



# Estructuras sedimentarias: más que *ludus naturae*

“Las estructuras sedimentarias brindan valiosa información sobre los procesos físicos, químicos y biológicos que actuaron durante y después de la acumulación del sedimento”.

Gonzalo Pardo y Concepción Arenas



**Arriba) Gotas de lluvia sobre lodo calcáreo actual y litificadas.**

**Abajo) Grietas de desecación en un sedimento actual y en calizas del Cámbrico (más de 485 Ma).**

el tiempo en que este se encontraba en la superficie o cerca de ella. El análisis de tales estructuras permite inferir cuáles fueron los mecanismos de transporte del sedimento, las condiciones del flujo (turbulento o laminar, de alta o baja energía, unidireccional o bidireccional), la dirección y sentido en que se movían las partículas del sedimento, las propiedades físicas del sustrato (p. ej. si este era cohesivo o no cohesivo), las condiciones paleoambientales (p. ej., profundidad del agua). Asimismo, algunas estructuras hacen posible conocer la polaridad vertical de la sucesión en que se encuentran, es decir, el orden temporal de los estratos que la componen.

En este artículo no vamos a recorrer toda su variedad, sería irrealizable, pero el curioso puede entrar en una página web de la Universidad de Zaragoza: *Catálogo de estructuras sedimentarias: Litoteca e imágenes de campo* (Arenas Abad et al., 2016),

[https://ocw.unizar.es/ocw/pluginfile.php/761/mod\\_resource/content/11/presentación%20español-inglés.htm](https://ocw.unizar.es/ocw/pluginfile.php/761/mod_resource/content/11/presentación%20español-inglés.htm)

Se trata de un recurso didáctico donde hay ejemplos clasificados de la práctica totalidad de las mismas, la mayoría españoles, con fotos de ejemplares en muestra de mano y de sus aspectos en el campo. Algunas de esas estructuras se reproducen aquí.

**“Cuando cuatro gotas de lluvia caen sobre un sustrato blando dejan unas marcas típicas: depresiones circulares o elípticas.”**

El principal propósito de este artículo es llamar la atención sobre aquellas que pueden verse con frecuencia en la naturaleza, incluso en áreas urbanas, a poco que uno se fije en detalles cuando da un paseo. Y para empezar, nos referiremos a las más pequeñas, apuntando su interés para el geólogo:

Cuando cuatro gotas de lluvia caen sobre un sustrato blando -un barro en expresión castellana, un lodo arcilloso o calcáreo en términos más específicos- dejan unas marcas típicas: depresiones circulares o elípticas. No es muy probable, por lo delicadas, pero a veces estas marcas se conservan en el registro rocoso. El estratógrafo se pone muy contento al identificarlas, ¿qué es lo que lee en ellas? En primer lugar que el sedimento donde se encuentran se formó en ambiente subaéreo o bajo una lámina de agua que se desecó; obviamente se descarta la formación de las marcas en un medio acuoso permanente, como un lago o el mar. Pero además, imaginemos que el sedimento con esas marcas forma parte de una serie de estratos verticales, ¿cuál es la polaridad vertical de la serie? Es decir, ¿dónde están el inicio (base) y el final (techo) de la misma? Y si los estratos están inclinados ¿han

Los estratógrafos y los sedimentólogos son los geólogos que estudian las sucesiones de rocas sedimentarias. En su trabajo, entre otras cosas, buscan, describen y analizan algunos de esos *ludus naturae* que con frecuencia aparecen en los estratos, a los que se ha denominado “estructuras sedimentarias”. Las estructuras sedimentarias son marcas, disposiciones u organizaciones geométricas de los elementos que componen un estrato, que se han formado como consecuencia de los procesos que lo han originado. Naturalmente, a los estudiantes de Geológicas se les insiste mucho con ellas, y no por capricho, sino por su utilidad para deducir diferentes características del medio sedimentario en que han quedado registradas.

En efecto, al adiestrado en su lectura, las estructuras sedimentarias le brindan valiosa información sobre los procesos físicos, químicos y biológicos que actuaron durante y después de la acumulación del sedimento, en

**C**omo *ludus naturae* (juegos de la naturaleza) se denominaba en la Edad Media a unas figuras curiosas que a veces aparecían en las rocas. En la mayoría de los casos recordaban a conchas o esqueletos de animales o formas vegetales, en otras sus formas no tenían parecido con ningún organismo y todas se consideraban el resultado de una mística *vis plastica* de la naturaleza (Wendt, 1972). Tardó poco tiempo en reconocerse su carácter de fósiles para los primeros y, hasta hace poco, a los nummulites, sin más formas actuales de referencia que las lentejas, se les llamaba en algunos medios rurales “monedicas de San Pedro”. En esta categoría de *ludus naturae* podían englobarse también ciertos relieves de los estratos, como alguna de las estructuras sedimentarias que trataremos en este artículo. Por ejemplo, los *ripples* o rizaduras en areniscas que, en los lugares donde se daban, eran utilizados como tablas para lavar la ropa, en lugar de las habituales de madera.



sido rotados más de 90° respecto a su posición original horizontal, en cuyo caso estarían invertidos? Esta es una pregunta clave en esas circunstancias, porque para el estratígrafo, y también para el geólogo estructural, es indispensable saber dónde está lo más antiguo (base) y lo más moderno (techo) de una sucesión. La solución es obvia: las marcas de gotas de lluvia siempre están en el techo del estrato. Y cuando esas depresiones se cubren o rellenan con el sedimento que formará el estrato siguiente, en la base de ese estrato se encuentran los calcos, o sea, marcas con relieve positivo (que sobresalen).

Con más frecuencia que las gotas de lluvia, en el techo de los estratos puede encontrarse otra estructura con significado y utilidad semejantes: las **grietas de desecación**. Estas se forman igualmente en un sedimento fino, de composición silíceo o caliza, cuando adquiere consistencia al ser expuesto un tiempo al aire. Todos hemos visto cómo se cuarteja el barro en polígonos irregulares. Son el icono fotográfico para hablar en los telediarios de una pertinaz sequía.

Ahora bien, ¿qué pasa cuando un barro con grietas de desecación es cubierto por otro sedimento, por ejemplo arena? Naturalmente, la arena penetra en las grietas

y las rellena. Tiempo (geológico) después, la sucesión completa se litifica; el lodo se convierte en lutita (arcillita o limolita) y la arena en arenisca. Y aún más tiempo después la sucesión puede ser cortada por un agente erosivo. Entonces la meteorización va a actuar más intensamente sobre la lutita que sobre la arenisca suprayacente, y la base de la arenisca puede quedar expuesta, con el calco de las grietas de desecación subyacentes. Tanto monta la estructura como su calco a la hora de determinar la polaridad.

**Calcos de grietas de desecación en la base de estratos de arenisca del Buntsandstein (Triásico inferior, unos 250 Ma), Peñarroyas, Teruel: Foto de campo de la conocida como "piedra bordada" y muestra de mano.**

