

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE LA FORMACIÓN CALIZA  
URBANA EN LA PROVINCIA DE JAÉN, PARA SU EMPLEO  
COMO ROCA ORNAMENTAL**

*Manuel Regueiro y González-Barros*  
(Instituto Geológico y Minero de España),  
*Javier Escuder Viruete*  
(Dpto de Petrología y Geoquímica. Universidad  
Complutense de Madrid)

---

**ANTECEDENTES**

Este proyecto se incorpora al conjunto de proyectos amparados bajo el Convenio Marco de Asistencia Técnica suscrito por el Instituto Geológico y Minero de España y la Excma. Diputación Provincial de Jaén de fecha 27 de octubre de 1981 en un Convenio Específico para el Desarrollo del Programa de Asistencia Técnica del ITGE a la Excma. Diputación Provincial de Jaén (Junio 1998-1999-2000).

**OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

La Formación Caliza Urbana aflora en diversos puntos del borde Sur y Sudoeste de la Hoja del MTN nº 863 "Aldeaquemada", en la Provincia de Jaén (España). A continuación se presentan los objetivos de la investigación de toda la Formación Caliza Urbana detectada en la zona de interés.

- Estudio de la situación de los derechos mineros de las zonas donde aflora la Caliza Urbana.
- Investigación preliminar de los afloramientos de mármoles en la zona. Preselección de zonas.
- Solicitud de Permiso de Investigación de la zona o zonas preseleccionadas.
- Cartografía de la Formación Caliza Urbana en las zonas preseleccionadas del sector sur de la Hoja MTN nº 863

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

“Aldeaquemada”. Municipios de Aldeaquemada, Vilches, Navas de San Juan y Santisteban del Puerto.

- Estudio de la disposición geológica del yacimiento de mármoles y su variabilidad en la horizontal y en la vertical.
- Caracterización del nivel marmóreo para evaluar su posible aptitud para su empleo como roca ornamental.

## **SITUACIÓN GEOGRÁFICA**

La zona estudiada pertenece geográficamente a la Hoja nº 863 del MTN a E. 1:50000 de Aldeaquemada. La Hoja de Aldeaquemada se localiza en el sector centro-meridional de la Península Ibérica, justo en plena Sierra Morena oriental, que marca el límite morfológico entre la Meseta Castellano-Manchega y el Valle del Guadalquivir. Desde un punto de vista administrativo, la mitad septentrional de la Hoja pertenece aproximadamente a la provincia de Ciudad Real y la meridional a la de Jaén. La zona estudiada se incluye en los términos municipales de Aldeaquemada, Vilches, Navas de San Juan y Santisteban del Puerto.

## **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN Y TRABAJOS REALIZADOS**

Para la realización de los diferentes objetivos perseguidos por este proyecto de investigación, se ha seguido una metodología de trabajo, cuyas diferentes fases se describen a continuación:

### **FASE 1**

**1. Recopilación, Ordenación y Tratamiento de la Información Geológico-Minera:** Se prestó especial interés en la localización de documentos y datos procedentes de organismos oficiales tales como el propio IGME, el Ministerio de Obras Públicas, Servicios de Minas, etc., y de compañías mineras o usuarios de materias primas de esta naturaleza (constructoras, etc.).

**2. Estudio del Dominio Minero en la Zona de Interés:** se realizó un estudio exhaustivo de los derechos mineros existentes en las zonas donde afloran los materiales objeto de la investigación, con objeto de determinar la disponibilidad de terrenos francos y registrables sobre los que acometer los estudios subsiguientes. Para ello se visitaron las Jefaturas de Minas afectadas y se elaboró un plano del catastro minero de la zona de interés.

**3. Investigación Preliminar de los Afloramientos de Mármoles. Preselección de Zonas y Solicitud de Permiso de Investigación:** tras la revisión de la situación minera, se llevó a cabo un estudio preliminar de los afloramientos marmóreos con objeto de realizar una preselección preliminar de zonas de interés. Con dichos datos se elaboró una propuesta de terrenos sobre los que se debería solicitar el correspondiente permiso de investigación. La propuesta fue acompañada de una guía básica para la redacción del proyecto de investigación y el procedimiento administrativo a seguir.

**4. Seguimiento Fotogeológico de las Formaciones Favorables a Escala 1:18.000:** las transversales donde se pudieron observar mejor las características de la roca, sirvieron de base para un seguimiento lateral de la capas favorables, sobre fotografía aérea de escala 1:18.000. Esto se hizo con el fin de asegurarse de que existía una corrida suficiente que garantizase un mínimo volumen de recursos.

