

## Paramoudras en arenisca de la Formación Jaizkibel



**Carlos GALÁN; Michel MOLIA & Marian NIETO.** Sociedad de Ciencias Aranzadi. Dpto. Espeleología. Julio 2009.

**PARAMOUDRAS (Resumen didáctico).** Son concreciones silíceas de gran tamaño organizadas en torno a las trazas fósiles (**ichnofósiles**) de tubos de organismos marinos (**poliquetos abisales** y, tal vez, **pogonóforos**). Los Paramoudras sólo han sido hallados en el Norte de Europa, en creta y margas de edad Cretácico (Mesozoico). Diversos ejemplos de *Bathichnus paramoudrae* superan los 10 m de longitud y el mayor ejemplar encontrado alcanza 29 m. En el caso del **Pseudokarst** de la **Formación Jaizkibel** se desarrollan en condiciones inusuales, ya que se trata de **areniscas carbonáticas**, depositadas por corrientes de turbidez en ambientes abisales, de **edad Eoceno (Cenozoico)**. Adoptan las más caprichosas formas: esféricas, cilíndricas, serpentiformes, en forma de senos, falos, ánforas, esponjas, o conjugadas en esculturas de extraño diseño que recuerdan a gusanitos articulados, tortugas, focas, etc. Sus **características y diseños** resultan **notables** a nivel mundial. Igualmente se trata de los ejemplos mejor conservados a nivel mundial.



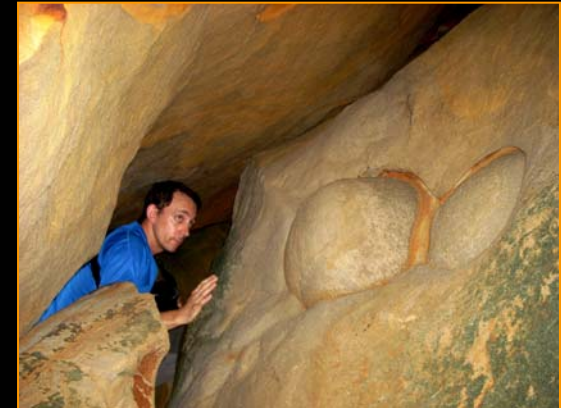
## **LAS FORMAS PREDOMINANTES EN JAIZKIBEL SON ESFERICAS Y CILINDRICAS**

Muchas formas que recuerdan a senos que afloran del suelo son la extremidad semiesférica de Paramoudras cilíndricos que se hunden en el sustrato verticalmente. Sus desarrollos pueden ser horizontales, verticales y oblicuos.



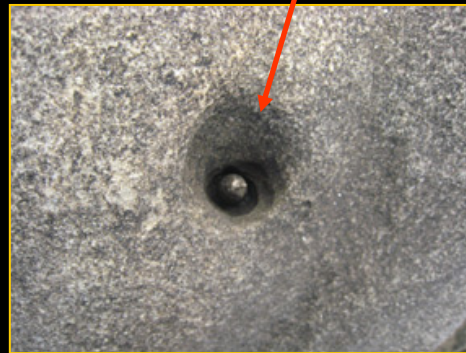
En IGUELDO hay también algunos EJEMPLOS NOTABLES de PARAMOUDRAS de hasta 4,5 m de extensión horizontal.

Destaca particularmente un ejemplo del icnofósil *Bathichnus paramoudrae* en sección longitudinal, en el que pueden verse tramos del cordón axial central y numerosas cortas ramificaciones. Otros ejemplos muestran figuras articuladas complejas.

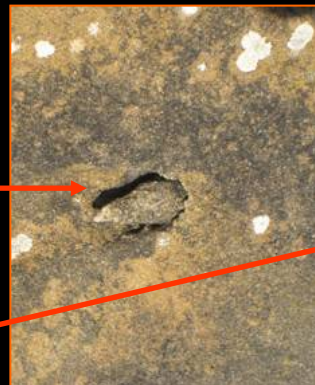


Pero la mayor diversidad se presenta en JAIZKIBEL, en zonas de Pseudokarst. En las cuevas y abrigos puede verse la base inferior o raíces de Paramoudras que penetran en el sustrato, con desarrollos espaciales laterales de cierta amplitud, los mayores de 8 m.

Los **PARAMOUDRAS** están constituidos por: (1) un **CORDÓN CENTRAL** de pequeño diámetro (5-7 mm), (2) las trazas fósiles de **TUBOS** de poliquetos marinos (paredes de 1 mm de espesor) y (3) la **CONCRECIÓN SILÍCEA** envolvente.