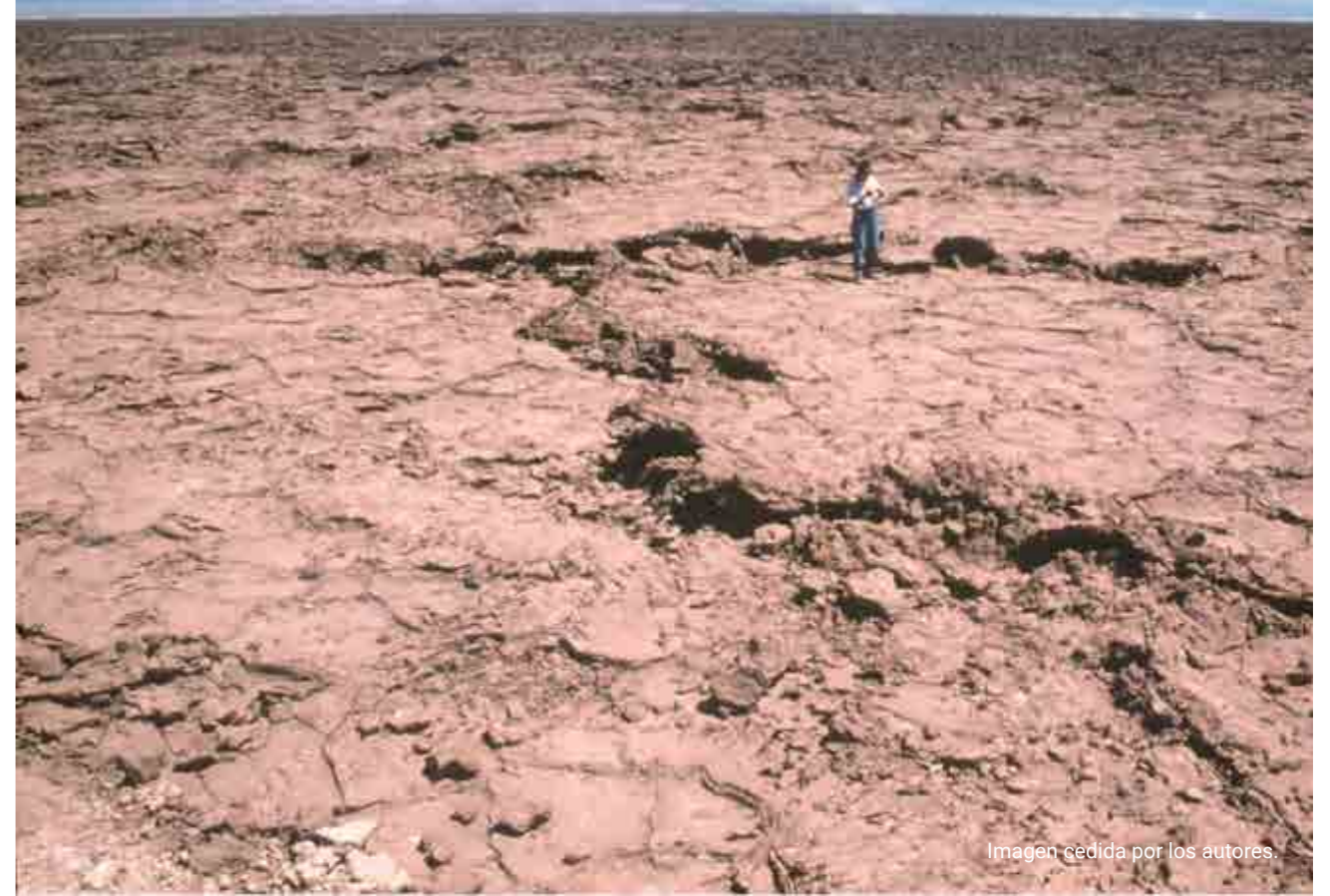


Imagen cedida por los autores.

**Desierto de Atacama (Chile; noviembre 1995).**

Pero si buscamos estructuras relacionadas con un poco más de dinámica, nos vamos a las denominadas genéricamente "formas de lecho" (*bed forms* en inglés), que son estructuras originadas por corrientes acuosas o eólicas. Para ello podemos observar algún arroyo que discorra por arena, aunque ya se haya secado, o las orillas de un lago o de una playa de poca pendiente, donde al entrar nos vemos los pies por lo cristalino de sus aguas. Descubriremos que la arena presenta unas rizaduras u ondulaciones cuya morfología es altamente variable, pero su altura es de solo unos centímetros. A estas rizaduras, la Asociación Argentina de Sedimentología las denomina "óndulas", pero este término no ha progresado entre los geólogos españoles y aquí las llamamos **ripples**, adoptando su designación inglesa. También podemos ver ripples en superficies de dunas producidas por el viento. Pero como hemos dicho, su morfología es variable, y para empezar pueden ser asimétricos o simétricos.

Los **ripples** son *bed forms* que se forman sobre sedimentos no cohesivos (arena o limo) debido a corrientes unidireccionales o bidireccionales que mueven los granos. En el caso de corrientes unidireccionales los ripples que se forman son siempre asimétricos, ya sean de agua (cursos fluviales, corrientes someras o profundas en lagos o mares; *current ripples* en inglés) o de viento (*wind ripples*). Nos indican entonces pola-

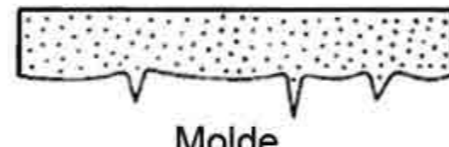
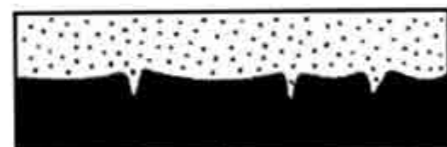
**“Todos hemos visto cómo se cuarteja el barro en polígonos irregulares. Son el icono fotográfico para hablar en los telediarios de una pertinaz sequía.”**

ridad vertical, puesto que se forman en la superficie de esos depósitos y marcarán el techo de los estratos; pero también polaridad horizontal, es decir, el sentido en que fluía la corriente. En efecto, siguiendo el sentido de la corriente los ripples asimétricos presentan un flanco largo y de menor pendiente (a barlovento en términos marineros, *stoss side* en inglés), seguido de otro más corto y de pendiente mayor (flanco a sotavento,



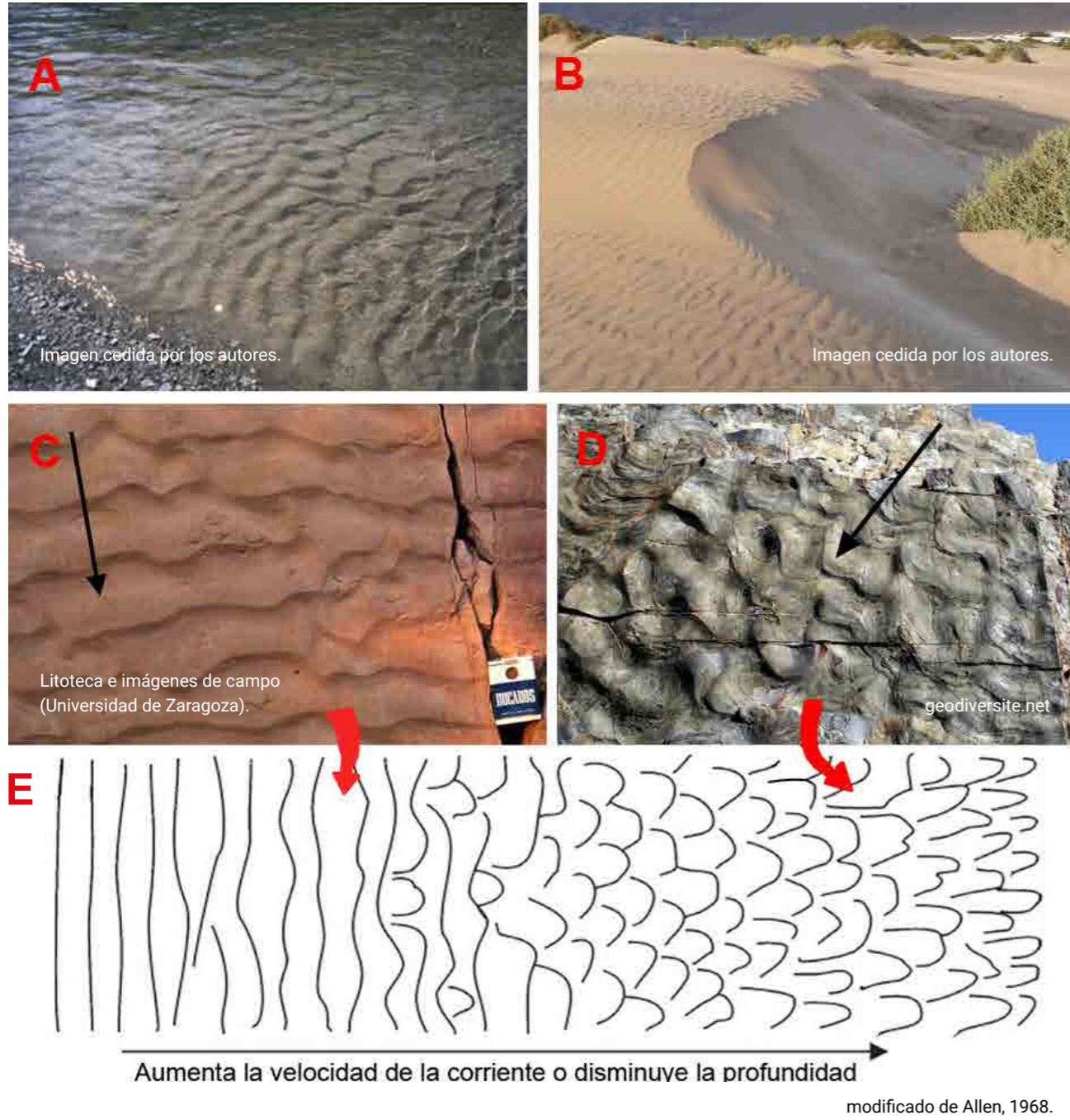
Litoteca e imágenes de campo (Universidad de Zaragoza).

**Grietas de desecación**



**Molde**





A-B) Ripples asimétricos actuales, tal como se originan en una corriente de agua (Río de la Nata, Sobrarbe) y por acción del viento, en la superficie de una duna litoral (Lanzarote).

C-D) Ripples asimétricos conservados en el registro geológico, en el techo de sus respectivos estratos y de crestas onduladas y de crestas linguoides.

E) Esquema de relación entre morfología de las crestas de los ripples, velocidad y profundidad de la corriente (modificado de Allen, 1968). Las flechas negras señalan la dirección de corriente, es decir, la polaridad horizontal.

“Vistos en planta, el trazo de las crestas de los ripples es variado: rectilíneo, sinuoso o linguoide, en función de la energía de la corriente.”

