

De la *ruina montium* a la fracturación hidráulica o *fracking*



María Moral Aguado
Airam Fiorella Rodríguez Navarro

4°ESO
IES Ribera De Castilla

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN

II. MAQUINAS DE CORTE POR CHORRO DE AGUA

III. LAS PROSPECCIONES MINERAS ROMANAS Y LA FRACTURACIÓN
HIDRAÚLICA

IV. LA RUINA MONTIUM: INGENIERÍA ROMANA ANTIGUA

V. UTILIZACIÓN DEL AGUA EN LA RUINA MONTIUM

VI. LA FRACTURACIÓN HIDRAÚLICA

VII. USO DEL AGUA EN LA FRACTURACIÓN HIDRAÚLICA

VIII. SEMEJANZAS ENTRE EL FRACKING Y LA RUINA MONTIUM

IX. DIFERENCIAS

I. INTRODUCCIÓN

Nunca se nos habría ocurrido hacer este trabajo si no hubiera sido por nuestro interés en investigar en qué consisten esas prospecciones que están tan de moda para extraer petróleo, y que crean mucha polémica ya que unos dicen que producen movimientos de tierra y otros, en cambio, las defienden. Cuando estudiamos lo que eran las Médulas pensamos que había una relación entre ambos procedimientos y ahí comenzó todo.

No existe ninguna duda de que los romanos fueron unos grandes ingenieros, lo que se puede probar por la pervivencia de sus obras, monumentales, funcionales y de una gran consistencia. Todos, ya sean los profesionales - arquitectos e ingenieros- o los desconocedores de estas disciplinas admiramos y nos sorprendemos ante sus diversas y numerosas construcciones, de las que solo mencionaremos algunas a modo de ejemplo: acueductos-el de Segovia-, puentes- el de Alcántara-, teatros- el de Mérida-, sin olvidar el de Clunia, anfiteatros- el de Tarragona o Mérida-, villae - la de la Olmeda o Almenara-, calzadas-en el puerto del Pico Ávila- circos, termas....

Pero lo que ha motivado nuestro trabajo no han sido todas esas obras monumentales y elogiadas, sino otro aspecto de la ingeniería romana: el establecimiento e invención de los principios sobre los que se asientan algunas de las técnicas actuales que, con las modificaciones pertinentes por el paso de los siglos, siguen vigentes y en ellas se inspiran ingenieros actuales. Nos referimos al uso del agua a presión.

Los conocimientos hidráulicos de los ingenieros romanos han quedado patentes no solo en las obras de abastecimiento a las ciudades con las construcciones de embalses, acueductos, túneles, sifones etc., que, siendo de enorme importancia, no los trataremos aquí sino que centraremos nuestro trabajo en la utilización del agua a presión para otros ámbitos.

II. MÁQUINAS DE CORTE POR CHORRO DE AGUA

El principio del agua a presión (presurización del agua), puesto en práctica con gran maestría por los romanos es el utilizado actualmente por las modernas máquinas de corte por chorro de agua, más precisas que el corte por láser, plasma o descarga eléctrica, para trabajar con todo tipo de material.

El corte por chorro de agua es un proceso mecánico mediante el cual se consigue cortar la mayoría de materiales metálicos usados hoy día, haciendo impactar sobre ellos un chorro de agua a gran velocidad que produce el acabado deseado. Comienza a ser un recurso cada vez más utilizado a la hora de mecanizar piezas industriales.

Al ser un procedimiento de corte en frío resulta especialmente interesante ya que el proceso no necesita de refrigeración adicional como ocurre con el tradicional del torno ya que el agua actúa como refrigerante. Por eso se usa con materiales cuyas propiedades son sensibles a altas temperaturas.

La técnica ciertamente ha evolucionado pero el principio general es el utilizado por los especialistas romanos.