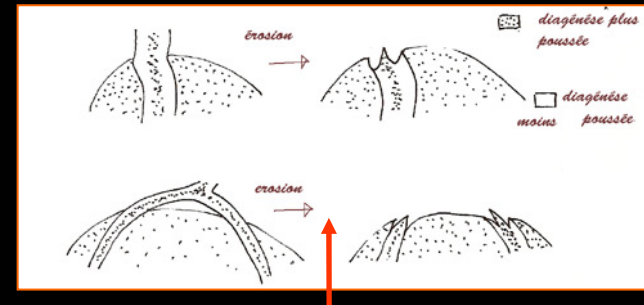


Las concreciones se desarrollan a lo largo de los tubos axiales, los cuales terminan en superficie en **orificios** a menudo con prominentes **espículas**. En otros casos expuestos en cortes naturales se aprecia su correspondencia con los **cordones centrales**.



**Las ESPÍCULAS constituyen el elemento MÁS ENIGMÁTICO de los Paramoudras de Jaizkibel.**

Aunque en Jaizkibel son comunes los orificios con espículas, constituyen el **primer reporte de tales estructuras a nivel mundial**. Destaca particularmente ejemplos de una especie de collar o **anillo** de unión entre la base de la espícula y la continuación del cordón, por lo que pudiera tratarse de restos de estructuras fosilizadas de la región cefálica de los poliquetos o de opérculos con que cerraban sus tubos, quedando abiertas varias posibilidades



Destaca también el hallazgo de **orificios con dos espículas**, lo que interpretamos como remanente erosional de **tubos con bifurcaciones en Y ó en T invertida**.

**Los Paramoudras de Jaizkibel pueden tener 2-3 m de desarrollo vertical y hasta 6-8 m de desarrollo subhorizontal. En el caso de formas esféricas llegan a alcanzar más de 1 m de diámetro.**

Las concreciones silíceas de los Paramoudras se caracterizan por la presencia de orificios, en posición axial, y estructuras tubulares perforantes, las cuales muchas veces se prolongan en el sustrato más allá de la concreción envolvente.



El conjunto litificado como Paramoudras, durante una diagénesis temprana en el sedimento (cuando el resto de las arenas estaba inconsolidado) adopta diseños tanto sencillos (esferas, cilindros) como complejos (figuras que recuerdan animales).

## Las hipótesis más probables para explicar la formación de Paramoudras son debidas a ZILJSTRA (1995) y CLAYTON (1986).

Ambos casos suponen que los Paramoudras son formados por concrecionamiento en torno a galerías o tubos de organismos que excavaban los sedimentos arenosos. Las concreciones son generadas por procesos físico-químicos a lo largo de un gradiente redox, en el que ocurre primero la disolución y precipitación de la calcita, y luego la epigénesis de la calcita en sílice, dando origen al concrecionamiento silíceo.

### A: Hipótesis de ZILJSTRA (1995).

### B: Hipótesis de CLAYTON (1986).

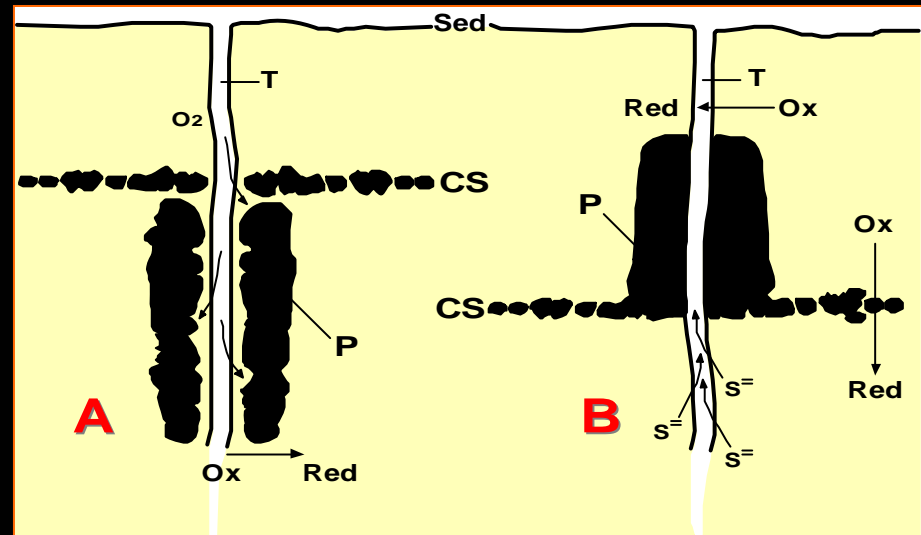
Concreciones silíceas en negro sólido. Las flechas Ox > Red indican los gradientes redox.