**Ripples de oscilación (playa de Seychelles).**



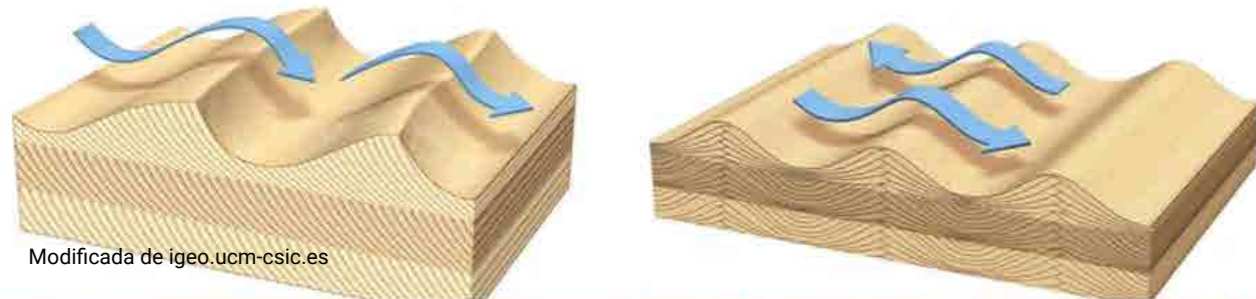
*lee side*) por donde caen los granos que arrastra la corriente. Al caer los granos se forman láminas, y en un corte transversal a la cresta del ripple es posible verlas: todas ellas inclinadas en el mismo sentido, que es el del movimiento del flujo. Vistos en planta, el trazo de las crestas de estos ripples es variado: rectilíneo, sinuoso o linguoide, en función de la energía de la corriente.

En el caso de corrientes bidireccionales, los ripples pueden ser tanto simétricos como asimétricos. La característica diferenciadora de los ripples de corrientes bidireccionales respecto a los de corrientes unidireccionales es que presentan láminas inclinadas en sentidos opuestos, es decir, en ambos flancos del ripple, lo que es propio de la acción del oleaje sobre el fondo de una masa de agua. Estas estructuras, también llamadas ripples de oscilación, y en inglés *wave ripples*, son de crestas rectilíneas u onduladas, y con frecuencia se bifurcan. Con los ripples simétricos hay que ser cuidadoso cuando se utilizan para determinar la polaridad vertical de una serie estratigráfica, porque su simetría puede llevar a confundir la marca o estructura original



**Corriente unidireccional:**  
ripples asimétricos,  
laminación cruzada inclinada  
en el mismo sentido

**Corriente bidireccional:**  
ripples simétricos o asimétricos,  
laminación cruzada inclinada  
en sentidos opuestos



Modificada de igeo.ucm-csic.es



Imagen cedida por los autores.



Litoteca e imágenes de campo (Universidad de Zaragoza).

▲  
Arriba) Laminación cruzada en ripples asimétricos y simétricos.

Centro) Ripples simétricos en el techo de un estrato de areniscas del Buntsandstein (Triásico inferior), Peñarroyas, Teruel; las tablas de lavar a que se alude al principio del artículo.

A) Sección perpendicular a la estratificación;

B) el techo de la estructura (t) y su molde en la capa suprayacente (m). Se observa que las crestas de los ripples son más agudas que los senos.

(techo del estrato) con su calco o molde (base del estrato suprayacente). Sin embargo, en la mayoría de los casos la cresta de la estructura es más aguda y los senos o valles más laxos. Diversos vídeos sobre la formación de ripples de corriente y oscilación pueden verse en:

[www.youtube.com/watch?v=zRGuMddjRGg&list=PL17AFB4B8AB3DCCF7](http://www.youtube.com/watch?v=zRGuMddjRGg&list=PL17AFB4B8AB3DCCF7)

Curioso, y menos frecuente en el registro geológico, es el caso de los **ripples de interferencia**. Su aspecto es de dos conjuntos o trenes de rizaduras que se cruzan, con crestas de direcciones perpendiculares. Su génesis se ve muy bien en llanuras mareales actuales: durante la subida de la marea se forman ripples de oscilación o de corriente; cuando la marea comienza a bajar los senos de esos ripples están encharcados, son estrechos canalillos, y la brisa remueve el agua que los ocupa creando el segundo tren de ripples, generalmente simétricos y de menor tamaño.

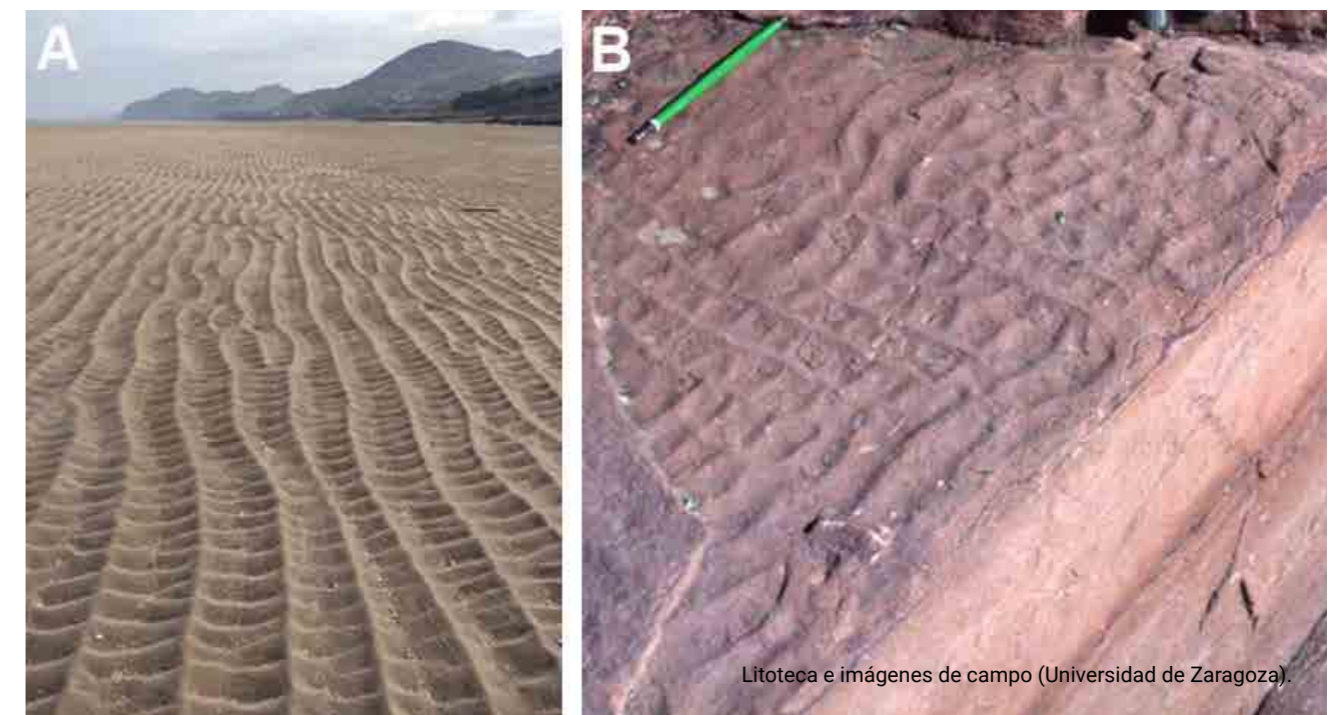
Como ya se ha comentado más arriba, los ripples poseen una estructura interna laminada que se denomina **laminación cruzada**. Individualmente, esta estructura mide escasos centímetros de espesor, por lo que solo suele ser visible si uno se *amorra* al estrato (los ingleses dicen *nose-to-outcrop*); así que será raro que alguien

“Los ripples de interferencia tienen el aspecto de dos conjuntos o trenes de rizaduras que se cruzan, con crestas de direcciones perpendiculares.”

Ripples de interferencia:

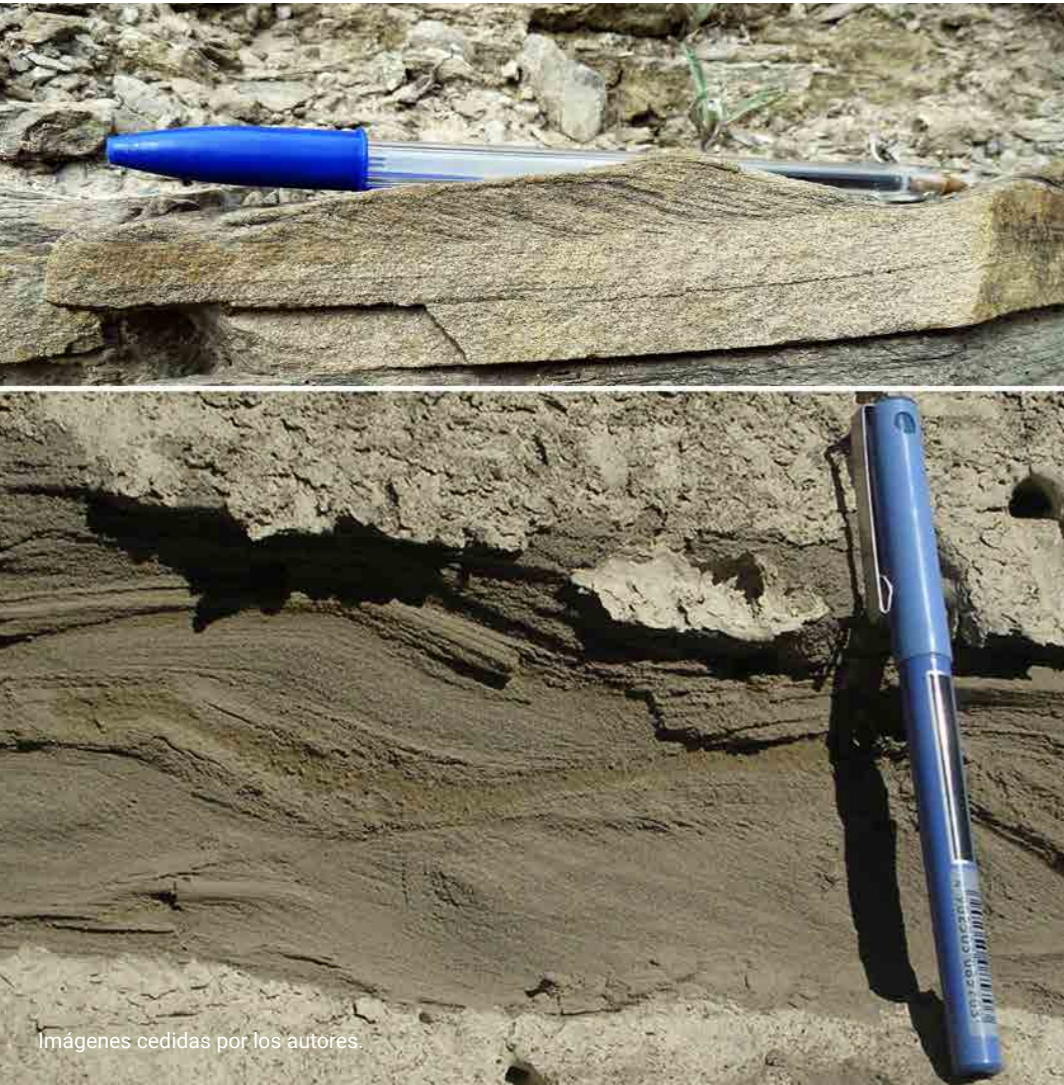
A) Llanura de marea actual ([twitter.com/dra\\_gowardbrown](https://twitter.com/dra_gowardbrown)).

B) Areniscas del Buntsandstein, Triásico inferior, Peñarroyas, Teruel.



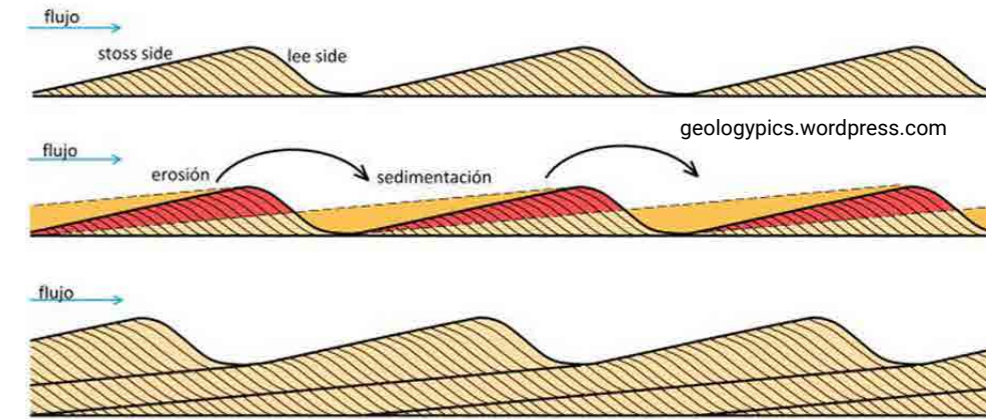
Litoteca e imágenes de campo (Universidad de Zaragoza).



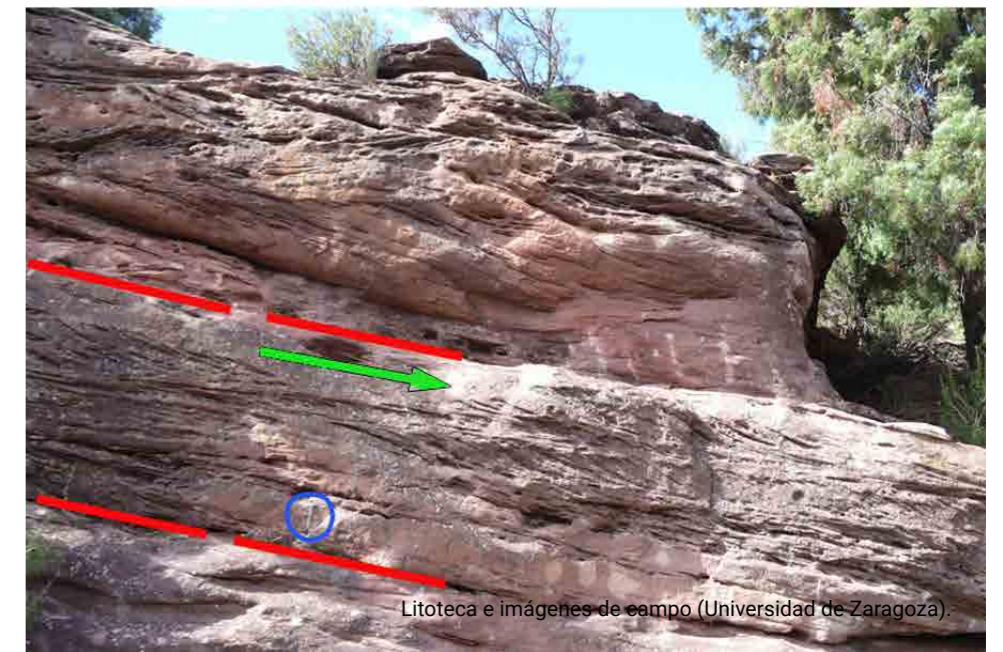


Arriba) Imagen de campo de la morfología de un ripple asimétrico y su laminación interna.

Abajo) Laminación cruzada resultante de la migración de trenes de ripples agradacionales o escalantes en depósitos glaciolacustres cuaternarios (unos 50.000 años), Linás de Broto, Huesca.



Arriba) Esquema de la génesis de la estratificación cruzada por migración de un tren de megaripples .



Abajo) Estratificaciones cruzadas en areniscas del Buntsandstein (Triásico inferior, Peñarroyas, Teruel). Las líneas rojas discontinuas marcan las superficies de los estratos, entre las que se observan las estratificaciones cruzadas. El círculo azul enmarca un lápiz de 15 cm. La flecha señala la dirección del flujo.

Litoteca e imágenes de campo (Universidad de Zaragoza).

que no sea geólogo, en funciones de tal, se percate de su presencia. En el caso de los ripples de corriente al geólogo esta estructura le servirá como criterio de polaridad horizontal, aunque la morfología de los ripples no se conserve, ya que, como hemos visto, el sentido de inclinación de las láminas es en el sentido de la corriente que los genera. En algunos casos se observa que no solo se conservan las láminas de las caras de avalancha de los ripples, sino también las de su flanco largo o *stoss side*. Esto es debido a que la corriente carecía de competencia suficiente frente a la alta carga de partículas que transportaba. Los ripples entonces experimentan una alta tasa de "agradación" (crecimiento vertical), y a estos ripples se los denomina ripples ascendentes o escalantes (*climbing ripples* en inglés).

Pero lo que sí puede ver cualquier paseante observador en lugares donde abundan las areniscas (por ejemplo en Albarracín, o en la Hoya de Huesca), e incluso en edificios con sillares de esa litología (por ejemplo, en el Paraninfo de la Universidad de Zaragoza), es la hermana mayor de la laminación cruzada, la estructura denominada **estratificación cruzada**. Si la laminación cruzada es la estructura interna de una forma de lecho de pequeñas dimensiones, la estratificación cruzada es la estructura interna de formas de lecho de grandes dimensiones, los *megaripples*, en general por encima de un metro de altura y más de 10 metros de longitud. En esta categoría entran diferentes formas de lecho subacuáticas que presentan crestas rectas, sinuosas o de media luna, así como diversos tipos de barras fluviales de

arena o grava, pequeños lóbulos deltaicos, y las dunas eólicas. Estas estructuras no suelen conservarse íntegras en el registro geológico; en la mayor parte de los casos veremos tan solo una parte de los frentes de avalancha de las macroformas, porque la migración de estos megaripples suele implicar la erosión de las crestas.

Hay, sin embargo, espectaculares excepciones, como las dunas eólicas pleistocenas de Mallorca. Estas dunas se originaron por arrastre de las arenas de las playas contra los acantilados de la isla. Al no poder migrar tierra adentro, las dunas solo podían crecer en vertical; son dunas escalantes que han conservado ambos flancos. Las playas, que proporcionaron la arena, ahora desaparecidas, se formaron en una situación de bajo nivel

**“Lo que sí puede ver cualquier paseante observador en lugares donde abundan las areniscas es la estructura denominada estratificación cruzada.”**





Imagen cedida por los autores.