**5. Cartografía Geológico-Minera:** esta cartografía se apoyó en las técnicas geológicas auxiliares habituales, tales como estudio petrográfico de láminas delgadas de roca, sedimentología, etc. La cartografía se realizó a escala 1:5.000, analizándose todos los factores siguientes:

- Estratificación, buzamientos.
- Potencia de capa.
- Cambios de potencia y de facies.
- Meteorización.
- Karstificación.
- Recubrimientos.
- Pliegues.
- Grado metamórfico

**6. Levantamiento de Perfiles Litológico-Estructurales:** en aquellas transversales que presentaban mejores condiciones de afloramiento, y con el fin de llegar a un conocimiento cabal de las series estratigráficas con potencial geológico-minero, se realizaron perfiles litológico-estructurales escala 1:5.000. Durante la ejecución de dichos perfiles se prestó especial atención a los siguientes factores:

- Composición litológica.
- Color de la roca.
- Textura.
- Tamaño de grano
- Recristalización
- Orientación de los cristales.
- Impurezas.
- Microfracturación
- Replegamiento a mesoescala.

**7. Estudio Fotogeológico de la Fracturación:** como es sabido, uno de los principales factores limitantes de la explotabilidad de un yacimiento de rocas ornamentales, es la facturación. Es por ello fundamental, tener en consideración este factor desde las primeras fases de cualquier prospección. Simultáneamente al seguimiento fotogeológico de las formaciones, se realizó un estudio de la facturación a macro y meso escala, que permitió desechar aquellas zonas que a priori, están más fracturadas.

**8. Muestreo Selectivo y Ensayos:** a la vista de los indicios y yacimientos reconocidos, se hizo un muestreo de aquellos que se consideraron más interesantes por su volumen y recursos. Las muestras se someterían a los pertinentes ensayos tecnológicos de caracterización. En esta fase de los trabajos, los ensayos a realizar fueron los siguientes:

- Serrado y pulido de plaquetas.
- Absorción de agua y peso específico.
- Resistencia al choque.
- Choque térmico.

## FASE 2

**1. Campaña de Sondeos:** La obtención de datos en profundidad o en zonas recubiertas, se hizo mediante sondeos mecánicos con recuperación de testigo. La selección de los lugares para la ejecución de estas labores, se llevó a cabo de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase anterior. En determinadas zonas favorables se propusieron algunos sondeos tácticos de reconocimiento con objeto de establecer las zonas más favorables para la explotación del posible yacimiento, donde realizar trabajos adicionales. El estudio de los testigos de sondeo incluyó la medida de la facturación de la roca utilizándose al menos los siguientes parámetros:

- RQD (*Rock Quality Index*)
- nº de fracturas por metro
- % de recuperación de testigo.

Se realizaron un total de 5 sondeos en diferentes puntos de la zona cartografiada y con las siguientes características:

- Sondeo 1. Colmenar de la Ballestera. 61,4 m. Inclinado.
- Sondeo 2. Colmenar de la Ballestera. 114,30 m. Inclinado.
- Sondeo 3. El Casar-Rio Guarrizas. 136,55 m. Vertical.
- Sondeo 4. Camino zona La Despreciada. 55 m. Inclinado.
- Sondeo 5. Cantera La Despreciada. 55 m. Inclinado.

**2. Ensayos Tecnológicos:** Las muestras obtenidas de los sondeos se sometieron a trenes de ensayos normalizados según normas UNE. Los ensayos realizados fueron los que el tipo y tamaño de muestra obtenida permitió que en general fueron los siguientes:

- Absorción y Peso específico aparente. UNE 22 182 85
- Resistencia a las heladas. UNE 22 184 85
- Resistencia a la compresión. UNE 22 185 85
- Resistencia a la flexión. UNE 22 186 85
- Microdureza Knoop. UNE 22 188 85
- Resistencia al choque. UNE 22 189 85
- Resistencia a los cambios térmicos. UNE 22 193 85

- Coordinadas cromáticas tras los ensayos.
- Plaqueta pulida.

Se ha realizado un total de 6 baterías de ensayos tecnológicos sobre muestras de los testigos de los sondeos 2, 3 y 4, con un total de 69 ensayos.

**3. Memoria y Documentos Auxiliares:** Todas las labores realizadas se incluyen en este documento de síntesis, que cubre todos los aspectos mencionados en cada uno de los apartados anteriores. Esta memoria se acompaña de todos los planos, figuras, fotografías, testificaciones, ensayos, etc.

