad el edificio del balneario se utiliza Oficina de Atención y Turismo. D. José de Hosta en su obra *Crónica de la provincia de Ciudad Real* (1865) describe las aguas de estos baños: “*Sirven*

*comúnmente para baños, los cuales se toman en una charca construida al efecto de la cual salen a borbotones y en gran abundancia”.*

Las características que poseían era la presencia de gas carbónico, carbonato cálcico, carbonato sódico, carbonato magnésico, y carbonato e hidrocloreto de sosa.

El antiguo balneario de **Fuensanta** está situado junto al río Jabalón, y tanto de él como del vecino de Villar del Pozo, se habla en la obra del doctor Limón antes mencionada. Estos hervideros adquieren condición de baños públicos en el siglo XVIII, cuando se construye un estanque y albergues para los bañistas. A comienzos del XIX se inician las obras de las edificaciones destinadas a convertirse en balneario, las cuales nunca llegan a terminarse, siendo a comienzos de la segunda mitad del mismo siglo cuando se inician las obras de lo que será el futuro edificio de baños y alojamiento. El final del XIX y el comienzo del XX marcan la etapa de mayor actividad de este recinto. El número de personas que visitan los baños a lo largo de la temporada es muy elevado, extendiéndose la fama de los mismos hasta la Exposición Universal de París de 1900, donde las aguas son galardonadas. Esto mueve a la construcción de una pequeña planta embotelladora, a manera de la existente en Puertollano. El balneario de Fuensanta ha desaparecido como tal, ya que sus aguas se encuentran contaminadas, por la explotación ganadera que actualmente lo alberga y parte de los edificios aparecen restaurados.

Los hervideros de **Villar del Pozo** (Fig. 5.22) están a poca distancia de los de Fuensanta. Al igual que ellos, a lo largo del siglo XIX y en la primera mitad del XX, son utilizados como balneario dada la bondad terapéutica de sus aguas. El recinto estaba constituido por un edificio principal que albergaba la piscina de mayores dimensiones, con sus vestidores y salas para baños individuales, un salón social y un consultorio médico con sala de curas. Anejo a él se situaba la casa de los guardeses y el hervidero que se utilizaba para consumo de boca. Otro edificio estaba destinado a fonda y cantina. Contaba así mismo el balneario con viviendas que se alquilaban por la duración de la temporada. También estaba dotado de una iglesia y un pequeño colmado. La temporada de baños en los establecimientos del Campo de Calatrava duraba de junio a septiembre, y el coste por persona dependía de las características de cada uno. En la actualidad el antiguo balneario, una vez clausurada la Escuela-Hogar que ha estado en funcionamiento desde el final de la década de los años 50 del siglo

XX, está intentando recuperar su uso tradicional mediante un proyecto de rehabilitación de sus instalaciones y utilización de las aguas termales..



Fig. 5.22. Estado actual de los Baños de Villar del Pozo

Otras casas de baños, con menor entidad, se localizaban en Aldea del Rey, Baños del Barranco Chico, (Fig. 5.23), Baños de Fontecha; en Piedrabuena, Baños de Santa María; en Pozuelo de Calatrava, Baños de San Cristóbal; en Miguelturra, Baños del Emperador (Fig. 5.24); en Calzada de Calatrava, Baños de la Sacristanía (Fig. 5.25); en Bolaños de Calatrava, Baños de las Nieves etc.



Fig. 5.23. Baños del Barranco Chico (Aldea del Rey)



Fig. 5.24. Baños de la Sacristanía (Aldea del Rey)



Fig. 5.25. Piscina de las mujeres. Baños del Emperador o de Trujillo (Miguelturra)

#### 5.4.- Negrizales, meteorización de las coladas y depósitos de piroclastos de caída. Usos agrarios

Las coladas presentan morfologías diferentes en función de la mayor o menor fluidez de las lavas y ocasionalmente pueden presentar extensiones considerables, modificando tanto el relieve, alterando la red fluvial contribuyendo a la formación de meandros al desviar la corriente como los niveles de base locales dando lugar a zonas de encharcamiento. Los procesos de alteración superficial las convierten, junto a las acumulaciones de piroclastos de caída, en negrizales (Fig. 5.26)

En el Campo de Calatrava, los negrizales responden a un tipo de suelo de coloración oscura, parda o rojiza, que mediante procesos de meteorización adquieren los materiales volcánicos emitidos a lo largo de los ciclos eruptivos habidos en la comarca. Los negrizales se desarrollan tanto sobre las superficies de las coladas, como sobre los depósitos de piroclastos de caída o de flujo. Son espacios especialmente utilizados para el cultivo por su gran capacidad para retener la humedad. En las áreas serranas, el cultivo de cereal y de huerta asentado sobre los negrizales, permite seguir con total claridad la superficie de las antiguas coladas basálticas



Figura. 5.26. Negrizal de Cuevas Negras, Granátula de Calatrava

### 5.5.- Explotación de los volcanes como canteras

*"Los diversos materiales eruptivos que, salpicados y con mayor o menor extensión, recubren a las formaciones geológicas de la región central de la provincia de Ciudad Real, son objeto desde hace ya bastante tiempo, de una intensa explotación. Pero no solo el hombre ha buscado los materiales duros, o sea los constituidos por las coladas basálticas, sino que también ha aprovechado los materiales térreos constituidos por los antiguos mantos de cenizas y lapillis, es decir, por los pequeños materiales eruptivos de proyección"*

E. Hernández Pacheco. (1932) La región volcánica central de España.

Los materiales eruptivos que encontramos en el Campo de Calatrava han sido clasificados por Ancochea y Aguilar (1988, 1989) en: lavas, piroclastos de caída y piroclastos hidromagmáticos. Las erupciones explosivas son abundantes, tanto por la propia naturaleza del magma (alto contenido en volátiles) como por la presencia ocasional de agua meteórica que interactúa con el proceso eruptivo. Esto ha generado grandes volúmenes de material piroclástico susceptible de ser explotado por el hombre.

Por tanto los edificios estrombolianos van a ser los más afectados por los laboreos mineros ya desde tiempos muy remotos (los puentes y calzadas romanas, así como las fortificaciones y ciudades, y útiles encontrados en excavaciones están en su mayoría contruidos con bloques, sillares y canturreal de basalto).

"Las lavas masivas se derraman dando origen a coladas más o menos extensas y potentes. Su posterior utilización como fuente de material para construcción e infraestructuras, dependerá de su composición mineralógica, de su ubicación, y por tanto de la rentabilidad de su explotación"<sup>6</sup>. Las coladas potentes con diaclasas de enfriamiento que permitían el desarrollo de formaciones cúbicas y prismáticas fueron los lugares idóneos para la apertura de canteras de las que se extraían bloques primarios para la posterior confección de adoquines.

---

<sup>6</sup> Toda la información, tablas y textos están tomados y actualizados de la web: <http://www.uclm.es/profesorado/egcardenas/usos.htm>

Hernández Pacheco (1932) resalta el uso con fines económicos de los materiales volcánicos del Campo de Calatrava, distinguiendo la explotación de las "hormigoneras" (denominación que se da en la región a canteras en las que se extraen piroclastos) y las canteras de basalto. El área de mayor intensidad extractiva se localizaba en torno al eje Ciudad Real-Almodóvar del Campo-Puertollano, espacio en el que se localizaban potentes coladas lávicas idóneas para la extracción de sillares y posterior fabricación de adoquines, y donde era frecuente la presencia de conos de piroclastos en los que el material se obtenía con gran facilidad.. Las canteras se situaban en las laderas de levante en el volcán de Cabeza Parda de Argamasilla de Calatrava, vertiente noroeste del Cabezo del Rey en Poblete, Cerro de Los Molinos en Almodóvar del Campo, volcán de La Balona en Puertollano. Otras localizaciones, fuera de este eje, estaban en el Cerro de La Cruz de Alcolea de Calatrava, volcán Yezosa de Almagro y otros afloramientos en los alrededores de Fernancaballero, Granátula, Torralba y Carrión de Calatrava. Estos materiales en función de su tamaño y calidad, se destinaban a diferentes usos. Las fracciones más finas -cenizas- se empleaban para enmendar determinados tipos de suelos agrícolas en las márgenes del Guadiana. Los elementos más groseros se empleaban en la construcción de tapias o para el empedrado de calles, zahorra de caminos y balasto para las vías del ferrocarril.