P = concreciones silíceas de los Paramoudras. CS = último lecho de concreciones silíceas.

Sed = superficie del sedimento. T = Tubos.

Las flechas curvas indican el tránsito de oxígeno ( $O_2$ ) desde el tubo o madriguera hacia el sedimento (en A) o de sulfuros ( $S^{2-}$ ) desde el sedimento hacia los tubos.

(Fuente: BRETON (2006), modificado).



Tanto desde una perspectiva diagenética (TOYTON & PARSONS, 1990; JUIGNET & BRETON, 1997) como geoquímica (CLAYTON, 1986; ZILJSTRA, 1995) cada vez resulta más claro que la silicificación de la concreción ocurre en una fase temprana y el papel preponderante es debido a la disolución de la calcita y precipitación de sílice en la frontera entre una zona oxidada superficial del sedimento y la zona profunda anóxica, rica en sulfuros. Las dos hipótesis, más que opuestas, son complementarias.



En el caso de los Paramoudras de Jaizkibel, nosotros creemos que el concrecionamiento ocurrió en zona reductora, pero sin descartar la ocurrencia de emisiones de sulfuro de hidrógeno, ya que la cuenca Eocena del País Vasco fue una activa zona de rifting (durante la apertura del Golfo de Bizkaia), la cual fue seguida por fases compresivas durante la orogénesis pirenaica. Actualmente la zona de estudio está situada en una zona geológicamente compleja, entre la cordillera de subducción del margen noribérico y la cadena de colisión de los Pirineos. Por lo que la ocurrencia de fases de actividad geotérmica, con emisiones hidrotermales y de sulfuro de hidrógeno, no es descartable.



Los Paramoudras están bien delimitados con respecto al sustrato de arenisca carbonática adyacente. A veces están completamente rodeados de unas envolturas arcillo-arenosas o gangas de separación, más blandas, con abundante contenido en óxidos de hierro y óxidos de aluminio.

Mientras las concreciones silíceas no presentan estructura concéntrica, en las gangas de separación, de colores amarillentos, ocre y rojizos, pueden presentarse bandeados paralelos y anillos de Liesegang.

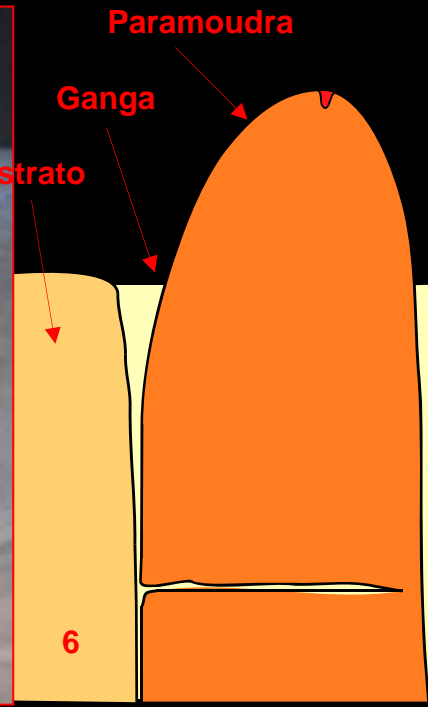
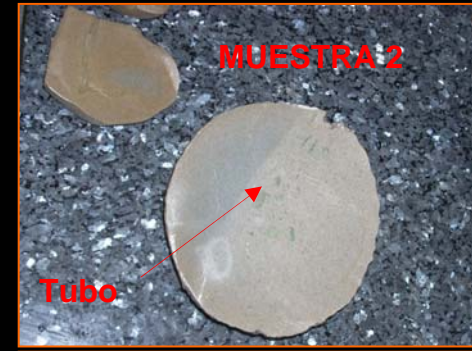
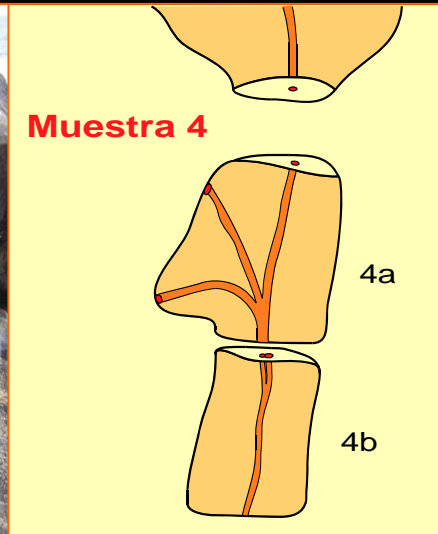