La memoria incluye un apartado breve y conciso, que detalle las principales conclusiones y las recomendaciones para trabajos posteriores.

### RESULTADOS Y RECOMENDACIONES

- La Formación Caliza Urbana en una formación de edad Ordovícico Superior, cuyos afloramientos aparecen de manera discontinua al norte de la Provincia de Jaén, siguiendo la macroestructura geológica general. La potencia de la *Caliza Urbana* es muy variable debido a la existencia de una discordancia erosiva a techo, desapareciendo lateralmente sin aparentes cambios de facies. En el sector estudiado, la potencia observada oscila entre 0 y 20 m. Los afloramientos de la *Formación Caliza Urbana* aparecen dispersos en la zona meridional de la Hoja de Aldeaquemada, en sectores diversos como el Río Guarrizas, el arroyo de Los Tejos, el arroyo de Venero, el cerro de las Minas, etc. Dentro de la Hoja se localizan también afloramientos en su extremo NE, en el sector del arroyo de Los Canjorros-Río Guadalén. De todos los afloramientos existentes se investigaron los siguientes en la 1º fase del proyecto:

Afloramiento I: Cantera La Despreciada;

Afloramiento II: El Casar-Río Guarrizas;

Afloramiento III: Puntal Agrio;

Afloramiento IV: Arroyo de Los Tejos;

Afloramiento V: La Ballesterá;

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

Afloramiento VI: Casa de Los Tejos;

Afloramiento VII: Sierra Ventosa; y

Afloramiento VIII: Arroyo La Alamedilla.

En general, la *Formación Caliza Urbana* aparece en todos ellos formando cuerpos lenticulares de entre 5 y 40 m de espesor, y variable extensión lateral, que llega a ser de orden kilométrico. Estas relaciones son debidas a la existencia a techo del nivel carbonatado de una discordancia erosiva, que ha eliminado parte de su espesor original. Litológicamente la Caliza Urbana está constituida por calizas marmóreas detríticas muy recristalizadas (calcarenitas), en ocasiones bioclásticas (biocalcarenitas), de color gris a gris-blanco y aspecto para los bancos masivo, en estratos de espesor centimétrico-decimétrico y, localmente, métrico. De manera muy frecuente aparecen dolomitizadas en grado y extensión variable pudiendo llegar a afectar prácticamente de forma total a todo el nivel carbonatado, como es el caso de los Afloramientos de El Casar-Río Guarrizas, o La Ballestera. En varios sectores, la dolomitización afecta preferentemente los estratos situados estratigráficamente a techo de la serie, aunque se han observado frentes de dolomitización de geometría más irregular, o con un desarrollo vertical, afectando a todos los niveles carbonatados. La dolomitización da lugar a una transformación mineralógica y textural completa de las calizas, dando lugar a dolomitas calcíticas (50-90% dolomía) y dolomías (90-100% dolomía), de tonos ocres y amarillos, menos frecuentemente rosados, de tamaño de grano medio a grueso. De forma característica, las dolomías presentan bandas oquerosas debido a la creación de huecos durante el proceso, que resultan posteriormente rellenados por agregados de cristales romboidales de dolomía de gran tamaño. Probablemente, la dolomitización estuvo relacionada con el movimiento de fluidos a través de la zona de mezcla de aguas meteóricas y marinas, dentro de la zona freática de la plataforma carbonatada donde tuvo lugar el depósito previo de los carbonatos.

Desde el punto de vista estructural la zona estudiada se localiza en el sector meridional de la Zona Centro-Ibérica y presenta estructuras correspondientes a la 1ª Fase de deformación hercínica, consistentes en pliegues ONO-ESE a gran escala, vergentes al S, que llevan asociada la formación de una esquistosidad S1 de plano axial

penetrativa y una lineación de intersección L1 subhorizontal. La zona estudiada queda situada dentro de un sinclinal compuesto de F1 de escala kilométrica. La estructuras formadas posteriormente son zonas de cizalla dúctil-frágiles y fracturas frágiles, que se relacionan con una 2ª Fase de deformación hercínica consistente en un acortamiento regional E-O. Se producen además pliegues transversales, de dirección norteada, que originan una interferencia de plegamiento del tipo de domos y cubetas. En la zona estudiada esta fase produce ondulaciones en las zonas de charnela de las grandes estructuras de F1, inmersiones contrarias para sus ejes al ONO y ESE y, principalmente, cizallamientos N60°E-N70°E dextrales que intersectan y desplazan los pliegues D1.