El basalto se explotaba con mucha mayor intensidad para la construcción de viviendas de baja calidad, dado que comúnmente de él no se obtenían buenos sillares. También se usaba para la pavimentación de carreteras y viales en las ciudades. Este uso se intensifica en torno a los años treinta y sobre todo al finalizar la Guerra Civil con la apertura de nuevas canteras. La zona en la que los trabajos de cantería fueron más activos estaba en las inmediaciones del paraje de Miró, en los alrededores de Aldea del Rey, donde se manipulaba el material procedente de las coladas de los volcanes de Cerro Prieto y La Vaqueriza. Otro punto importante de extracción era la zona terminal de las coladas bajas del volcán de El Morrón, en Villamayor de Calatrava. El material se evacuaba a través de las estaciones de La Cañada, Caracuel y Argamasilla de Calatrava. También se obtenían adoquines en Almagro, Ciudad Real, Poblete, Piedrabuena y Fernancaballero.

Las grandes coladas, potentes y de largo recorrido, como las de Villar del Pozo, Cabezo Segura, Morrón o Yezosa, eran las que ofrecían los mejores materiales y por tanto las que sufrieron un deterioro más intenso. La producción anual de las canteras

de basalto al comienzo de la década de los treinta, se cifraba en 2.000.000 de adoquines anuales de los que, aproximadamente la mitad, eran utilizados fuera de la provincia de Ciudad Real. Esto significaba una superficie pavimentada de alrededor de 40 km<sup>2</sup> y un volumen medio de extracción de 20.000 toneladas de basalto anuales (Hernández Pacheco, 1932).

Los años sesenta marcan el comienzo del desarrollismo en España. En ellos se intensifica la construcción de viviendas debido a la creciente demanda y se amplía y reforma la red de carreteras. Esto eleva considerablemente el ritmo de las extracciones y por tanto el progresivo deterioro de los edificios volcánicos. Es sin embargo en la década siguiente cuando aumenta el número de concesiones de licencias de explotación coincidiendo, por otra parte, con la promulgación de leyes protectoras en la comarca volcánica de La Garrotxa. Las obras de infraestructura derivadas del trazado y construcción del AVE Madrid-Sevilla, así como de nuevos tramos de las autovías que cruzan la provincia, propician un nuevo ataque al ya maltrecho paisaje volcánico del Campo de Calatrava. Entre 1987 y 1988, se abren siete nuevas canteras con volúmenes de extracción superiores en algunos casos a las 350.000 Tm. anuales.

Al inicio de 1991 había abiertas un total de 23 explotaciones, algunas de las cuales han estado ejerciendo sus actividad de forma ilegal. Los centros de extracción se agrupan en dos categorías: a) Minas de Piedra Pómez y b) Canteras de roca basáltica.

La primera denominación podría considerarse como la primera irregularidad, ya que en el Campo de Calatrava la piedra pómez no existe, explotándose bajo esta denominación piroclastos de variada naturaleza. El volumen anual de extracción en esa fecha era de 1.336.000 Tm. de las que 765.000 corresponden a basaltos y el resto, 571.000 a puzolanas.

EXPLOTACIÓN	MUNICIPIO	FECHA DE APERTURA	Tm./AÑO	VOLCÁN	SITUACIÓN ACTUAL
La Alemana	Almagro	1983	250.000	La Yezosa	Inactiva
Horcisa	Ciudad Real	1988	125.000	Fuente del Arzollar	Activa
Dolores	Ciudad Real	1979	90.000	Cabezo Segura	Inactiva
Carmona	Daimiel	1977	70.000	San Marcos	Inactiva
El Castillo	Almodóvar del Campo	s/d	57.000	Los Molinos	Activa
Once Hermanos	Ciudad Real	1978	50.000	Cabezo Segura	Inactiva
Luis Miguel	Ciudad Real	1972	20.000	El Palo	Inactiva
Columba	Calzada	1981	13.000	Cerro Columba	Inactiva
San Fernando	Ballesteros	1971	12.000	La Atalaya	Activa
Santa Rita	Almodóvar del Campo	s/d	9.000	Los Molinos	Activa
La Sarita	Ciudad Real	1972	s/d	Moro-Racioneros	Inactiva
La Estrella	Ciudad Real	1972	s/d	Moro-Racioneros	Inactiva
Siempreviva	Ballesteros	1978	s/d	La Atalaya	Activa
La Puebla	Ciudad Real	1983	s/d	El Cerrajón	Inactiva
Luis Miguel	Ciudad Real	1984	s/d	Cabeza Parda	Activa
Pilar	Ciudad Real	1987	s/d	Zurriaga	Inactiva
Negrizal	Pozuelo de	1988	s/d	El Montecillo	Activa
San Carlos	Granátula	1988	s/d	San Carlos	Activa
Horcisa	Ciudad Real	1991	s/d	Cabeza Mesada	Inactiva

Tabla 1. Minas de "Piedra Pómez"

EXPLOTACIÓN	MUNICIPIO	FECHA DE APERTURA	Tm./AÑO	VOLCÁN	SITUACIÓN ACTUAL
Cerro Moreno	Almagro	1978	250.000	Cerro Moreno	Activa
Cuesta Valderas	Almagro	1980	s/d	Yezosa	Inactiva
La Herrería	Bolaños	1987	325.000	La Herrería	Inactiva
Horcisa	Villamayor	1987	s/d	El Morrón	Inactiva
Horcisa	Villamayor	1988	175.000	El Morrón	Inactiva
El Morrón	Villamayor	1988	125.000	El Morrón	Inactiva
Horcisa	Ciudad Real	1988	125.000	Fuente del Arzollar	Activa

Tabla 2. Canteras de Basalto

Al margen de estas canteras de las que se posee información también se ha extraído material en el volcán Cabezo del Rey (Pobrete), Las Tiñosas (Carrión de Calatrava), El Mortero y Galiana (Ciudad Real), El Cabezuelo, Salvatierra y Las Canteras

(Calzada de Calatrava), El Alhorín (Solana del Pino), Las Monjas (Fernancaballero), Manoterías (Piedrabuena), La Inesperada (Pozuelo de Calatrava), Boca del Campo, Columba y Las Cuevas (Granátula de Calatrava), La Balona (Puertollano), El Retamar (Almodóvar del Campo), Cerro Pelado (Ballesteros de Calatrava)...

En la actualidad, en torno al 20 % de los edificios volcánicos, se encuentran gravemente alterados por los procesos de explotación. Su reconstrucción es inviable por la cantidad de material manipulado y por las propias características de hecho volcánico. Sería deseable que se llegara a una total paralización de la concesión de nuevas licencias y se procediera a habilitar las canteras como laboratorios naturales y museos al aire libre, al igual que ocurre en otras regiones volcánicas de Europa. En este sentido cabe destacar los acuerdos que se están tomando entre la Mancomunidad de Municipios del Campo de Calatrava y la empresa cementera Lafarge, para la cesión de uso de una parte de la mina San Carlos, abierta en la ladera norte del volcán Cerro Gordo. Mediante este acuerdo se llevará a cabo una adecuación del recinto cedido para ser utilizado como espacio visitable con un marcado carácter didáctico-divulgativo. Será la primera musealización en un ámbito volcánico que se va a llevar a cabo en el Campo de Calatrava. El Grupo de Investigación GEOVOL, será el encargado de la redacción de los contenidos científicos de este proyecto, mediante la firma de un Contrato de Investigación entre la administración local receptora de la cesión y la UCLM.