III. LAS PROSPECCIONES MINERAS ROMANAS Y LA FRACTURACIÓN HIDRAÚLICA

El ejemplo más representativo del uso del agua a presión para extraer el oro de las minas en el mundo romano son las Médulas, proceso, que nosotros hemos relacionado con la fracturación hidráulica o *fracking* utilizado actualmente para extraer el gas y el petróleo del subsuelo.

Los romanos hacen una perfecta planificación de los trabajos de explotación minera. A la utilización de la tecnología derivada de otros campos como la agricultura, topografía, arquitectura, añaden todos los medios de que disponen como el uso de la energía hidráulica en los trabajos de extracción de plata y de oro. En relación con la extracción

de plata se han encontrado bombas hidráulicas¹ en minas del sur de España. Pero fue en las extracciones del oro, en las que el mineral se encuentra diseminado en la roca, donde se realizaron por primera vez extensas obras hidráulicas para proceder a su explotación íntegra. El uso de la fuerza hidráulica aportó como avance tecnológico la posibilidad de remover y lavar grandes cantidades de mineral.

Planificaron la construcción de canales de muchos kilómetros desde los ríos, con un cálculo exacto tanto de su longitud, como de las pendientes para que los largos canales de conducción de agua no perdieran fuerza para impactar contra la roca y romperla.

Es esta técnica de la que nosotros partimos para relacionarla con la empleada en lo que al agua se refiere con la fracturación hidráulica actual.



Bomba hidráulica.
M Arqueológico
Nacional. Madrid



Monte Teleno. Se observa el trazado de canales por la montaña para el transporte de agua hasta las Médulas

¹ Una **bomba hidráulica** es una máquina generadora que transforma la energía mecánica con la que es accionada en energía añadida al agua. Su función es proporcionar un incremento de presión al agua para moverla desde una zona de menor presión o altitud a otra de mayor presión o altitud.

IV. LA RUINA MONTIUM: INGENIERÍA ROMANA ANTIGUA

El historiador de época romana Plinio en su *Historia Natural XXXIII, 70 y ss.* nos explica las técnicas que aplican los romanos para la extracción del oro:

El oro se obtiene en nuestro mundo de tres modos ... en las arenas de los ríos...ningún oro está más exento de impurezas, puesto que se halla muy refinado por la propia corriente y por el desgaste producido con el roce. Por otra parte, se excava mediante galerías en los pozos de las minas, o bien se busca en el derrubio de los montes.

Dejando a un lado la extracción directa del oro del agua de los ríos, que no supone ninguna utilización especial de energía externa para su obtención, nos fijaremos en los otros dos métodos, el primero para comprobar que los romanos ya conocían las explotaciones mineras a base de galerías subterráneas como aún pervive.

1. POZOS O MINERÍA CONVENCIONAL

Plinio el Viejo nos explica este método del siguiente modo:

Al oro que se extrae mediante pozos de mina unos lo llaman canalicium, otros canaliense, pues está adherido a los fragmentos de roca marmórea... Estos filones se extienden de acá para allá por los laterales de los pozos, de donde tomó el nombre (canalicium), y la roca se sostiene con pilares de madera.

Quiere decir que más que en puntos aislados, se encuentra por toda la roca, diseminado e incrustado en ella.

2. RUINA MONTIUM



Es esta técnica la que llama nuestra atención por su similitud y porque creemos que tiene mucha relación con la empleada en la fracturación hidráulica o *fracking*.

Se aplicó para alcanzar de una sola vez los niveles más profundos de la montaña que poseían más oro, sobre los cuales se encontraban niveles de bastante espesor pero más pobres en oro, haciendo falta remover grandes cantidades de materiales rocosos.