La evolución estructural continua con una 3ª Fase de deformación hercínica/tardi-hercínica, relacionada con un episodio de acortamiento NNESSO a N-S, que origina un sistema de fallas subverticales conjugadas. Este episodio es el de mayor desarrollo e importancia en la formación de estructuras frágiles en el la zona estudiada a todas las escalas. Asociadamente, intruye un conjunto de diques y filones rellenos de cuarzo, baritina, apatito, carbonatos y óxidos de Fe-Mn. Durante los trabajos de cartografía y muestreo de la primera fase se realizó una primera valoración de la fracturación de los afloramiento estudiados que dio el siguiente resultado:

Índice de Fracturación obtenido en las estaciones.

Estación	Litología	IF-Total	Jv
Cantera La Despreciada	Calizas marmoreas	0,37	0.05
El Casar-Río Guarrizas	Dolomías marmoreas	1,11	1.36
Puntal Agrio	Calizas marmóreas	0,38	0.05
Arroyo de Los Tejos	Calizas marmóreas	1,23	1.86
La Ballestera	Dolomías marmóreas	1,18	1.64
Sierra Ventosa	Dolomías marmóreas	0,61	0.22
Arroyo La Alamedilla	Dolomías marmóreas	0,94	0.83

La fracturación medida es inferior a 2 fracturas por metro lineal en todos los afloramientos, que equivale a un índice de

fracturación inferior a 2, por lo que, en principio sería posible la obtención de bloques comerciales medianos a grandes.

De esa primera fase, las muestras obtenidas en afloramientos fueron sometidas a una serie de ensayos tecnológicos sobre las diferentes tipologías identificadas.

De los resultados de los ensayos tecnológicos sobre dichas muestras, se pudo concluir que las propiedades físico-mecánicas de los mármoles dolomíticos y los mármoles calcáreos eran muy dispares pero similares a los valores de los que se utilizaron de mármoles de referencia. De los afloramientos investigados y en base a todo lo anterior y a consideraciones de accesibilidad, se seleccionaron los siguientes para profundizar las investigaciones en la segunda fase del proyecto y ejecutar la campaña de sondeos:

- Afloramiento I: Cantera de La Despreciada;
- Afloramiento II: El Casar-Río Guarrizas;
- Afloramiento V: La Ballestera;

La obtención de datos en profundidad o en zonas recubiertas, se hizo mediante sondeos mecánicos con recuperación de testigo. La selección de los lugares para la ejecución de estas labores, se llevó a cabo de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase anterior. En determinadas zona favorables se propusieron algunos sondeos tácticos de reconocimiento con objeto de establecer las zonas más favorables para la explotación del posible yacimiento, donde realizar trabajos adicionales. El estudio de los testigos de sondeo incluyó la medida de la facturación de la roca utilizándose al menos los siguientes parámetros:

- RQD (Rock Quality Index)
- nº de fracturas por metro
- % de recuperación de testigo.

Se realizaron un total de 5 sondeos (422,25 m) en diferentes puntos de la zona cartografiada y con las siguientes características:



- Sondeo 1. Colmenar de la Ballestera. 61,4 m. Inclinado.
- Sondeo 2. Colmenar de la Ballestera. 114,30 m. Inclinado.
- Sondeo 3. El Casar-Rio Guarrizas. 136,55 m. Vertical.
- Sondeo 4. Camino zona La Despreciada. 55 m. Inclinado.
- Sondeo 5. Cantera La Despreciada. 55 m. Inclinado

En las columnas de sondeos obtenidos de la Formación Caliza Urbana se han reconocido cuatro facies generales de mármoles y calizas marmóreas. Estas facies son:

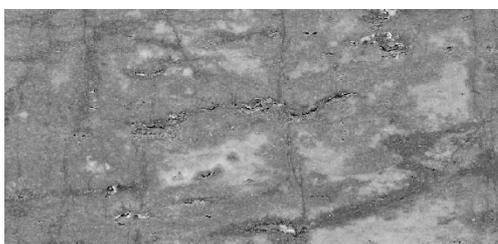
- Facies 1. Mármoles blancos, bandeados, calcíticos.
- Facies 2. Mármoles ocre y cremas, oquerosos, dolomíticos.
- Facies 3. Mármoles tostados y ocre oscuros, muy oquerosos, con abundantes rellenos drúsicos calcíticos (coqueras)
- Facies 4. Mármoles microbandeados, blanco-verdosos, con fósiles e intraclastos, calcíticos y dolomíticos



Tipo/Facies  
1. Blanco fajeado.  
Calcítico



Tipo/Facies  
3. Marrón.  
Dolomítico



Tipo/Facies  
2. Crema

El sondeo S-1 (La Ballestera) está formado de base a techo por unos 6-8 m de la Facies 2 de mármoles, sobre los que se superponen 15-20 m de la Facies 1, con algunas pasadas intercaladas de la Facies 2.