En orden a establecer un diagnóstico sobre la situación de los volcanes del Campo de Calatrava, podrían establecerse las siguientes conclusiones:

- Los edificios piroclásticos y las coladas de lava, son, junto a los volcanes que presentan mayor facilidad de acceso y evacuación del recurso explotado, los conjuntos más alterados por la actividad extractiva.
- Las depresiones tipo maar sufren algún tipo de actuación cuando en su interior han precipitado minerales susceptibles de explotación.,
- Los cráteres de explosión hidromagmática y el resto de afloramientos situados sobre las sierras cuarcíticas, se conservan inalterados o bien han experimentado una alteración muy baja.

- Las medidas de protección que han consistido en la declaración como Monumento Natural para algunos volcanes, no sirve a los propósitos de una protección integral para el Campo de Calatrava.
- Volcanes como Yezosa, Cerro Gordo, Cerro Moreno, Las Herrerías, Fuente del Arzollar, La Atalaya de Ballesteros, Las Herrerías y Cerro Moreno, entre otros, son irrecuperables.
- Sería deseable que los dos edificios volcánicos que marcan el inicio y el final de las erupciones en el Campo de Calatrava, Morrón de Villamayor y Columba, ambos afectados por la presencia de canteras, fueran declarados Monumento Natural, y de esta manera preservarlos de futuras agresiones



Figura. 5.27. Explotación tradicional de "picón" en el volcán del Cerro de La Cruz en Alcolea de Calatrava. Las extracciones incontroladas han destruido los yacimientos arqueológicos situados en las laderas norte y oeste del volcán.



Figura. 5.27. Explotación tradicional de basalto para pavimentación en el volcán El Alhorín (Valle de Alcudia)



Figura. 5.29. Explotación de las canteras de leucitita olovínica del Morrón de Villamayor



Figura. 5.30. Explotación intensiva para la extracción de zahorra. Canteras abiertas al sur de Ciudad Real con motivo de las obras de la autovía Ciudad Real-Puertollano



Figuras. 5.31 y 5.32. Explotación intensiva para la fabricación de cemento en la "Mina San Carlos"



# **BIBLIOGRAFÍA**

ACOSTA ECHEVARRÍA, A *et al.* (2010): "Estudio de la sinterización de los basaltos del Campo del Campo de Calatrava" En: González, E. *et al.* Editores. Aportaciones recientes en volcanología (2005-2008). IEC, UCLM, MCI

ADARO (1993): *Inventario de recursos naturales no renovables del Campo de Calatrava (Ciudad Real)*. CEDER Campo de Calatrava. Patronato de Intereses Provinciales de Ciudad Real

AGUIRRE, E. (1971): "Datos para la historia terciaria y cuaternaria del Campo de Calatrava", *Cuadernos de Estudios Manchegos*, nº 2, pp.159-171

ALBERDI, M. et al. (1984): "Paleontología y bioestratigrafía de los yacimientos Villafranquienses de las Higuieruelas y Valverde de Calatrava II. (Campo de Calatrava, Ciudad Real)" *Memoria Diputación provincial de Ciudad Real*

ALBERDI, M.A (coord.) (1986): "Geología y Paleontología del yacimiento del Villafranquiense inferior de Las Higuieruelas y su entorno (Campo de Calatrava, Ciudad Real)" *I Reunión de Estudios Regionales de Castilla-La Mancha*. Vol.III Toledo, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, pp. 229-277

ÁLVAREZ-CAMPANA GALLO, J.M. (1989): Las aguas termominerales del Sector Central del Campo de Calatrava, Ciudad Real. Informe inédito

ÁLVAREZ CHAÍN, M. et al. (1986): "Comportamiento hidrológico de algunas formaciones volcánicas de la provincia de Ciudad Real" *Simposio Nacional de Hidrología*, Vol II, Madrid, pp.813-831

ALLÚE ANDRADE, J. L. (1966): *Subregiones Fitoclimáticas de España*. Ministerio de Agricultura. Madrid.

ANCOCHEA SOTO, E. (1979): "Edades Radiométricas K-Ar del vulcanismo de la Región Central Española" *Estudios Geológicos*, nº 35, pp.131-135

ANCOCHEA SOTO, E. (1979): "Polaridades magnéticas y edad de las rocas volcánicas del Campo de Calatrava (Ciudad Real)" *III Asamblea Nacional de Geodésia y Geofísica*, pp. 1.593-1.604

ANCOCHEA, E. IBARROLA, E. (1982): "Caracterización geoquímica del vulcanismo de la Región Central Española" *Bol. real Sociedad Española de Hª Natural*. nº 80, pp57-88

ANCOCHEA, E. BRÄNDLE, J.L. (1981): "Mapas de las características geoquímicas del vulcanismo de los Campos de Calatrava", *Publicaciones de la IV Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica*

ANCOCHEA, E. BRÄNDLE, J.L. (1982): "Alineaciones de volcanes en la región volcánica central española", *Revista de Geofísica*, nº 38, pp.133-138

ANCOCHEA, E. (1983): *Evolución espacial y temporal del volcanismo reciente de España central*, Madrid, UCM, 675 pp.

ANCOCHEA, E. (1984): "Magmas primarios y diferenciados en la Región Volcánica Central Española" *Revista de Materiales y Procesos Geológicos*, Vol II, pp. 115-133

BARRERA, J.L. et al.(2002): "Castilla la Mancha da protección legal a sus formaciones volcánicas : Uno de los tesoros geológicos de la provincia de Ciudad Real". *Quercus*, nº 193, pp. 6-7

BARRERA MORANTES, J. L. (2001): El "chorro" de Granátula. II Ciclo de conferencias de la A.C. Oretum

BARRERA MORATE, J.L. (2000): "Los hervideros de Fuensanta historia de sus orígenes y desarrollo en el Siglo XIX." En: *Cuadernos de Estudios Manchegos*, nº23-24, II época

BASTIDA, F. (2005): Geología. Una visión moderna de las Ciencias de la Tierra. Vol. I Treal, S.L. Oviedo

BECERRA, R. GONÁLEZ, E. GOSÁLVEZ, E. ESCOBAR., E. (2010): « Geomorphology on a Degassing Vent: La Sima. Campo de Calatrava Volcanic Region (Central Spain)». *Cities on Volcanoes 6th, Abstracts Volume*, Tenerife, Canary Islands, Spain

BECERRA, R. GONÁLEZ, E. GOSÁLVEZ, E. ESCOBAR., E. (2009): *Morphologie des cônes pyroclastiques de la vallée moyenne de la rivière Jabalón. Région volcanique du Campo de Calatrava (Espagne)* Annals. Geographical Series. Valahia University of Targoviste.

BECERRA, R. et al. (2008): "Aplicación del análisis morfométrico a los volcanes del extremo sur-oriental de la región Volcánica del Campo de Calatrava (Ciudad Real, España)" En: *Trabajos de Geomorfología en España 2006-2008*. SEG, Cádiz. Pp. 21-25

BECERRA, R. et al. (2008): "Análisis morfométrico de los volcanes de la cuenca media del río Jabalón. Región Volcánica del Campo de Calatrava (Ciudad Real, España)". En: *IV Reunión de la REV*. Almagro. (Comunicación-Póster)

BECERRA, R. ESCOBAR, E. GONZALEZ, E. GOSALVEZ, R.U. (2009): "El Campo de Calatrava y el Corredor Ciudad Real-Puertollano" En: *Itinerarios geográficos y paisajes por la provincia de Ciudad Real*. Diputacion Provincial

BENITEZ, A. PULIDO-BOSCH, A. (2008): "Consideraciones hidrogeológicas sobre el Campo de Calatrava" En: *Libro de resúmenes de la IV reunión de la REV*. Almagro

BERGAMÍN, J.F. et alt (1983): "Geometría en profundidad del afloramiento volcánico de Piedrabuena (C. Real) en base a datos gravimétricos" *Studia geológica Salmanticensis*, nº 18, pp.225-236

BERGAMÍN, J.F. et alt. (1984): "Avance de interpretación de una transversal gravimétrica entre los montes de Toledo y Sierra Morena", *I Congreso Español de Geología*, Vol III, pp.303-309

BERGAMÍN, J.F. (1986 a): *Interpretación geotectónica del área del Campo de Calatrava (Ciudad Real), basada en determinaciones gravimétricas*, Madrid. UCM, 239 pp.