**Duna eólica escalante que conserva la estratificación cruzada de ambos flancos. La dirección del viento era hacia la izquierda. Pleistoceno de Mallorca (más de 1,5 Ma).**

del mar durante un máximo glacial, y sus granos eran esencialmente calcáreos, provenientes de fragmentos de caparzones o esqueletos de organismos marinos. Su cementación ha dado lugar a una arenisca calcárea, el *marés* en denominación local, que se explota como material de construcción y puede verse en los principales edificios de la isla, como la catedral.

Parece claro entonces que tanto la laminación como la estratificación cruzada nos dará con seguridad el sentido del flujo, puesto que este dato se lee en la inclinación de las láminas; pero ¿y la polaridad vertical, si no se conserva la forma completa? Afortunadamente, en la mayoría de los casos, las láminas en ambas estructuras se muestran como líneas tangentes a la superficie basal (simple reflejo de la forma de las caras de avalancha) y secantes a la superficie superior, que coincide con la base del siguiente tren de ripples o megaripples, el cual, al migrar, ha erosionado el tren ahora infrayacente.

**“Las dunas eólicas pleistocenas de Mallorca se originaron por arrastre de las arenas de las playas contra los acantilados de la isla.”**

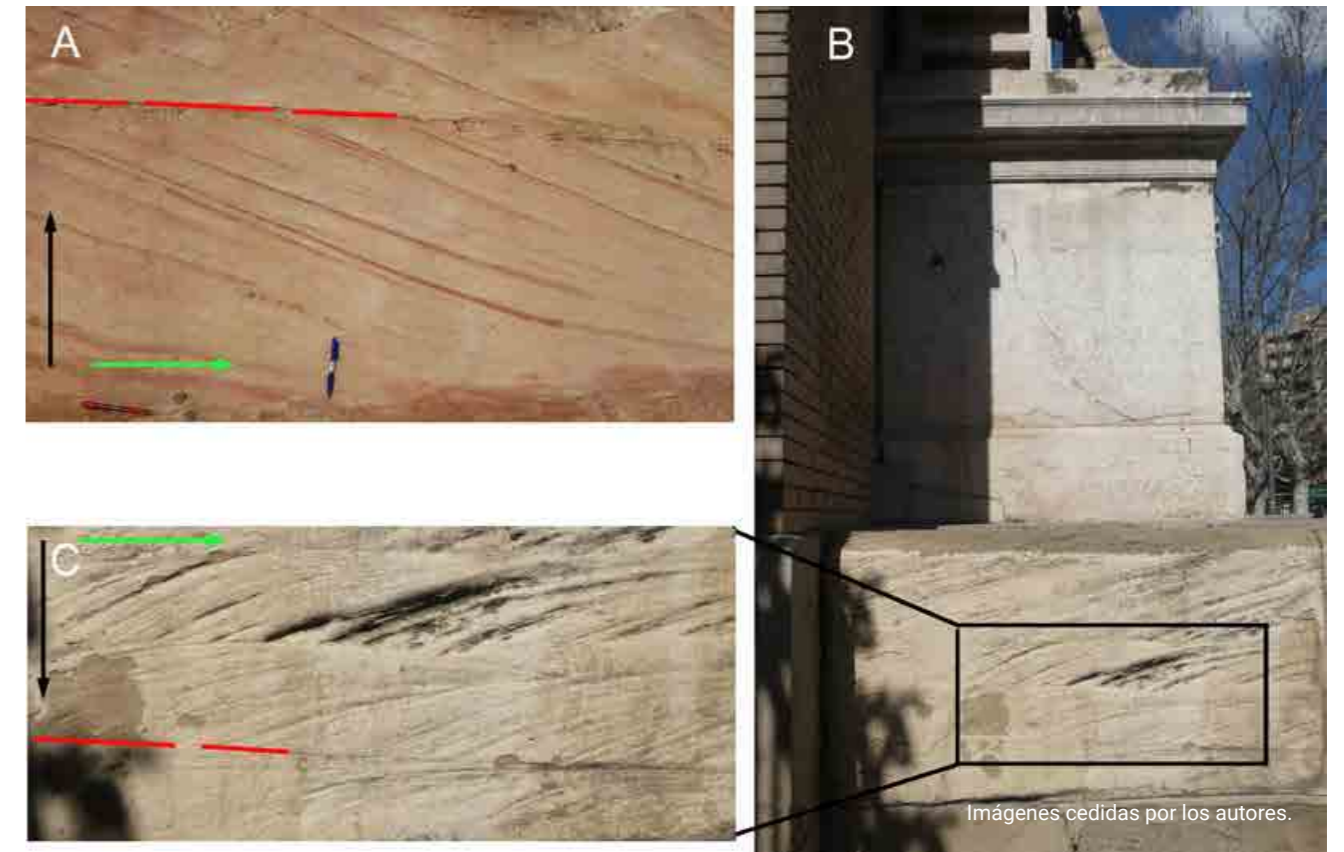
En resumen, ripples asimétricos y megaripples, laminación cruzada y estratificación cruzada difieren esencialmente en el tamaño. ¿Cuándo se forman unos u otros? La lógica nos dice que, para los que se forman en corrientes de agua, la profundidad del flujo que transporta los granos será un factor determinante: nunca podrá formarse un megaripple en una corriente acuosa de 10 cm de profundidad. La experimentación en canales artificiales, donde se pueden controlar los parámetros

**“Ripples asimétricos y megaripples, laminación cruzada y estratificación cruzada difieren esencialmente en el tamaño.”**

**A) Estratificación cruzada en areniscas cretácicas (más de 100 Ma) en Gargallo, Teruel. Nótese la tendencia asintótica de las láminas hacia la base.**

**B) Sillar de areniscas con estratificación cruzada en las escaleras de acceso a la puerta principal del Paraninfo de la Universidad de Zaragoza.**

**C) Detalle de B donde se aprecia claramente que la estructura está en posición invertida. En A y C se indican los planos de estratificación (líneas discontinuas rojas), la polaridad vertical (flechas negras) y la polaridad horizontal (flechas verdes).**



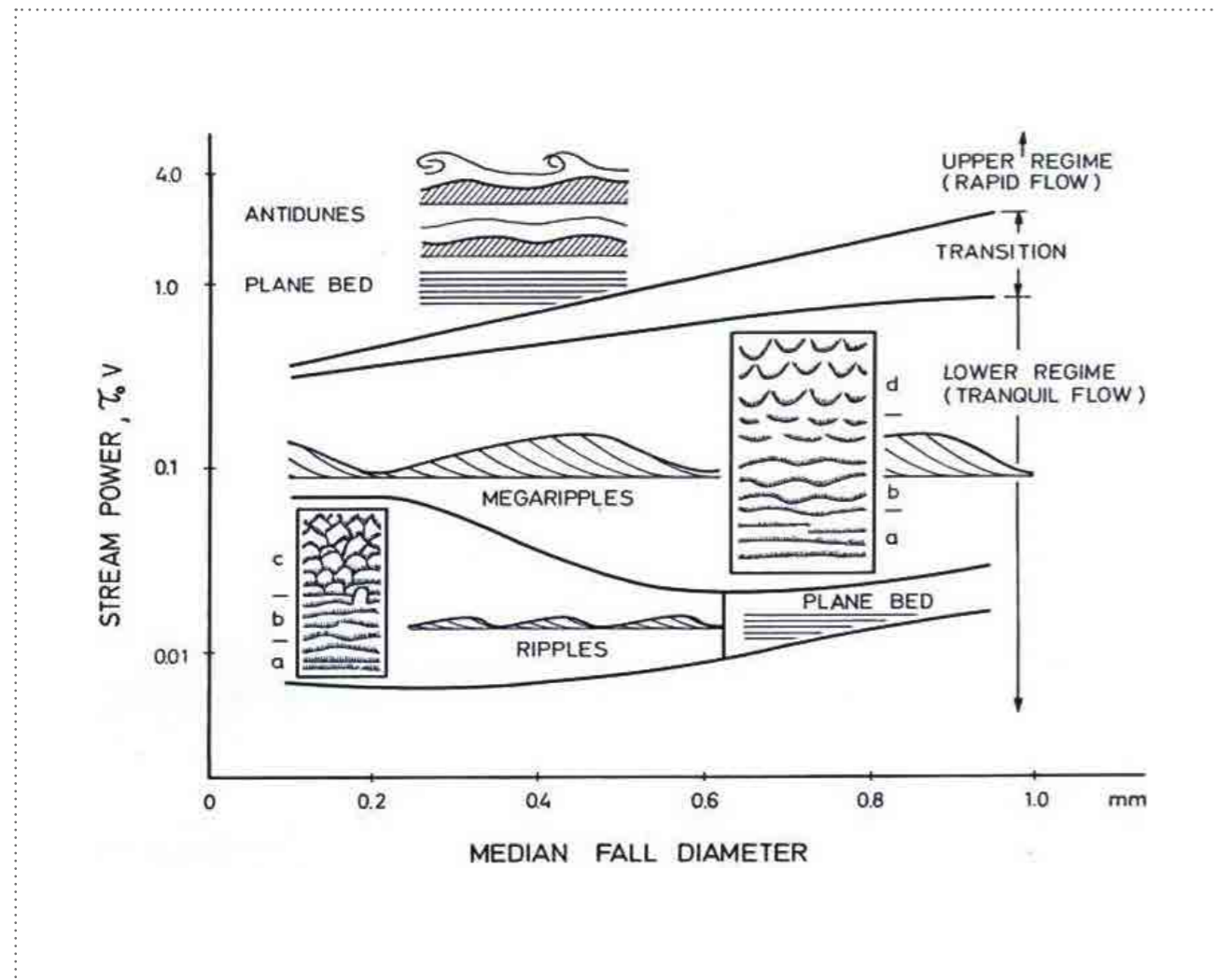
Imágenes cedidas por los autores.



del flujo, como profundidad y pendiente, así como el tamaño de las partículas, etc., ha proporcionado una visión más rigurosa de la generación de formas de lecho, incluidas otras que no trataremos en este artículo, como las antidunas o los lechos planos. La estructura interna de estos últimos es una **laminación horizontal**.