**En algunos sectores son predominantes Paramoudras esféricas de gran tamaño.** En otros, las formas cilíndricas, a menudo con ramificaciones y bifurcaciones de distintos tipos. La diversidad de formas es enorme. El cemento silíceo de las concreciones las hace más resistentes a la erosión pluvial y marina (muy potente en el Cantábrico) que el sustrato de arenisca adyacente.



**Algunos ejemplos de cortes experimentales muestran el desarrollo de los tubos en los Paramoudras de Jaizkibel.**

Son frecuentes bifurcaciones en Y y en T, simples y en posición inversa, ramificaciones que sugieren sucesivas gemaciones, trazados en U y helicoidales, y prolongaciones de los tubos a través de las gangas envolventes.



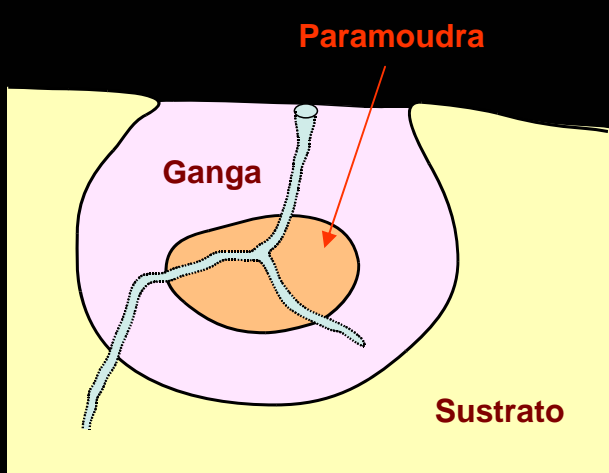
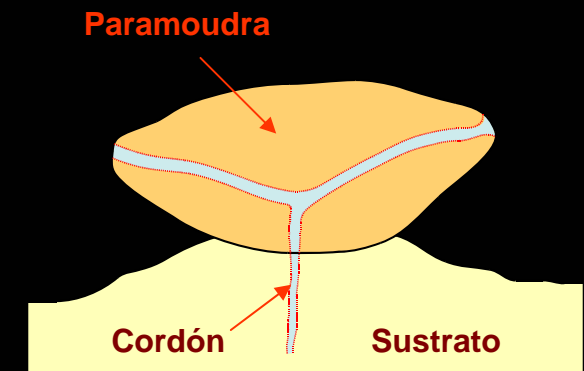
## Otros ejemplos de cortes experimentales en Paramoudras de Jaizkibel.

En la **muestra 18**, la excavación de un remanente de ganga puso al descubierto trazas del tubo y luego un Paramoudra esférico (oval) totalmente incluido en la ganga arcillo-arenosa. El tubo del ichnofósil atravesaba el Paramoudra, con bifurcación en Y invertida, y sus ramas proseguían hasta el sustrato inferior.

La **muestra 12** corresponde a Paramoudras con forma de “**balón de rugby**”, los cuales poseen dos orificios con espícula en superficie. Su extracción y corte muestra bifurcación en Y, con la rama central del cordón hundiéndose en el sustrato.



MUESTRA 12  
Balón de rugby



**La diversidad de Paramoudras en Jaizkibel resulta notable.** Han sido identificados icnofósiles afines a los siguientes taxa: *Bathichnus paramoudrae* Bromley, Schultz & Peake, 1975; *Bathichnus* isp.; *Caletichnus complicatus* Breton, 2006; *Felderichnus multiturbatae* Breton, 2006; *Megagyrolithes ardescensis* Gaillard, 1980; *ParatISOA contorta* Gaillard, 1972. Y existen muchos otros nuevos para la Ciencia, en espera de ser adecuadamente descritos.



Aunque han sido efectuados algunos **análisis químicos** de muestras, en el plano **mineralógico** y **geoquímico** restan muchas incógnitas por dilucidar. Provisionalmente han sido hallados **cementos silíceos** en las concreciones y cordones centrales, **glauconita** en los tubos, y **óxidos de hierro y aluminio** en las gangas, pero los Paramoudras y sus tubos pueden contener muchos otros minerales que aún esperan ser identificados, mediante el empleo de técnicas analíticas más finas.