BERGAMÍN, J.F. (1986 b): "Prospección gravimétrica del Campo de Calatrava (Ciudad Real)", *Revista de Materiales y Procesos Geológicos*, Vol IV, pp.185-202

BERGAMÍN, J.F. CARBO, A. (1986): "Discusión de modelos para la corteza y manto superior en la zona sur del área centroibérica, basados en anomalías gravimétricas", *Estudios Geológicos*. N° 42, pp. 143-146

BESÓ ROS, A. (1993): " Planteamientos Metodológicos para la catalogación y estudio de la arquitectura rural". *Revista Folklore*. Ed caja España. Valladolid. Tomo XIII (1). n° 146.

BONADONNA, F. VILLA, J.M. (1984): "Estudio geocronológico del volcanismo de Las Higuieruelas", *I Reunión de Est. Regionales de Castilla-La Mancha*, Albacete, Diputación Provincial.

Bowen (1928): *The evolution of the igneous rocks*. Dover, U.K

CÁCERES ALVARADO, M. (1995): *Obtención de fibras de vidrio a partir de rocas volcánicas canarias y su posible aplicación como material aislante y de refuerzo*. Tesis Doctoral. U. la Laguna, Inédita

CADAVID, S. (1977): "Avance del mapa de isopacas de una "corteza normal" para la Península Ibérica y sus principales accidentes de posible alcance cortical" *Boletín Geológico y Minero*, t. LXXXVIII-VI, pp.561-566

CALDERÓN, S. (1883): "Catálogo razonado de las rocas eruptivas de la provincia de Ciudad Real". *Bol. Mapa Geológico*, n° 10. 166 pp.

CALDERÓN, S. (1905): "Los volcanes de España. Ensayo de bosquejo sintético", *Bol. de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, n° 5, pp.335-342

CALVO, D. BARRANCOS, J. PADILLA, G. BRITO, M. BECERRA, R. GOSÁLVEZ, R. GONZÁLEZ, E. ESCOBAR, E. MELIÁN, G. NOLASCO, D. PADRÓN, E. MARRERO, R. HERNÁNDEZ, P. PÉREZ, N. (2010): *Emisión Difusa de CO<sub>2</sub> en el Campo de Calatrava, Ciudad Real*, Aportaciones recientes en Volcanología, UCLM, UCLM, Asociación para el Desarrollo del Campo de Calatrava, UCLM, Ministerio de Ciencia y tecnología

CAPEL MOLINA J.J. (1981): *Los climas de España*. Barcelona, Oikos Tau

CASERO, J. A. Y MARTÍNEZ, F. (1983): *Balneario Hervideros de Fuensanta. Cuadernos de Estudios Manchegos*, n° 16, pp. 101-114

- CASERO, J. A. Y MARTÍNEZ, F. (1985): Fuentes minero-medicinales y balnearios de la provincia de Ciudad Real. *Cuadernos de Estudios Manchegos*. nº 14, pp. 299-309
- CEBRIÁ, J.M. (1992): *geoquímica de las rocas basálticas y leucititas de la región volcánica del Campo de Calatrava, España*, Madrid, UCM. 342 pp.
- CEBRIÁ, J.M. LÓPEZ-RUIZ, J. (2008): "Modelos petrogénicos y geodinámicos para el Campo de Calatrava". En: *Libro de resúmenes de la IV reunión de la REV*. Almagro
- CORCHADO SORIANO, M. (1982): *El Campo de Calatrava. Los Pueblos*, Ciudad Real, I.E.M. 567 pp.
- CORTAZAR, D. (1880): "Reseña física y Geológica de la provincia de Ciudad Real". *Bol. Mapa Geológico Nacional*. Tomo VIII, pp. 1-289
- CRESPO ZAMORANO, A. (1988): Primeras notas sobre los yacimientos de manganeso cobaltífero en el plioceno del Campo de Calatrava (Ciudad Real). *Bol. Soc. española de Mineralogía*. nº 11, pp. 149-152
- CRESPO ZAMORANO, A. (1992): *Geología, mineralogía y génesis de los yacimientos de manganeso cobaltífero del Campo de Calatrava (Ciudad Real)*, Madrid, UCM, 389 pp.
- CRESPO, A. LUNAR, R. (1994): "Co-rich Mn-Fe deposit in the Calatrava area (Central Spain): geology, mineralogy and geochemistry". *European Journal of Mineralogy*. 6(1), pp. 328-229
- CRESPO, A. et al. (1995): "Unusual case of hot-springs-related Co-rich Mn mineralization in central Spain. The Pliocene Calatrava deposits". *Economic Geology* 90, pp. 433-437
- DIEZ, V. (2008): "El proceso de protección de las manifestaciones volcánicas en la provincia de Ciudad Real". En: *Libro de resúmenes de la IV Reunión de la REV*. Almagro
- DÓNIZ PÁEZ, F.J. (2009): Volcanes basálticos monogénicos de Tenerife. Concejalía de Medio Ambiente. Los Realejos
- EPTISA (2001): Estudio de caracterización geológica e hidrogeológica del área afectante al sondeo surgente de Granátula de Calatrava (Ciudad Real). Conclusiones. Inédito. Consejería de Obras Públicas. JCCM
- ESCOBAR, E. BECERRA, R. GONÁLEZ, E. GOSÁLVEZ, E. (2009): Itinerario didáctico a través del Campo de Calatrava: Un paseo por los volcanes. IV Congreso Internacional de Competencias. Ciudad Real, abril 2009 (Publicación en DVD)
- ESCOBAR LAHOZ, E, GONZÁLEZ CÁRDENAS, E, GOSÁLVEZ REY, R, BECERRARAMÍREZ, R (2010): The Salvatierra and Calatrava La Nueva castles: Two Remarkable Examples in the Use of the Eruptive Material in the Iberian Peninsula (Campo de Calatrava Volcanic Region, Ciudad Real , Spain ) Cities on Volcanoes, Abstracts Volume, Tenerife, Canary Islands, Spain

ESCOBAR, E. GONZÁLEZ, E. BECERRA, R. GOSÁLVEZ, R. (2010): "Utilización del material eruptivo en la Región Volcánica del Campo de Calatrava (Ciudad Real, España)" Aportaciones recientes en Volcanología 2005-2008, UCLM, Asociación para el Desarrollo del Campo de Calatrava, UCLM, Ministerio de Ciencia y tecnología

ESCOBAR, E. GONZÁLEZ, E. (2010): "Itinerario por los hervideros o cultura de los baños. Recurso didáctico para el estudio y conservación del paisaje volcánico del Campo de Calatrava (Ciudad Real, España)" En: geografía, Educación y Formación del profesorado en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior. AGE, UCM, Murcia, Vol. I Pp. 287-299

EZQUERRA DEL BAYO (1836): "Basaltos". *Semanario Pintoresco Español*, 8 (Tomo I): 68-69