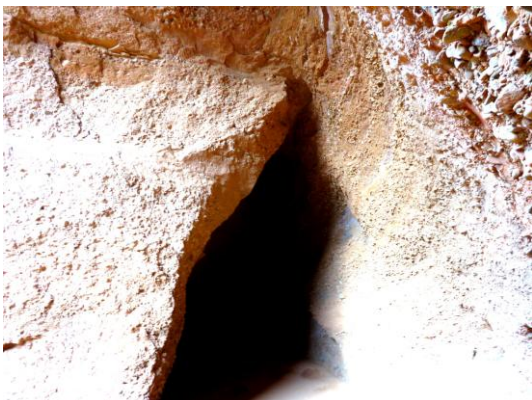
V. UTILIZACIÓN DEL AGUA EN LA RUINA MONTIUM

Plinio describe de la siguiente manera el proceso:

Otra tarea análoga e incluso más costosa es traer corrientes de agua para lavar estos derrumbes, en ocasiones desde la cumbre de los montes, a menudo a una distancia de 100 millas; con ningún efecto químico inmediato sobre el cuarzo y los silicatos de las rocas ... Es conveniente que la pendiente esté calculada, de forma que, más que fluir, corra; y por ello se traen desde las zonas más elevadas.

Esto explica que los romanos construyeran una extensa red de canales (corrugi) de más de trescientos kilómetros de longitud para traer agua desde el monte Teleno a una altura de 2000 metros e incluso desde las cuencas del Sil y del Duero. Algunos de los canales, de unos 300 kilómetros de longitud. El ancho es de 1,28 metros, excepto en las curvas, de 1,60, y su profundidad es de 90 centímetros. Estos canales en algunos tramos discurren bajo la roca en forma de túnel. Los canales bordeaban la montaña que se quería derrumbar y se recogía en unos depósitos (stagna) con unas compuertas, situados en la cima de los montes de Las Médulas.

Continúa Plinio explicando cómo son esos embalses y que se hace con el agua en ellos recogida:



En la parte más alta desde la que se vierte el agua, en las crestas de los montes, se cavan unos depósitos, de doscientos pies por ambos lados y unos diez de profundidad (unos 60x60x3 m.).

En ellos se dejan cinco canales de desagüe de unos tres pies cuadrados (unos 90 cm²), de forma que, una vez abiertas las bocas de salida, con el depósito lleno, se precipite hacia afuera un torrente de tanta fuerza que haga rodar las rocas ..."

La montaña se horadaba con una cuidadosa red de galerías muy pendientes, sin salida exterior, se introducía en ella todo el caudal de agua almacenada en el depósito, que al soltarse producía un golpe de ariete. La fuerza del agua deshacía o derrumbaba la montaña y arrastraba las tierras auríferas hasta los lavaderos.

Plinio explica el proceso realizado en el interior de la montaña, llena de galerías, para facilitar su derrumbamiento con la fuerza del agua, almacenada en su cima.

Reproducimos aquellos aspectos que son relevantes para nuestro trabajo:

... Las montañas son minadas a lo largo de una gran extensión mediante galerías hechas a la luz de lámparas...Este tipo de explotación se denomina 'arrugia' A menudo se abren grietas, arrastrando a los mineros en el



Galería en el interior del monte

derrumbamiento ... Por ello se dejan numerosas bóvedas de piedra para sostener las montañas...Se encuentran a menudo rocas duras; se las hace estallar a base de fuego y vinagre...Acabado el trabajo de preparación, se derriban los soportes de las bóvedas comenzando por el último... La montaña resquebrajada se derrumba por sí misma a lo lejos, con un estruendo que no puede ser imaginado por la mente humana, así como un increíble desplazamiento de aire ... Las tierras que en el anterior sistema (minería convencional) se evacuan con gran trabajo humano, en éste (ruina montium) son transportados por el agua.

De todo lo anterior podemos concluir que el proceso era de la siguiente forma.

Se seleccionaba la sección de la montaña que se quería abatir por medio de una red de canales de agua. Durante varios días se inundaba la zona señalada con el propósito de reblandecerla, produciendo así un plano de fractura.