Para terminar con las estructuras sedimentarias, nos referiremos a unas que se acostumbra a ver en un paseo por algunos paisajes del Pirineo, e incluso sin salir de muchos de sus pueblos. Se trata de las estructuras propias de las rocas que aparecen en el *flysch* de la Cuenca eocena de Jaca, o Grupo de Hecho según su denominación como unidad litoestratigráfica. El *flysch* (de una palabra dialectal alemana, *flyschen*, que significa deslizar) supera los 4000 m de espesor en la cuenca de Jaca. Todo *flysch* está compuesto por capas

**Diagrama de los campos de estabilidad de formas de lecho en canales artificiales, según datos experimentales de Guy et al. (1966), junto a las morfologías de crestas de ripples y megaripples de Allen (1968). Se relaciona el tamaño de grano con la energía de la corriente (stream power), siendo ésta el producto de la velocidad de la corriente (v) por el esfuerzo tangencial ( $\tau_0$ , shear stress), y éste igual a profundidad de la corriente por pendiente de la superficie del agua por peso específico de la mezcla de agua y sedimento. El régimen de flujo está referido al número de Froude ( $F < 1$ , régimen bajo;  $F > 1$ , régimen alto) (geocaching.com).**



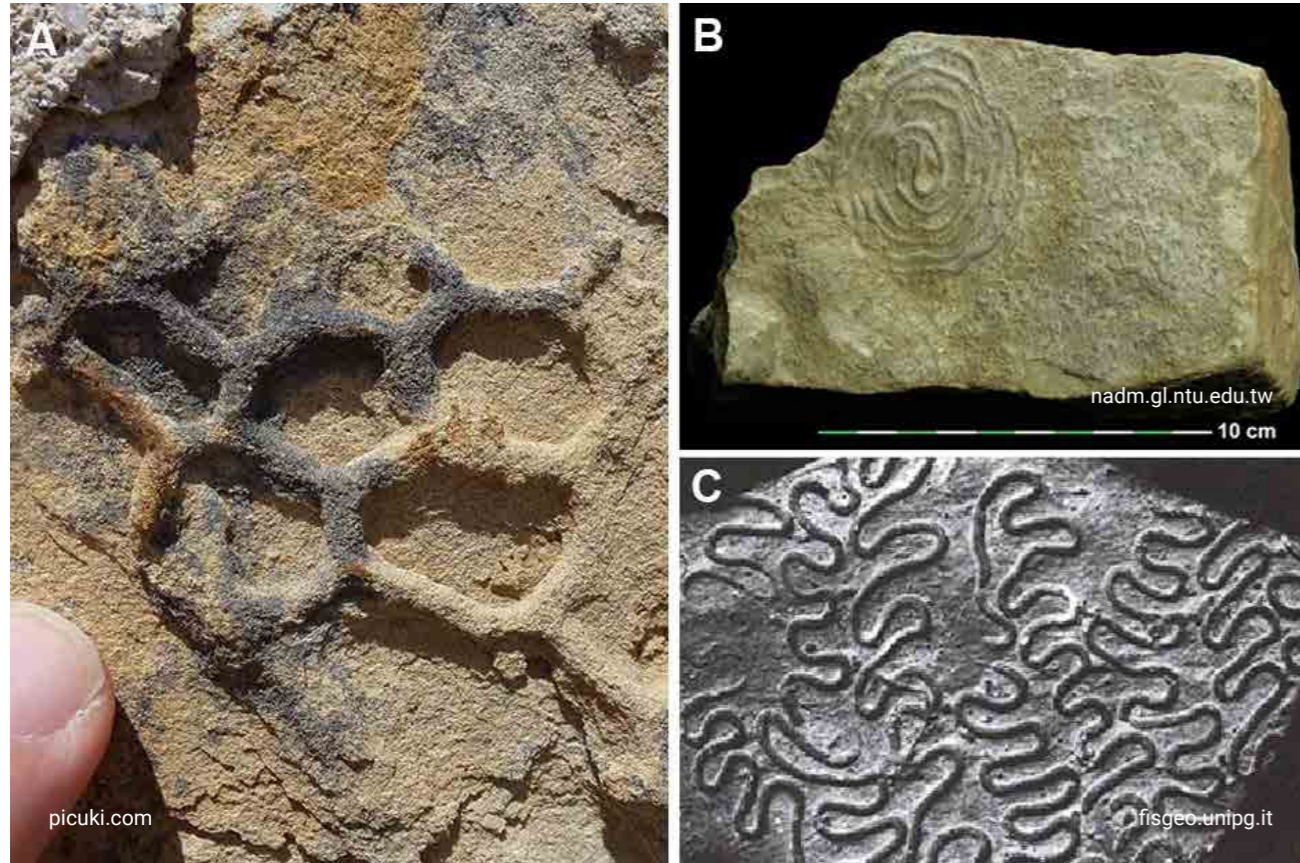
alternantes de areniscas y lutitas, depositadas en ambientes marinos profundos por corrientes que transportaban una gran carga de sedimento en suspensión -por lo que se denominan "corrientes de turbidez"- que discurrían por el fondo de la cuenca debido a su alta densidad. Cada episodio de corriente da lugar a una secuencia granodecreciente de arena-lutita, resultado de la pérdida progresiva de competencia. A esta secuencia se le denomina "turbidita". Pues bien, la capa basal de arenisca de una turbidita puede presentar diferentes estructuras sedimentarias, entre ellas laminación o estratificación cruzada (según sea su espesor). Pero además esta arenisca, fácil de tallar en bloques y losas, es el material típico de la construcción tradicional en las poblaciones de la cuenca. Es frecuente que las losas sean utilizadas como pavimento, y en ellas es común ver las estructuras a las que vamos a

**“Como la arenisca turbidítica suele ser de grano más grueso y mecánicamente más resistente en la base, en los pavimentos se suelen colocar las losas con la base a la vista.”**

Losas de arenisca del *flysch* eoceno de la Cuenca de Jaca en el pavimento de una calle del pueblo de Gavín. La imagen muestra los calcos de huellas de bioturbación en la base de la arenisca. En la foto superior se aprecian dos huellas paralelas de desplazamiento. La huella radial de la foto inferior posiblemente corresponde al icnogénero *Estrellichnus jacaensis* que se trata al final del artículo.







▲  
**Calcos de diferentes  
 icnogéneros en la  
 base de secuencias  
 turbidíticas:  
 A) *Paleodictyon*;  
 B) *Spirorhaphe*;  
 C) *Cosmorhaphe***

referirnos, con una advertencia: como la arenisca turbidítica suele ser de grano más grueso y mecánicamente más resistente en la base, en los pavimentos se suelen colocar las losas con la base a la vista. Esto proporciona una ventaja añadida: esas superficies basales poseen comúnmente pequeños relieves irregulares, que minimizan los resbalones de los viandantes.

Pues bien, ¿qué son tales relieves? Naturalmente, estructuras sedimentarias, o más propiamente, el molde o calco de ciertas estructuras, de las que aún no hemos hablado. Imaginemos el fondo de la cuenca: la corriente de turbidez ha pasado dejando el depósito arenoso; su cola solo es capaz de arrastrar las partículas más finas en suspensión, que finalmente se decantan dejando la lutita con que culmina la secuencia turbidítica. El fondo marino es ahora un barro que diversos organismos invertebrados se apresuran a colonizar, dejando huellas o pistas de su comportamiento: reposo, alimentación, excavación de moradas, desplazamiento, etc., a las que denominamos genéricamente "icnofósiles". La interacción de los organismos con el sedimento origina las que se conocen como **estructuras de bioturbación**.