El sondeo S-2 (La Ballestera) está esencialmente formado por 90-100 m de la Facies 2 de mármoles, en ramos bastante masiva y homogénea, en la que se intercalan tramos de 1-5 m de potencia de la Facies 1.

El sondeo S-3 (Zona el Casar-Rio Guarrizas) resulta ser litológicamente bastante heterogéneo. Se inicia a la base con 7-8 m de la Facies 3 de mármoles, siguen unos 80 m de alternancias de las Facies 1 y 2, generalmente en tramos de potencia métrica, y finaliza a techo con 8-10 m de a Facies 1, bajo unos 25 m de pizarras negras de la *Formación Chavera*.

El sondeo S-4 (Camino, zona de La Despreciada) está constituido por unos 45-50 m de mármoles de la Facies 1, en sectores de aspecto muy bandeado, en otro más blanco masivo, en el que se intercalan tramos de 1-3 m de la Facies 2.

El sondeo S-5 (Cantera La Despreciada) está constituido por sólo 16 m de intercalaciones de mármoles de la Facies 1 y 2, pasando rápidamente a pizarras verdes de la base de la serie. A techo presenta un manto de 5 m de rocas volcánicas muy alteradas sobre el que aparece un suelo antrópico (escombrera de la cantera) y un coluvión también con 5 m de espesor. Los resultados de la zonación litológico-estructural realizada en los testigos de la campaña de sondeos han permitido proponer el afloramiento de La Ballestera, perforado por el S-2, como el más favorable desde un punto de vista geomecánico para la explotación de los mármoles de la Facies 2. Se ha realizado un estudio de la distribución espacial de las dos principales facies de mármoles distinguidas en la zona estudiada por modelización geoestadística en dos (2-D) y tres dimensiones (3-D). La modelización permite también el realizar una correlación lateral de estas dos facies de mármoles distintas entre los sondeos, visualizar su estructura en 3-D (previamente al plegamiento de F1 Hercínica) y cuantificar el volumen de reservas aproximado para cada facies. De esta forma, se ha estimado entre los sondeos S-4 y S-2 un volumen de roca de la Facies 1 de 572 955 264 m<sup>3</sup>. El volumen de la Facies 2 calculado siguiendo un proceso similar es de 177 847 168 m<sup>3</sup>.

De las muestras obtenidas por medio de los sondeos se realizaron una nueva serie de ensayos tecnológicos para caracterizar los materiales marmóreos. De los resultados de los ensayos realizados se puede deducir que los materiales dolomíticos presentan por lo general un comportamiento físico-mecánico aceptable y comparable con productos del mercado, mientras que los materiales calcíticos presentan propiedades bastante inferiores a las de los productos comerciales. Las plaquetas pulidas realizadas demuestran que los materiales ensayados tienen una excelente aptitud al pulido y que su aspecto comercial es bueno a muy bueno en particular los mármoles dolomíticos crema. Se propone para estos materiales la posible denominación de "Crema Jaén". En la zona de Colmenar de la Ballestera se ha realizado una estimación por el método de secciones entre los sondeos 1 y 2, ya que, como demuestra la investigación por

sondeos este afloramiento es el más favorable desde un punto de vista geomecánico para la explotación de los mármoles de la Facies 2 (mármoles dolomíticos crema).

Se ha considerado un tramo explotable de 50 m de mármoles de la Facies 2 y 3 de acuerdo con la testificación geológico-mecánica de los sondeos 1 y 2. El volumen de reservas potencialmente explotables se estima entre los sondeos 1y 2 en 2 136 775 m<sup>3</sup> equivalentes a 5,7 Mt de mármoles dolomíticos crema (Facies 2 y 3).

Con objeto de confirmar a escala minera las conclusiones de este estudio, se recomienda la realización de una campaña de sondeos en malla cerrada en la zona seleccionada, así como en otros posibles zonas de explotación (El Casar-Rio Guarrizas) donde existen abundantes recursos de materiales marmóreos similares de la Facies 2.