A continuación se ahuecaba una zona de forma aproximadamente esférica en el centro del monte seleccionado para producir su "ruina". Se introducía agua a presión por la parte inferior de la citada cavidad lo que producía la compresión del aire almacenado cuya presión aumentaba al disminuir el volumen. Cuando la presión interior superaba la resistencia del terreno se provocaba la *ruina montium*, produciéndose la expansión de aire comprimido. La fuerza que provocaba las



Agujeros en el monte producido por la presión de agua



explosiones provenía de la presión del agua, que necesitaban en abundancia y situada a una altura necesaria para que la presión en la cueva principal fuese suficiente.

Plinio dice lo siguiente sobre este sistema:

El sistema hidráulico de las Médulas es el más espectacular de los conocidos, por la cantidad de agua utilizada y la longitud y el gran número de ramificaciones de sus canales.

Se utilizó este procedimiento en el entorno de Las Médulas en el que se daban una serie de circunstancias favorables para la extracción del oro: eran tierras de aluvión con polvo

de oro; había abundante agua y la suficiente pendiente como para utilizarla como fuerza hidráulica. Existían también suaves pendientes hacia el río Sil para los desagües.

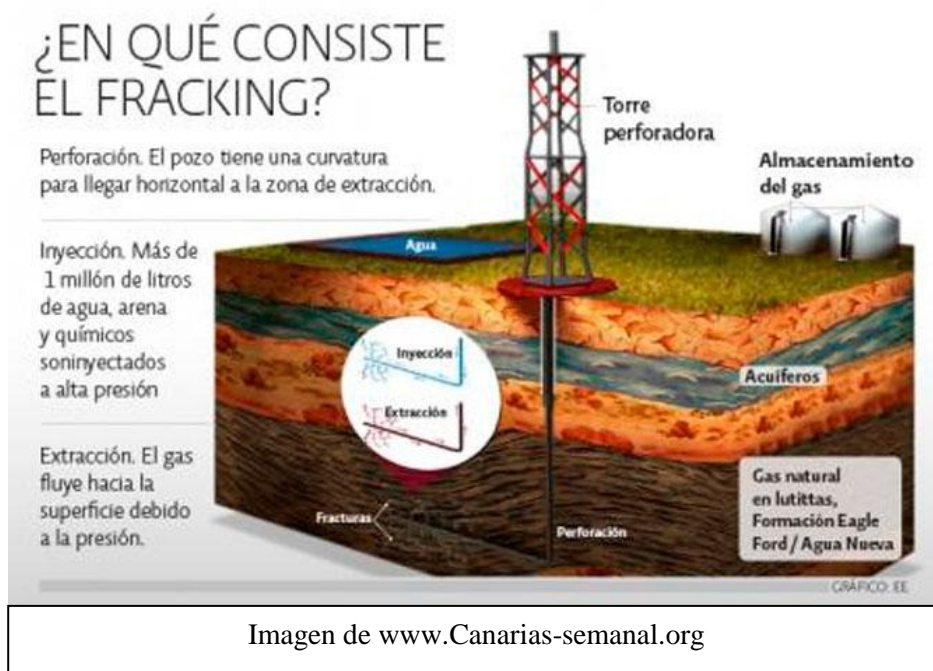
VI. LA FRACTURACIÓN HIDRÁULICA

La **fracturación hidráulica, fractura hidráulica- *fracking*** en inglés- es una técnica que se utiliza para la extracción de gas y petróleo del subsuelo.

La aplicación de esta técnica comienza en 1860 en la costa Este norteamericana, empleando solamente nitroglicerina. En 1947 se plantea la posibilidad de utilizar agua, método que puso en práctica por primera vez en 1949 la empresa Stanolind Oil.

¿En qué consiste esta técnica?