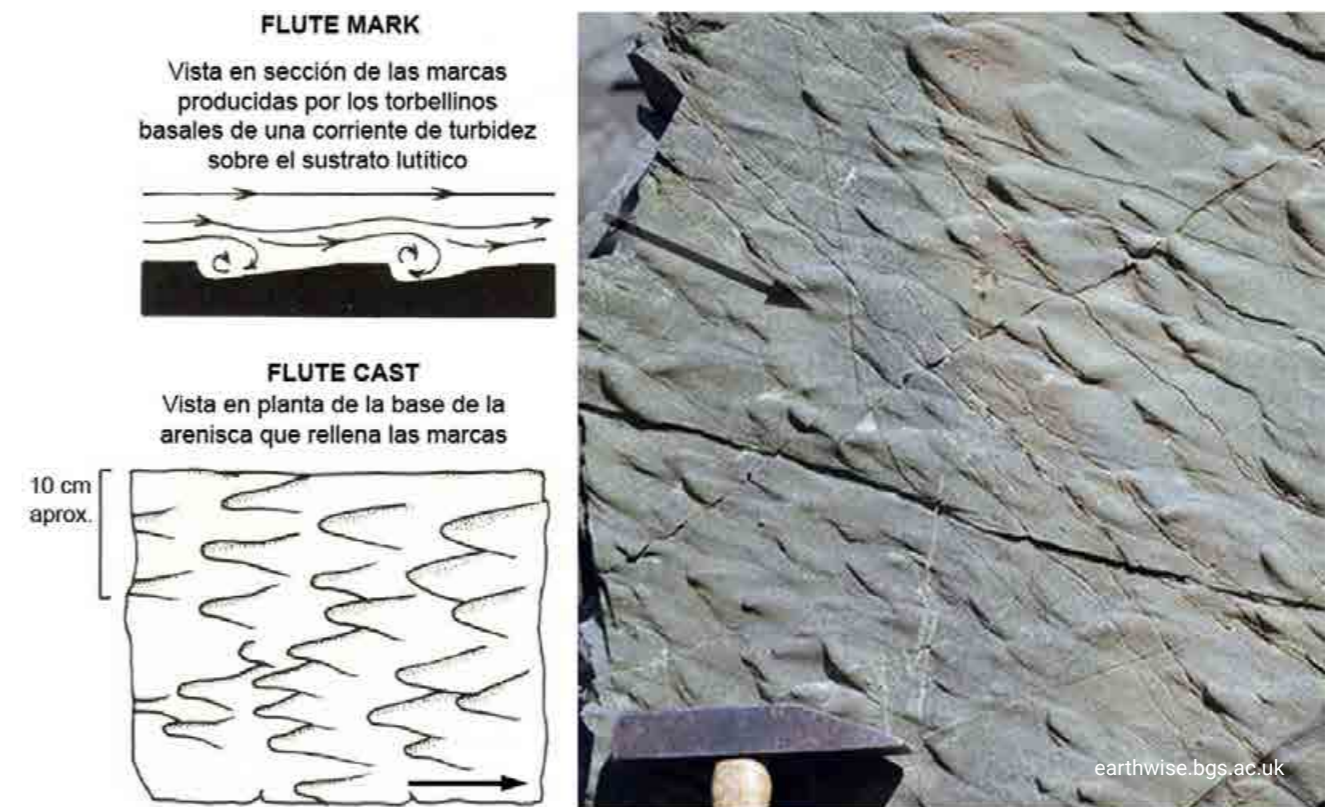
El sedimento de la siguiente corriente turbidítica, si es de baja intensidad, suele fosilizar total o parcialmente esas huellas, que quedarán como calcos en la base arenosa de la nueva turbidita. Tales pistas a veces son de formas curiosas, por ejemplo espirales o meandriformes, resultado de que el organismo paciera en el fondo con el máximo aprovechamiento y mínimo consumo de energía, como los icnogéneros *Spirorhaphe* y *Cosmorhaphe*. Otras huellas son enigmáticas, como *Paleodictyon*, con aspecto de panal de abejas.

Pero si la siguiente corriente es fuerte erosionará el sustrato y borrará las huellas biogénicas y, en cambio, creará hendiduras sobre ese lecho blando: unos relieves hundidos (negativos) característicos que se rellenarán, y por tanto será calcados por el depósito arenoso siguiente. Las **estructuras de erosión** que produce la corriente sobre el sustrato (en inglés, genéricamente *scour marks*) son variadas: si son debidas a los torbellinos basales adquieren una forma que recuerda a la cabeza de una flauta dulce (en inglés *flute*); si los torbellinos son debidos a que la corriente topa con un obstáculo fijo originan una forma característica que se

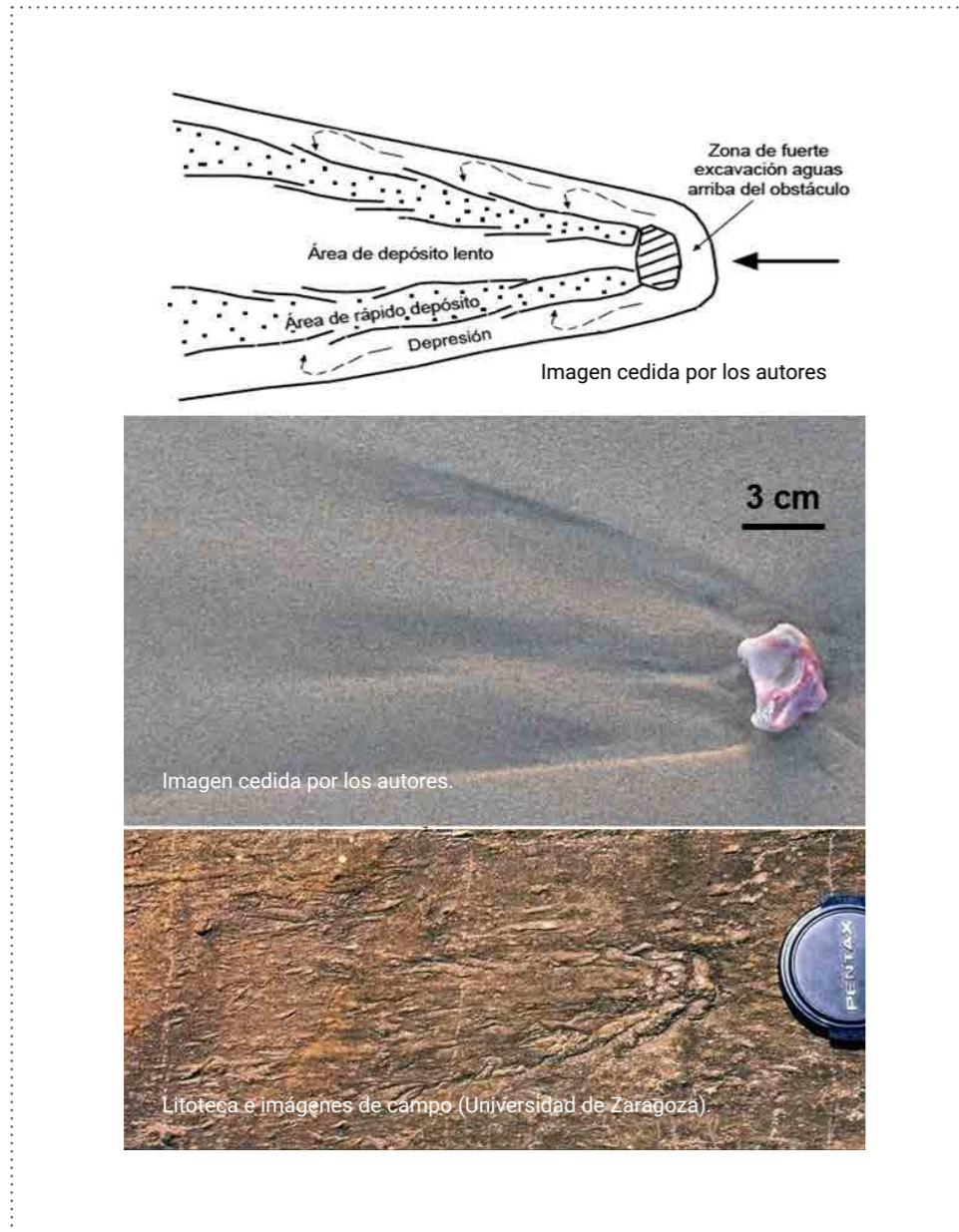
**“El fondo marino es ahora un barro que diversos organismos invertebrados se apresuran a colonizar, dejando huellas o pistas de su comportamiento.”**

Izquierda) Esquema de la génesis de las estructuras denominadas **flute marks** y de sus calcos (**casts**) en la base de una turbidita.