GALLARDO MILLÁN, J.L. et al (1998): "Relación entre las polaridades paleomagnéticas y las edades radiométricas del volcanismo del Campo de Calatrava (Ciudad Real)" *Geogaceta*, nº 23, pp. 55-58

GALLARDO, J.L. Y PÉREZ-GONZÁLEZ, A. (2000): "Magnetoestratigrafía del relleno neogeno en las cuencas del Campo de Calatrava (Ciudad Real). *Geotemas*, 1, pp. 101-104

GALLARDO MILLÁN, J.L. et al (2002): "Secuencia magnetoestratigráfica y edad de los materiales volcánicos y sedimentarios de Poblete (Ciudad Real)" *Geogaceta*, nº 32, pp. 35-38

GALLARDO MILLÁN, J.L. (2004): Evolución geodinámica de las cuencas neogenas del Campo de Calatrava (Ciudad Real) y su relación con el volcanismo reciente. Tesis Doctoral, Universidad Complutense, Madrid. (Inédita)

GALLARDO MILLÁN, J.L. (2006): Efectos tectónicos recientes en el Campo de Calatrava deducidos de los datos paleomagnéticos del volcanismo neogeno. *Geogaceta*, 39, pp. 35-38

GARCÍA ANTÓN, M. et al (1986): "Contribución al conocimiento del paisaje vegetal holoceno en la Submeseta Sur Ibérica. Análisis polínico en sedimentos higroturbosos en el Campo de Calatrava (Ciudad Real, España)" En: *Quaternary Climate in Western Mediterranean*. F. López Vera editor. U.C.M. pp. 189-204

GARCÍA CAMACHO, J. et al (2004): "Análisis de la flora vascular de los volcanes del Campo de Calatrava (Ciudad Real, España)" En: *Anales del Real Jardín Botánico de Madrid*, nº 61. Madrid, pp. 209-219

GARCÍA RAYEGO, J.L. (1994): *Mapa geomorfológico de la comarca de Los Montes-Campo de Calatrava a E. 1:200.000*. Madrid, UCLM

GARCÍA RAYEGO, J.L. (1995): *Los paisajes naturales de la Comarca de Los Montes-Campo de Calatrava*, Ciudad Real, B.A.M., 453 pp.

GAUSSEN, H. (1955): Détermination des climats par la méthode des courbes ombrothermiques. *Compt. Rend. Hebd. Séances Acad. Sci.* 240: 642-644.

GONZÁLEZ CÁRDENAS, E. SÁNCHEZ GONZÁLEZ E. (1990): "Geomorfología de los afloramientos hercínicos del sur de Ciudad Real" En: *I Reunión Nacional de Geomorfología* Teruel, 1990 pp. 27-37

GONZÁLEZ CÁRDENAS, E. (1991): "El deterioro del paisaje volcánico del Campo de Calatrava" En: *XII Congreso Nacional de Geografía*. Valencia pp. 33-40

GONZÁLEZ CÁRDENAS, E. (1992): "Aspectos geomorfológicos del volcanismo hidromagmático del Campo de Calatrava" *Estudios de geomorfología en España*. Murcia, pp.569-583

GONZÁLEZ CÁRDENAS, E. MUR RIOJA, M.J. (1995): "El PGOU como instrumento para la protección del Medio Natural. *XIV Congreso Nacional de Geografía*, Salamanca.

GONZÁLEZ CÁRDENAS, E. (1996): Secuencias eruptivas y formas de relieve en los volcanes del sector oriental del Campo de Calatrava. (Macizo de Calatrava y flanco suroriental del domo de Almagro) Ciudad Real. En: *Elementos del Medio Natural en la Provincia de Ciudad Real*. UCLM pp.163-200

GONZÁLEZ CÁRDENAS, E. (1996): "Erupciones hidromagmáticas en el borde occidental del Macizo de Calatrava, Campo de Calatrava (España). El volcán del Rinconcillo", en: *IV Reunión Nacional de Geomorfología*. Cuadernos del Laboratorio Xeológico de Laxe, nº 21, pp. 281-295

GONZÁLEZ CÁRDENAS, E. (1996): "Geografía Física" en: *Ciudad Real y su provincia*, GEVER, Sevilla pp.1-133.

GONZÁLEZ CÁRDENAS, E. (1997): "Aspectos geomorfológicos del edificio volcánico de Manoteras" *Lavándula*, n. 0, pp. 27-30

GONZÁLEZ CÁRDENAS, E. et al (1998): Inventario Geomorfológico y Biogeográfico de las lagunas del Campo de Calatrava. Proyecto de Investigación CR/06/98 financiado por la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente de la JCCM, (inédito)

GONZÁLEZ CÁRDENAS, E. et al (2000): "Los geosistemas lagunares de origen volcánico del Campo de Calatrava: funcionamiento y dinámica reciente", en: *Geomorfología para el Tercer Milenio y Sociedad*. SEG, UCM,

GONZÁLEZ, E. GARCÍA. J.L. (2001): "Humedales del Campo de Calatrava", en: *Humedales de Ciudad Real*. Esfagnos, pp. 34-43

GONZÁLEZ CÁRDENAS, E.(2001): Los volcanes de la cuenca de Moral-Calzada de Calatrava: El maar de Granátula. II ciclo de conferencias de la A.C. Oretum

GONZÁLEZ CÁRDENAS, E. (2002): "Depósitos de oleadas basales y su papel en el relieve volcánico del Campo de Calatrava (España)", En: *Estudios recientes en Geomorfología: patrimonio, montaña, dinámica territorial* SEG, Universidad de Valladolid, pp 455-465

GONZÁLEZ CÁRDENAS, E. (2003): "Geomorfología de los edificios volcánicos del borde occidental del Campo de Calatrava: La Cubeta de Piedrabuena" En:

*Piedrabuena, Espacio Histórico y Natural*. UCLM, Diputación Provincial, Ayuntamiento de Piedrabuena, Ciudad Real, pp. 402-420

GONZÁLEZ CÁRDENAS, E. GOSÁLVEZ REY, R.U. (2004): "Nuevas aportaciones al conocimiento del hidrovulcanismo en el Campo de Calatrava (España). En: *Contribuciones recientes sobre Geomorfología*. SEG, CSIC. Madrid. Pp. 71-81

GONZÁLEZ, E. GOSÁLVEZ, R.U. ESCOBAR, E. (2006): *Volcanes del Campo de Calatrava*. Asociación para el Desarrollo del Campo de Calatrava. Ciudad Real.

GONZÁLEZ CÁRDENAS, E. (2005): "El Medio Natural en el municipio de Torralba de Calatrava". En: *Jornadas monográficas sobre Torralba y su entorno (2003-2004)*, Ayuntamiento de Torralba de Calatrava, pp. 15-29

GONZÁLEZ CÁRDENAS, E.(2005): Los volcanes del entorno de Cabezarados (inédito)

GONZÁLEZ, E. GOSÁLVEZ, R.U. ESCOBAR, E. BECERRA, R. (2007): " Actividad eruptiva holocena en el Campo de Calatrava (volcán Columba, Ciudad Real, España)" En: *Contribuciones al estudio del periodo Cuaternario*. AEQUA, Ávila. Pp. 143-144

GONZÁLEZ, E. et al. (2007): Condiciones medioambientales en el Holoceno medio del Campo de Calatrava (Ciudad Real, España): Resultados preliminares. En: *Actas del Congreso Nacional de Biogeografía*. Ávila. (en prensa)

GONZÁLEZ, E. GOSÁLVEZ, R.U. ESCOBAR, E. BECERRA, R. (2008): "Facies laháricas en los depósitos de oleadas piroclásticas del Barranco Barondillo. Campo de Calatrava (España)" En: *Trabajos de Geomorfología en España*. SEG, Cádiz. Pp. 25-29

GONZÁLEZ, E. GOSÁLVEZ, R.U. ESCOBAR, E. BECERRA, R. (2009): "Dépôts de lahar aux volcans de Cerro Gordo et Columba. Campo de Calatrava, (España)". *Annals. Geographical Series*. Valahia University of Targoviste.