Se perfora un pozo vertical desde la superficie hasta el subsuelo rocoso a más de 2500 metros de profundidad. Al llegar a ese punto se continúa perforando en sentido horizontal de mil a tres mil metros de longitud. Una vez realizado este conducto se inyecta desde la superficie agua a presión mezclada con arena y productos químicos para ampliar las fracturas que hay en el sustrato rocoso que contiene el gas o el petróleo y crear nuevos canales permitiendo que los hidrocarburos fluyan a la superficie.



Esta técnica se ha propagado en los últimos años especialmente en los Estados Unidos por motivos económicos, debido a los precios elevados de los combustibles.

Actualmente otros países han intentado ponerla en práctica como ha sucedido con las llamadas *prospecciones* en España.

El problema que se plantea es que junto con el agua se incluye una cierta cantidad de arena para evitar que las fracturas se cierren al detenerse el bombeo, a lo que se añade de 0,5 a 2 % de aditivos químicos.

La polémica se plantea por el uso de esas sustancias químicas, así pues, existen partidarios y detractores de esta técnica.

Los que se oponen aluden al impacto medioambiental de esta técnica:

- El uso de aditivos químicos contamina los acuíferos subterráneos y la atmósfera.
- Esos mismos productos químicos y los gases que desprenden salen a la superficie, provocando enfermedades cancerígenas y alergias al ser de gran toxicidad.
- Hay un gran consumo de agua.
- Se produce mucho ruido y movimientos de tierra.

Los que están a favor argumentan:

- La existencia de gran cantidad de hidrocarburos en el subsuelo que proporcionarían considerables beneficios económicos, si se extrajeran.

* No niegan la existencia de toxicidad en los aditivos pero le quitan importancia aludiendo a que también se pueden encontrar en elementos de uso doméstico como productos de limpieza, farmacéuticos, desmaquillantes y plásticos.

La finalidad de esta técnica es, pues, generar por medio del agua y los aditivos químicos las vías necesarias para extraer el gas, mantener los canales abiertos y preservar a los hidrocarburos para evitar que se degraden durante la operación.

En lo que parece haber coincidencia entre unos y otros es en que se recupera entre un 15 y un 80% de los fluidos introducidos.

Dejando a un lado la polémica sobre el empleo de productos químicos centraremos nuestro trabajo en el uso del agua, para establecer una comparación con lo que hicieron con ella los romanos en nuestro país para extraer el oro oculto bajo las montañas, técnica que describe, como ya se ha mencionado anteriormente, el historiador romano de la época, S. I, Plinio el Viejo.

Podemos comprobar que el uso del agua para extraer productos del subsuelo no es algo nuevo sino que se trataría de una técnica empleada ya por los romanos en el S.I para sacar a la superficie el metal precioso oculto. De esta forma no estaríamos ante una nueva práctica o invención de los químicos e ingenieros actuales sino que, con las modificaciones y actualizaciones pertinentes, sería la misma y con los mismos fines que fue empleada por los romanos.

VII. USO DEL AGUA EN LA FRACTURACIÓN HIDRÁULICA

Reproducimos lo que sostiene la compañía Shale gas España, plataforma sobre la exploración y desarrollo del shale gas, a propósito del empleo del agua en la fracturación hidráulica:

El agua, uno de nuestros recursos naturales más preciados, juega un papel fundamental en la mayoría de procesos de producción de energía. Sin embargo, existe en la actualidad una gran confusión sobre las necesidades de agua para las operaciones de extracción de shale gas, su procedencia así como los mecanismos empleados para prevenir su contaminación.

Sostiene que un pozo de shale gas utiliza entre 10.000m³ a 30.000 m³ de agua durante el proceso de fracturación hidráulica. Para la compañía, aunque pueda parecer elevado este consumo, no lo es por tratarse de una técnica que se realiza tan solo una vez con el fin

de liberar el gas almacenado en las rocas a lo largo de muchos años. La comparan con otras alternativas concluyendo que se necesita menos agua por unidad de energía que la producida por el carbón, la energía nuclear o la utilizada en una central térmica solar.