Derecha) Aspecto de campo de **flute casts**. Las flechas señalan el sentido de la corriente



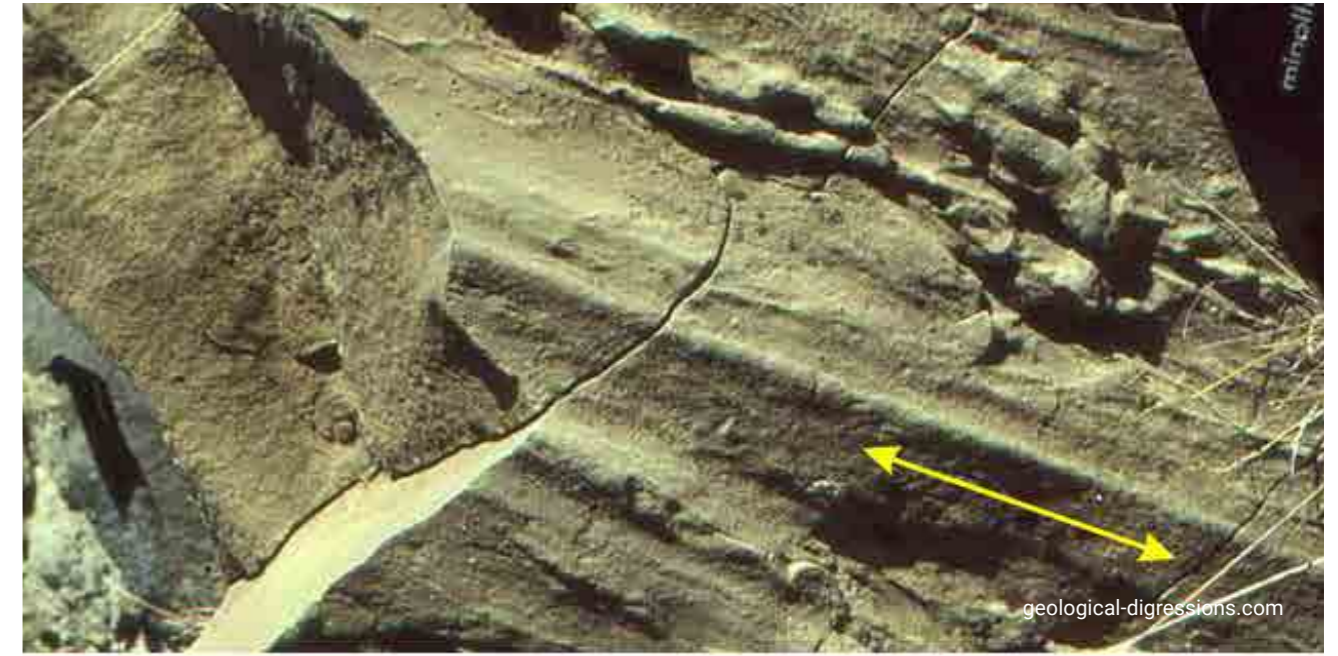




Arriba) Esquema de la generación de un *crescent mark* debido a los torbellinos que origina una corriente aguas abajo de obstáculos fijos (Sengupta, 1966).

Centro) Formación de *crescent marks* en sedimentos actuales.

Abajo) Aspecto de campo de un *crescent cast* fósil con la misma orientación de corriente.



denomina *crescent*. Si son las huellas de transporte de objetos sobre el sustrato lutítico (genéricamente *tool marks*) pueden ser surcos lineales debidos a un arrastre continuo (*grooves*), marcas discontinuas alineadas si son producidas por sucesivos impactos de un objeto que avanza a saltos (*skips*), y *prods*, *brushes* o *bounces* si son marcas de impacto de objetos que rebotan y producen diferentes morfologías, etc.

Para terminar con estas estructuras, cabe resumir su utilidad: las estructuras de bioturbación y de erosión del flysch nos dan la polaridad vertical de la serie estratigráfica, puesto que siempre se encuentran como

calcos (salientes) en la base de las secuencias turbidíticas. Así que si se ven en una superficie de estratificación sobre la que uno podría sentarse o caminar, se está viendo un estrato invertido. En cuanto a la polaridad horizontal, solo se puede obtener de los calcos de estructuras de erosión como los *flute casts*, los *crescent casts* y, con suerte, *los skip casts*; los *groove casts* solo nos dan dirección de corriente, no su sentido. A partir de ellas sabemos que, durante el Eoceno, hace entre unos 40 y 50 millones de años, en la Cuenca de Jaca las corrientes de turbidez discurrían hacia el WNW, o sea, desde Aínsa hacia Pamplona, siguiendo el eje de la cuenca sedimentaria. Son pues una herra-

“Los *scour* y *tool marks* son una herramienta importante en las reconstrucciones paleogeográficas.”

Arriba) *Groove cast*, generado por arrastre continuo de un objeto; la doble flecha señala la dirección de la corriente.

Abajo) *Skip casts*, originado por un objeto que avanza a saltos, Eoceno, Grupo de Hecho, Cuenca de Jaca. La dirección de la corriente es evidente; a partir del relieve del calco el sentido es posiblemente hacia la derecha.



mienta importante en las reconstrucciones paleogeográficas, como toda estructura sedimentaria que permite leer direcciones de corriente.

Por último, una referencia a una huella de bioturbación definida en el Grupo de Hecho como nuevo icnogénero e icnoespecie: se trata del *Estrellichnus jacaensis*, estudiado por Uchman y Wetzel (2001) en la antigua cantera del puente de Torrijos, unos 5 km al norte de Jaca por la carretera a Somport. Al parecer, esta estructura radial, de buen tamaño (30 a 50 cm de diámetro), se encuentra

también en alguna de las losas del pavimento de la plaza de las Cortes de Aragón de Jaca, por si alguien quiere un entretenimiento barato en esa ciudad. Los autores de la descripción refieren el mamelón central al calco del habitáculo de un invertebrado indeterminado, que allí vivía a salvo de depredadores, y los radios al calco de túneles permanentemente abiertos que conectaban la habitación central con el lecho sedimentario.

Si estas páginas ayudan al lector a ver con una perspectiva ampliada los sedimentos y las rocas sedimentarias

durante sus paseos, los autores se sentirán útiles, y les sugieren recorrer los espectaculares paisajes de Peñarroyas y Albarracín, y de la Cuenca eocena de Jaca y sus poblaciones, donde podrán reconocer *in situ* estructuras como las aquí reseñadas.

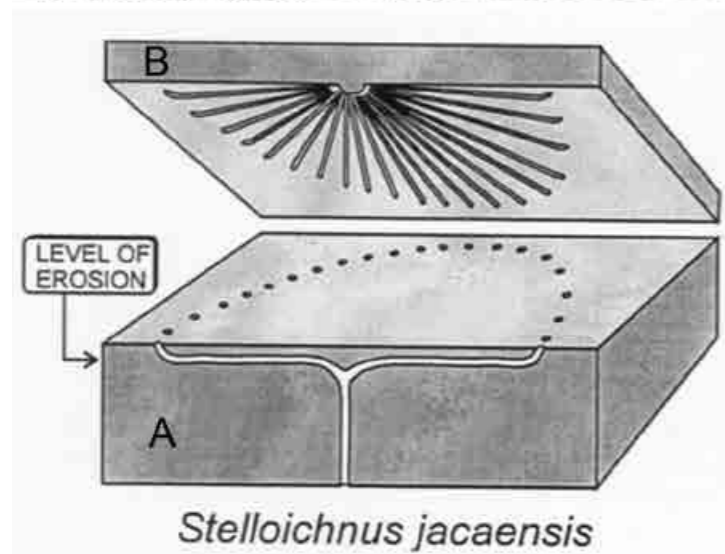
Gonzalo Pardo y Concepción Arenas  
Dpto. de Ciencias de la Tierra  
Facultad de Ciencias  
Universidad de Zaragoza

REFERENCIAS

- Allen J.R.L. (1968). *Current ripples. Their relation to patterns of water and sediment motion*. North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 433 pp.
- Arenas Abad, C.; González Rodríguez, A.; Pardo Tirapu, G.; Muñoz Jiménez, A.; Pérez García, A.; Bádenas Lago, B.; Meléndez Hevia, A.; Luzón Aguado, A.; Soria de Miguel, A.R. (2016). Catálogo de estructuras sedimentarias: Litoteca e imágenes de campo, Área de Estratigrafía, Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza. Recurso OCW ([https://ocw.unizar.es/ocw/pluginfile.php/761/mod\\_resource/content/11/presentaci%C3%B3n%20espa%C3%B1ol-ingl%C3%A9s.htm](https://ocw.unizar.es/ocw/pluginfile.php/761/mod_resource/content/11/presentaci%C3%B3n%20espa%C3%B1ol-ingl%C3%A9s.htm)).
- Guy H.P., Simons D.B. and Richardson E.V. (1966). *Summary of Alluvial Channel Data From Flume Experiments, 1956-61*. U.S.A. Geological Survey Professional Paper 462-1, 104 pp.
- Sengupta S. (1966). Studies on orientation and imbrication of pebbles with respect to cross-stratification. *Journal of Sedimentary Petrology*, 36: 362-369.
- Uchman A. and Wetzel A. (2001). *Estrellichnus jacaensis* nov. igen., nov. isp.- a large radial trace fossil from Eocene flysch (Hecho Group, northern Spain). *Geobios*, 34 (3): 357-361.
- Wendt A. (1972). *Antes del diluvio*. Ed. Noguer, Barcelona, 458 pp.



miscosasdejaca.blogspot.com



Uchman y Wetzelen, 2001

**Arriba) Aspecto de campo del parataxón *Estrellichnus jacaensis* en la base de una capa turbidítica invertida.**

**Abajo) Interpretación de la estructura de bioturbación: A es el fondo lutítico (techo de una turbidita) excavado por el organismo; B su calco en la base arenosa de la turbidita siguiente.**

**El flysch eoceno en Aragüés del Puerto (Huesca).**



Imagen cedida por los autores.