GONZÁLEZ, E. GOSÁLVEZ, R.U. ESCOBAR, E. BECERRA, R. (2010): "El trabajo reciente de los geógrafos en el vulcanismo del Campo de Calatrava" En: *Aportaciones recientes en Volcanología 2005-2008*, UCLM, Asociación para el Desarrollo del Campo de Calatrava, UCLM, Ministerio de Ciencia y Tecnología

GONZÁLEZ, E. et al. (2010): "Depósitos de flujos de spatter en el volcán Cerro Gordo. Región Volcánica del Campo de Calatrava (Ciudad Real, España). En: *Aportaciones recientes en Volcanología 2005-2008*, UCLM, Asociación para el Desarrollo del Campo de Calatrava, UCLM, Ministerio de Ciencia y Tecnología

GONZÁLEZ, E. et al. (2010): "Evolución de la emisión de CO<sub>2</sub> en La Sima Campo de Calatrava (Ciudad Real, España). En: *Aportaciones recientes en Volcanología 2005-2008*, UCLM, Asociación para el Desarrollo del Campo de Calatrava, UCLM, Ministerio de Ciencia y Tecnología

GONZÁLEZ, E. BECERRA, R. GOSÁLVEZ, R. ESCOBAR, E. (2010): "Evidencias de actividad hidromagmática holocena en el volcán Columba. Campo de Calatrava

(España)". Aportaciones recientes en Volcanología, UCLM, Asociación para el Desarrollo del Campo de Calatrava, UCLM, Ministerio de Ciencia y Tecnología

GONZÁLEZ, E. BECERRA, R. GOSÁLVEZ, R. ESCOBAR, E. (2010): "Dinámicas eruptivas en el complejo volcánico de Cerro Gordo, Campo de Calatrava (España)". Aportaciones recientes en Volcanología, UCLM, Asociación para el Desarrollo del Campo de Calatrava, UCLM, Ministerio de Ciencia y Tecnología

GONZÁLEZ, E. et al. (2010): "Volcanes del Campo de Calatrava. Un ensayo didáctico y divulgativo. En: Aportaciones recientes en Volcanología 2005-2008, UCLM, Asociación para el Desarrollo del Campo de Calatrava, UCLM, Ministerio de Ciencia y Tecnología

GONZÁLEZ, E. GOSÁLVEZ, R.U. ESCOBAR, E. BECERRA, R. (2010): Quaternary Hydromagmatic Eruptions and Paleoseismicity at Campo de Calatrava Volcanic region, Ciudad Real, Spain. Cities on Volcanoes 6<sup>th</sup> Abstracts Volumen. Tenerife, Canary Islands, Spain

GONZÁLEZ, E. GOSÁLVEZ, R.U. ESCOBAR, E. BECERRA, R. (2010): Gas Monitoring and Detection of Microseismicity in the Volcanic System of Campo de Calatrava, European Intracontinental Volcanism (Spain). Cities on Volcanoes 6<sup>th</sup> Abstracts Volumen. Tenerife, Canary Islands, Spain

GONZÁLEZ, E. GOSÁLVEZ, R.U. ESCOBAR, E. BECERRA, R. Doniz, F.J. Editores. (2010): Aportaciones recientes en Volcanología. 2005-2008, Centro de Estudios Calatavos, Almagro

GONZALEZ, E. BECERRA, R. ESCOBAR, E. GOSÁLVEZ, R.U. (2010). Evidencias de procesos de licuefacción afectando a depósitos de oleadas piroclásticas basales. Campo de Calatrava, España. Reunion Nacional de Geomorfología. Solsona. Comunicacion aceptada

GONZÁLEZ REGUERAL, J. R. (1920): "Estudio microscópico de algunas rocas basálticas de Ciudad Real" *Bol. R.S.E.Historia Natural* n° 20, pp.1-184

GOSÁLVEZ REY, R.U. (1998): "Análisis zoogeográfico de las lagunas volcánicas del Campo de Calatrava a partir del censo de aves acuáticas invernantes (enero 1998). En: *Actas del XXI Encuentro de Jóvenes Geógrafos, Barcelona AJG-UAB*

GOSÁLVEZ REY, R.U. (2000): "Los humedales del Campo de Calatrava (Ciudad Real) como espacios receptores de Biodiversidad. En: *Actas del I Congreso Español de Biogeografía. Girona, UB-UG-AGE*

GOSÁLVEZ REY, R.U. (2001): "Cambios observados en la ornitocenosis de los humedales del Campo de Calatrava (Ciudad Real) a través de los censos invernales de aves acuáticas". En: *Actas del XVII Congreso de Geógrafos Españoles, U. de Oviedo-CECODET-AGE-GEA*

GOSÁLVEZ REY, R.U. (2002): "Factores ambientales que determinan la distribución de las aves acuáticas invernantes en las Lagunas del Campo de Calatrava (Ciudad Real)". En: *Anuario Ornitológico de Ciudad Real, 1995-2001* TORRALVO ED. Ciudad Real

GOSÁLVEZ REY, R.U. (2003): Las lagunas de la región volcánica del Campo de Calatrava: Delimitación, Inventario y Tipología. Proyecto de investigación financiado por la Consejería de Ciencia y Tecnología de la JCCM, (inédito)

GOSALVEZ, R.U., MORALES, M., GONZÁLEZ, E. (2007): "Valoración ornitológica de las lagunas del Campo de Calatrava en un hidroperíodo húmedo (julio 1997- junio 1998)". En: *Anuario Ornitológico de Ciudad Real, 2004-2005*. Casas, F., Arredondo, A. y López-Jamar, J. (Eds). Pp. 133-157

GOSALVEZ, R.U. et al: (2010): "Hitos en la conservación de los volcanes del Campo de Calatrava. Ciudad Real, (España)". En: Aportaciones recientes en Volcanología, UCLM, Asociación para el Desarrollo del Campo de Calatrava, UCLM, Ministerio de Ciencia y Tecnología

GOSALVEZ, R.U. et al. (2010): "Morfometría de las lagunas alojadas en maers en la región Volcánica del Campo de Calatrava (Castilla-la Mancha, España)". En: Aportaciones recientes en Volcanología (2005-2008). Asociación para el Centro de Estudios Calatravos, UCLM, Ministerio de Ciencia y Tecnología

GRUPO AL-BALATITHA (1984): *Los pueblos de la provincia de Ciudad Real a través de las descripciones del Cardenal Lorenzana*, Toledo, Caja de Ahorros de Toledo, 300 pp.

HERNÁNDEZ PACHECO, E. (1921): "El yacimiento de mamíferos de Valverde de Calatrava y edad de los volcanes de la provincia de Ciudad Real" *Bol. R. Soc. Esp. de Hist. Nat.* Vol CC. pp. 98-114

HERNÁNDEZ PACHECO, E. (1928): "Les volcans de la région centrale d'Espagne", *Bull. volcanologique*, 4, pp.1-267

HERNANDEZ PACHECO, F. et al (1928): *Memoria explicativa de la hoja geológica nº 810 (Almodóvar del Campo)* 1º Serie. IGME. Madrid

HERNANDEZ PACHECO, F. et al (1929): *Memoria explicativa de la hoja geológica nº 836 (Mestanza)* 1º Serie. IGME. Madrid

HERNANDEZ PACHECO, F. et al (1932): *Memoria explicativa de la hoja geológica nº 784 (Ciudad Real)* 1º Serie. IGME. Madrid

HERNÁNDEZ PACHECO, F. (1932): *Estudio de la región volcánica central de España*. Madrid, Memoria de la Academia de C. Ex. Fis. y Nat. 235 pp.