Tanques de agua preparados para el proceso de fractura hidráulica en un pozo. Imagen de Wikipedia

Hablan de una recuperación entre el 65% y el 80% del agua devuelta por el pozo. Las compañías del gas aspiran a llegar a un nivel de reciclaje del 100%.

Este objetivo es ya una realidad para muchas empresas.

La compañía defiende la imposibilidad de que el agua de los acuíferos se contamine porque la estimulación mediante fracturación hidráulica se lleva a cabo a gran profundidad bajo tierra, por debajo de múltiples estratos impermeables, normalmente a miles de metros por debajo de las rocas que albergan el agua dulce o acuíferos. A esto se añade que en la perforación del pozo se emplean múltiples tuberías de revestimiento y cementaciones para aislar su interior.

Una vez finalizadas las operaciones, las aguas residuales que se recuperan se depositan en una instalación certificada para su tratamiento y reutilización, o para su tratamiento por un gestor autorizado.

VIII. SEMEJANZAS ENTRE EL FRACKING Y LA RUINA MONTIUM

1. En ambos casos se pretende acceder y extraer sustancias de gran valor económico ocultas bajo tierra, en el caso del *fracking*, en superficies rocosas, bajo montes en el caso de la *ruina montium*.

2. Los materiales buscados tienen gran valor económico: el gas y petróleo en el *fracking*, el oro en la *ruina montium*.
3. Los dos elementos buscados tienen difícil acceso y extracción
4. En las dos técnicas se emplean grandes cantidades de agua, con una diferencia a priori: en el caso del *fracking* se añaden materiales químicos; en lo que respecta a la *ruina montium* sólo se emplea agua, aunque en este último caso también se utilice vinagre y fuego para hacer estallar algunas rocas duras.
5. Los dos utilizan el método de abrir canales para conducir el agua hasta llegar al punto de extracción.
6. En ambos procedimientos se busca que el agua a presión tenga el efecto de una bomba que fracture las rocas.
7. Las dos técnicas producen impacto medio ambiental, pero la romana menos contaminante que la actual por no utilizar productos químicos.

Dice Plinio sobre la *ruina montium*: "*Otra tarea análoga e incluso más costosa es traer corrientes de agua para lavar estos derrumbes... con ningún efecto químico inmediato sobre el cuarzo y los silicatos de las rocas.*"

Ahora bien, lo que los detractores del *fracking* plantean actualmente sobre el medio ambiente, sorprendentemente también le preocupaba a nuestro historiador romano de hace dos mil años: la huella que quedará en el futuro de estas obras.

Reproducimos sus palabras literalmente:

Esas cosas (los metales, el oro) que están escondidas y enterradas, que no se producen de repente, son las que nos empujan y nos llevan hasta los infiernos, de forma que nuestra mente, aplicada a lo inútil, evalúa cuál será el fin de la explotación después de todos los siglos y hasta dónde llegará nuestra codicia. ¡Qué inocente, qué feliz, incluso qué deliciosa sería la vida, si no deseásemos

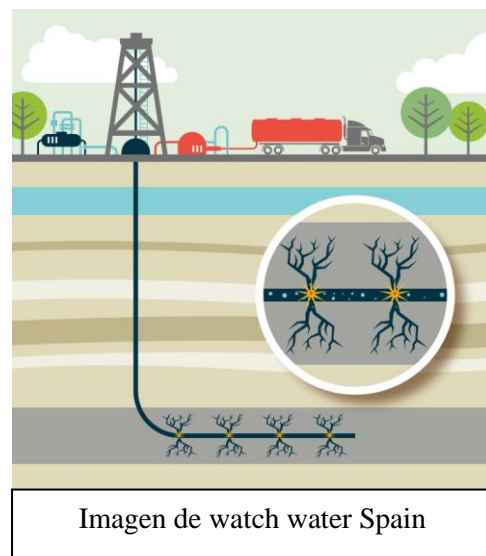
ninguna otra cosa sino lo que hay en la superficie de la tierra; en una palabra, nada si no lo que se ofrece a nuestras manos! Plinio N.H 33, 1