## PRÓXIMOS OBJETIVOS:

Proseguir las exploraciones en el Pseudokarst de Jaizkibel, sus cuevas y geoformas.

Ampliar las investigaciones en las siguientes áreas:

1. Fauna hipógea y biología de organismos.
2. Analítica de PARAMOUDRAS.
3. Analítica de BOXWORKS y GEOFORMAS CORDADAS, en diversas cuevas y abrigos.
4. Mineralogía de ESPELEOTEMAS en cuevas hidrológicamente activas.



**AGRADECIMIENTOS:** Este y otros trabajos que desarrollamos desde la Sociedad de Ciencias Aranzadi han contado con la desinteresada colaboración de numerosas personas e instituciones. Agradecemos entre otros a:

**Franco Urbani.** Director de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica, de la Universidad Central de Venezuela (UCV & SVE).

**Francisco F. Herrera & Ascanio Rincón.** Centro de Ecología, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC & SVE).

**Carlos Oyarzabal & colaboradores.** SCA & Laboratorio de Química. Cementos Rezola- Italcementi Group.

**Luis Viera.** Ichnología & dinosaurios, Dpto. Geología Sociedad de Ciencias Aranzadi & Museo de Paleontología de La Rioja.

**Eric Leroy, Pierre Gaudon & Jean Marie Taulemesse.** Centre des Materiaux de Grande Diffusion, Ecole des Mines d'Alès, France.

**Esteve Cardellach.** Unidad de Cristalografía y Mineralogía, de la Universidad Autónoma de Barcelona.

**Juan Cruz Vicuña & Juan García Portero.** Ente Vasco de Energía (EVE).

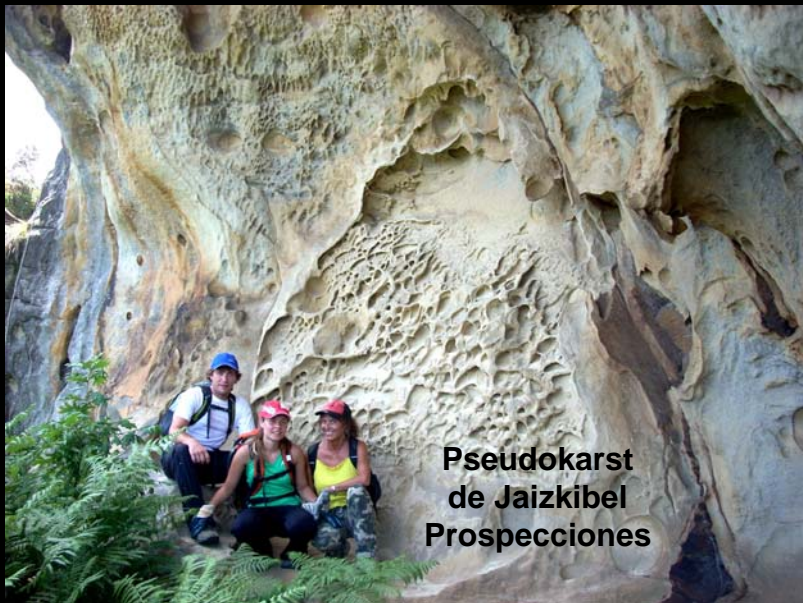
**Adolfo Eraso.** Cátedra de Hidrogeología, de la Universidad Complutense de Madrid & International Speleological Union (UIS).

**Juan M. González Grau & colaboradores.** Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, IRNAS-CSIC, Sevilla.

**Juan A. Zaragoza.** Departamento de Ecología, Universidad de Alicante & Grupo Ibérico de Aracnología - CSIC.

**Y de modo especial, por su inestimable ayuda en los trabajos de campo,** a los integrantes del Dpto. Espeleología SCA:

**Iñigo Herraiz, Carolina Vera, Aize García, Jose Rivas, Marider Balerdi, Hugo Pérez Leunda, Daniel Arrieta, Malkoa Zarandona, Olatz Zubizarreta, Izaskun Katarain, Pablo Roldan Intxusta, Imanol Goikoetxea.**



Pseudokarst  
de Jaizkibel  
Prospecciones



Exploraciones  
subterráneas



Estudio de Paramoudras,  
Espeleotemas y Geoformas

THANK YOU  
GRACIAS  
OBRIGADO  
MERCİ  
GRAZIE

Dpto. Espeleología  
Sociedad de Ciencias  
Aranzadi  
2009