HERVÁS Y BUENDÍA, I. (1914): *Diccionario histórico-geográfico, biográfico y bibliográfico de la provincia de Ciudad Real*, Ciudad Real, Imprenta de Ramón Clemente

HOYOS, M. et al (1984): "Características geológicas del yacimiento de Las Higuieruelas (Ciudad Real). *Actas de la 1ª Reunión Regional de Estudios Regionales de Castilla-La Mancha*, Vol.III: Sec.2ª, pp. 231-240

HUMBOLDT, A.V. (1816): *Voyage aux Régions Equinoxiales du Nouveau Continent*

IBARROLA, E. BRANDLE J.L. (1974): "Estudio comparativo de melilititas en rocas ultramáficas de dos diferentes provincias volcánicas españolas" *Publicación I Congreso Nacional de Geodesia y Geofísica*, pp. 1.291-1.318

I.G.M.E. MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA. Hojas nº: 759, Piedrabuena, 760, Daimiel, 783, Abenojar, 784, Ciudad Real, 785, Almagro

IGME (1980): Estudio de las manifestaciones termales en Ciudad Real, orientadas a su posible explotación como Recursos Geotérmicos. Inédito

IGME-ADARO (1984): Convenio entre el IGME y la Empresa Nacional Adaro para la Investigación geotérmica en la cuenca alta del Tajo-Región Volcánica de Ciudad Real. Informe interno

IGME-ADARO (1987): Convenio con la Empresa Nacional Adaro para la Investigación de diversas áreas de interés geotérmico. Provincia de Ciudad Real (Campo de Calatrava) Informe Interno

JEREZ GARCÍA, O y SÁNCHEZ LÓPEZ, L (2002): La arquitectura geográfica manchega: recurso y compromiso educativo. UNED. *Espacio, Tiempo y Forma Serie VI, Geografía*, t. 15, págs. 129-145

JEREZ GARCÍA, O y SÁNCHEZ LÓPEZ, L (2003): Reflexiones sobre el espacio como archivo, patrimonio y recurso didáctico. En: Actas del Simposio Internacional de Didáctica de las Ciencias Sociales

JOPLIN, G.A. (1968): "The shonshonite association: a review" *Journal. Soc. Geol. Australia*. 15, pp. 275-294

JULIVERT *et al.*, (1983): "La estructura de la extensión SE de la zona centroibérica con metamorfismo de bajo grado" *Libro Jubilar de JM Ríos*. T I, pp. 477-490

LÓPEZ BUSTOS, C. (1959): "Contribución al estudio del régimen de precipitaciones en Ciudad Real y su provincia". *Cuadernos de Estudios Manchegos* 9 (1ª época), 20 pp.

KUNO, H. (1968): "Differentiation of basalt magmas". En: H.H.Hess y A Poldervaart (Eds.) *Basalts*, Wiley Interscience, pp. 623-688

LIMON MONTERO, A. (1697): *Espejo cristalino de las aguas de España*, Madrid I.G.M.E. (reedición 1979) 432 pp.

LÓPEZ RUIZ, J. *et al.* (1993): "Cenozoic intra-plate volcanism related to extensional tectonics at Calatrava, central Iberia", *Journal of the Geological Society*, vol 150, pp 915-922

LÓPEZ SERRANO, C. (1983): "Informe sobre el volcán extinto de Almodóvar del Campo (Ciudad Real)" *Cuadernos de Estudios Manchegos*, 14 (2ª época) pp. 163.168

- MADOZ, P. (1845-50): *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de ultramar*, Valladolid, Ámbito (reedición 1987) 16, vols.
- MAESTRE, A. (1836): "Nota sobre las formaciones basálticas de La Mancha" *Neues. Jahebuch*
- MAESTRE, A. (1844): "Observaciones acerca de los terrenos volcánicos de la Península" *Bol. of Minas, n° 103, pp.1-119*
- MALLARACH, J.M. (1998): *El Vulcanisme Prehistoric de Catalunya*. Diputació de Girona, Olot
- MARTÍ, J. ARAÑA, V. Editores científicos, (1993): *La Volcanología actual*, Madrid, C.S.I.C. 578 pp.
- MARTINEZ SOLARES, J.M. (2001): *Los efectos en España del terremoto de Lisboa (1 de noviembre de 1755)* IGN, Monografía n° 19, Madrid
- MELERO CABAÑAS, D. (2007): *Ciudad Real: tierra de hervideros, fuentes y baños de aguas minero-medicinales*. Diputación Provincial. Ciudad Real
- MOLINA, E. (1972): "Observaciones geológicas del Campo de Calatrava" *Estudios Geológicos*, vol 27, pp.3-11
- MOLINA, E. (1974): "Campo de Calatrava", *Coloquio Inter. Bioestratigrafía. Libro Guía. pp.215-244*
- MOLINA, E. (1975): "Estudios del Terciario superior y del Cuaternario del Campo de Calatrava (Ciudad Real)" *Trabajos sobre el Neogeno-Cuaternario*, vol 3, 106 pp.
- MONTURIOL, F. et alt. (1970): "Los paleosuelos rojos en las formaciones cuaternarias del Campo de Calatrava (Ciudad Real)" *Anales de Edafología y Agrobiología*, vol. 7-8, pp.548-573
- PAPADAKIS, J (1966): *Climates of the World and their agricultural potentialities*. Ed. Autor. Buenos Aires
- PEARCE, J.A. Y CANN, J.R. (1973 ): "Tectonic setting of Basic volcanic rocks determined using trace element analysis" *Earth Planet. Sci. Lett.* 19, pp290-300
- PEÑA PITA, C. (1965): Nuevos datos sobre las rocas volcánicas de Campos de Calatrava. Tesis de Licenciatura (inédita). Universidad Complutense, Madrid
- PÉREZ-GONZÁLEZ et al.(2003): maar Programme for the Central Spanish Volcanic Field. An initiative for the study of Quaternary climatic change. En: *Quaternary Climatic Changes and Environmental Crisis in the Mediterranean Region*. Universidad de Alcalá de Henares, Madrid, pp. 215-219

POBLETE PIEDRABUENA, M.A. (1989): "Contribución al estudio geomorfológico de las costras ferromanganesíferas del Campo de Calatrava (Ciudad Real)" *XI Congreso Nal. de Geografía*, Vol II. pp. 326-335

POBLETE PIEDRABUENA, M.A. (1991): "Morfología de los cráteres explosivos pliocenos del Campo de Calatrava (Ciudad Real): subcuencas de Corral y Alcolea", *Ería*, nº 26, pp. 179-198

POBLETE PIEDRABUENA, M.A. (1991): "Los volcanes del Campo de Calatrava" en: *Guía de los espacios naturales de Castilla-La Mancha*, Toledo, J.J.CC. pp. 499-517

POBLETE PIEDRABUENA, M.A. (1992): "Las últimas manifestaciones asociadas al volcanismo del Campo de Calatrava (Ciudad Real): Los manantiales termales" *Cuadernos de la sección de Historia-Geografía, Homenaje a Félix María Ugarte*, nº 20, pp.187-201

POBLETE PIEDRABUENA, M.A. (1993): "Morfología y secuencias eruptivas del cráter explosivo de La Posadilla (Campo de Calatrava, Ciudad Real)" *Ería*, nº 30, pp. 51-59

POBLETE PIEDRABUENA, M.A. (1995): "Características morfoeruptivas del cráter explosivo de El Pardillo (Campo de Calatrava, Ciudad Real)", *III Reunión Nacional de Geomorfología*, vol. I pp. 55-62

POBLETE PIEDRABUENA, M. A. (1995): *El relieve volcánico del Campo de Calatrava (Ciudad Real)* Oviedo, 467 pp.