8. El ruido y fractura de rocas: en el caso del *fracking* el ruido lo producen las máquinas empleadas, en la *ruina montium* el derrumbe de los montes

IX. DIFERENCIAS

1. Ya hemos aludido a la ausencia de productos químicos en la *ruina montium*, frente al *fracking*, lo que implica que la *ruina montium* sea menos contaminante, aunque no se puede afirmar que no hubiera ninguna contaminación, pues la cantidad de polvo producida por el derrumbe de los montes sería considerable.
2. En el *fracking* la extracción y perforación de rocas es subterránea mientras que en la *ruina montium* es en la superficie aplicada a montañas pero buscando alcanzar lo más profundo de ellas.
3. En el caso del *fracking* se utilizan medios de la industria moderna como camiones para el transporte del agua. Los canales de construcción subterráneos se hacen con medios técnicos sofisticados mientras que en el caso romano los canales superficiales se excavaban a mano, el agua se transportaba de forma natural.
4. La explosión también se obtiene de forma distinta:

En el *fracking* el agua lleva productos para abrir e impedir que se cierren los canales abiertos para evacuar por ellos mismos el gas, así pues, los canales de entrada de agua son los mismos por los que sale el gas extraído.





Canal interno de la montaña para conducir el agua

En la *ruina montium* el derrumbe se producía de forma natural, se concentraba el agua que venía por los canales, *corrugos*, en los depósitos y una vez abiertos el agua salía con tanta fuerza que se estrellaba contra la pared del monte causando su derrumbe. Se trataba de verdaderas explosiones, lo que sugiere un método basado en la compresión del aire.

5. Los efectos de la explosión se producen en estratos diferentes: los de la *ruina montium* sobre el suelo, a la vista, los de la fracturación son subterráneos, produciendo en algunos casos movimientos de tierra o temblores.

6. Los canales de desagüe eran distintos a los de entrada en la roca en el caso de la *ruina montium*, en cambio, en el *fracking* los canales de entrada y de salida son los mismos.

La razón por la que eran distintos los canales de entrada a los de desagüe y lavado se debía a que para ser efectivos los de lavado necesitaban tener una longitud de varias decenas de metros y una pendiente uniforme. Por este motivo, en las primeras fases de la explotación de las minas situadas en zonas escarpadas se realizaron algunos tramos suspendidos sobre estructuras de madera para mantener la longitud y la pendiente adecuadas.

7. Para retener el oro extraído los romanos no utilizaron productos químicos sino elementos naturales, a este respecto comenta Plinio que los canales de lavado se cubrían a intervalos con urces (especie de brezo) para retener el oro: *Todavía queda otra tarea en el llano. Se excavan unas zanjias por las que discurra la corriente de agua, se denominan 'agogae', que se cubren a intervalos con urces.*

Se trata de un arbusto semejante al romero, áspero y que retiene el oro...La urce se seca, se quema y la ceniza se lava en un cauce de césped herboso para que se deposite el oro...

8. A pesar de que ambos producen un impacto sobre la naturaleza, en el caso del *fracking* no deja ningún paisaje espectacular para la vista como lo ha dejado la *ruina montium*. Recordemos que las Médulas, resultado de la explotación minera mediante la *ruina montium*, fueron declaradas patrimonio de la humanidad en 1997.

BIBLIOGRAFÍA

Plinio el Viejo *Naturalis Historia* libr. XXXIII

Roberto Matías. *Traianus, ingeniería minera romana*. 2004. Versión PDF. www.Traianus.Net

Traianus. Net

Pérez González, Maurilio. Matías Rodríguez, Roberto. *Plinio y la minería aurífera romana: nueva traducción e interpretación de PLIN.Nat.33.66-78*

Fracking. GP. ESP, pdf

Wikipedia