POBLETE PIEDRABUENA, M.A. (1997): "Evolución y características geomorfológicas del sector central del Campo de Calatrava (Ciudad Real)" en: García J. L., González, E. (Editores científicos) *Elementos del Medio Natural de la Provincia de Ciudad Real*, Ciudad Real U.C.L.M., pp. 133-159

POBLETE PIEDRABUENA, M.A. (2000): "Geomorfología volcánica y evolución eruptiva del bajo valle del Ojailén (Alto Jándula, Sierra Morena Oriental)", en: *Geomorfología para el Tercer Milenio y Sociedad. Madrid, S.E.G. -U.C.M.*

POBLETE PIEDRABUENA, M.A.(2001): "Las formas de relieve de origen hidrovulcánico" *Espacio Natural y dinámicas territoriales. Homenaje a D. Jesús García Fernández*, pp. 183-193

POBLETE PIEDRABUENA, M.A.(2002): "Morfología volcánica y dinámica fluvial en el valle medio del Jabalón (Campo de Calatrava Oriental) en: *Estudios recientes en Geomorfología: patrimonio, montaña, dinámica territorial* SEG, Universidad de Valladolid, pp 465-475

POBLETE, M.A. RUIZ, J. (2004): "Geomorfología del conjunto volcánico de la Sierra de La Atalaya de Calatrava (SE del Campo de Calatrava, Ciudad Real) En: *Contribuciones recientes sobre Geomorfología. SEG, CSIC. Madrid. Pp. 81-91*

POBLETE, M.A. RUIZ, J. (2007): "Revisión de la edad del volcanismo en la región volcánica central de España: Evidencias geomorfológicas de actividad volcánica

- cuaternaria". En: *Contribuciones al estudio del periodo cuaternario*, AEQUA, Ávila. (Comunicación-Póster)
- POZO, M. et al. (1986): Evolución de los minerales de arcilla de tipo esmectita.paligorskita en materiales carbonáticos del Campo de Calatrava (Ciudad real). *Bol. Soc. Española de Mineralogía*. nº 9, pp. 32-32
- QUERALT, I. et al., (1993): « Mineralogía y composición química de basaltos españoles en relación con sus posibles aplicaciones vitrocerámicas » / *Congreso Iber. Cer. Vidr. y Ref.* SECV, vol II, pp. 751-758
- QUERALT, I. et al., (1982) : « Yacimientos minerales españoles de interés vitrocerámico y petrórgico » En : *Recursos minerales en España*. Coord. García, J. y Martínez, J. Servicio de Publicaciones del CSIC, pp. 715-727
- QUIROGA, F. (1880): "Estudio micrográfico de algunos basaltos de Ciudad Real", *Anales R.S.E. Historia Natural*, nº 9, pp.1-161
- RANZ YUBERO, J.I. PORTERO, J.M. (2001): "La toponimia de los humedales de Ciudad Real" *Añil* 23, 57-59
- RELACIONES HISTÓRICO-GEOGRÁFICO-ESTADÍSTICAS DE LOS PUEBLOS DE ESPAÑA: *Hechas por iniciativa de Felipe II. Ciudad Real*, Madrid, CSIC (reedición 1971) 618 pp
- RINCÓN CALERO, P.J. (1995): *La deformación hercínica y alpina en la región NE del Campo de Calatrava (Sierra de Siles y de San Carlos del Valle): NE de Ciudad Real*) Memoria de Licenciatura, UCM, Madrid
- RINCÓN CALERO, P.J. (1999): Análisis de la deformación incidente durante el período neotectónico en el antepaís bético (España Central): implicaciones morfoestructurales y origen del volcanismo reciente del Campo de Calatrava (contrastación con otros entornos ígneos): Tesis Doctoral, UCM. Madrid
- RITTMAN, A. (1963): *Les volcans et leur activité*, París Masson
- RIVAS MARTÍNEZ, S. et al. (1987): *Memoria y mapa de series de vegetación en España*. Madrid, ICONA, 268 pp. + cartografía
- ROCANDI, M. et al. (2001): "El sondeo surgente de Granátula de Calatrava (Ciudad Real)", en: *El agua subterránea: prospección, captación y repercusiones en la obra civil*. Universidad de Burgos, pp. 163-182
- RODRÍGUEZ ESPINOSA, E. (2000): *El espacio rural del Campo de Calatrava (Ciudad Real) en la década de los 80*. I.E.M.-CSIC/Diputación Provincial, Ciudad Real
- RODRÍGUEZ, M.A. BARRERA, J.L. (2002): Estructuras paleosísmicas en depósitos hidromagmáticos del vulcanismo neogeno del Campo de Calatrava, Ciudad real (España). *Geogaceta*, 32, 39-42

RODRÍGUEZ-LOSADA, J. A, QUERALT MITJANS, I. (1997): "Las rocas volcánicas del SE español: posibles aplicaciones en la industria vitrocerámica y petrúrgica" . En *Recursos naturales y medio ambiente en el sureste peninsular*

ROIZ, I. (1979): *La estructura y la sedimentación hercínica en especial del precámbrico superior en la región de Ciudad Real-Puertollano*, Madrid, UCM, Tesis Doctoral

ROMERO, C. et al. (1985): *Los volcanes. Guía Física de España*, Madrid, Alianza Editorial, 256 pp.

ROSO DE LUNA, I. (1943): "Nota informativa de los sondeos realizados en el término de Argamasilla de Calatrava (Ciudad Real)" *Notas y Comentarios del IGME*. 11, pp. 125-132

RUBIO, P.M. (1853): *Tratado completo de las fuentes minerales en España*, Madrid, 740 pp.

SÁNCHEZ GONZÁLEZ, E. (1986): El reborde septentrional de Sierra Morena entre Calzada de Calatrava y Valdepeñas: Estudio de Geografía Física. Memoria de Licenciatura, UCM, Madrid

TORRES, T. MAZO, A.V. (1991): "El yacimiento plioceno del pozo de Piedrabuena(Campo de Calatrava, provincia de Ciudad Real). Geología, Paleontología y Análisis Paleoambiental." *Estudios Geológicos*, 47, pp. 339-348

VEGAS, R. RINCÓN, P.J.(1996): "Campos de esfuerzos, deformación alpina y volcanismo neogeno-cuaternario asociado en el antepaís bético de la provincia de Ciudad Real (España Central)" *Geogaceta* 19, pp. 31-34

VEGAS, J. et al. (2004): "El archivo lacustre del maar de fuentillejo (Campo de Calatrava). Primeros protocolos científicos y estrategia de trabajo para el estudio paleoclimático del Cuaternario en el centro de España". *Boletín Geológico y Minero* 115 (4), pp. 641-650

VEGAS, J. et al. (2006): "El registro sedimentario lacustre del maar de Fuentillejo (Ciudad Real)". *Boletín Geológico y Minero*, 117 (3), pp. 339-346

VELAYOS, M. et al (1989): "Las lagunas del Campo de Calatrava (Ciudad Real)" *Bot. Complutensis*, 14, pp. 9-50

VICENTE, G. *et al.*, (1990): « Correlación entre las deformaciones alpinas y el relleno sedimentario durante el Neógeno de la Cuenca de Madrid ». *IX Con. R. C. M. N. S.* Barcelona. Abstracts: 121-122.

Winter, J.D. (2001): *An introduction to igneous and metamorphic petrology*. Prentice Hall, New Jersey

ZAZO, C. et al. (1999): " Hidrogeoquímica y microbiología en los hervideros del Campo de Calatrava, Ciudad Real". *Geogaceta* nº 26, pp. 115-118

YODER, H.S. y TILLEY, C.E. (1962): "origin of basalt magmas: an experimental study of natural and synthetic rock system" *J. Petrol.*, pp. 342-532

<http://www.uclm.es/profesorado/egcardenas>

Imágenes de GOOGLE, IBERPIX y PNOA