



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 60 – JUNIO DE 2013

## “TECNOLOGÍA Y ORGANIZACIÓN SOCIAL. ANÁLISIS DE CASO EN EL NEOLÍTICO”

AUTORÍA MÓNICA BELÉN OLVERA GORTS
TEMÁTICA COMPETENCIA SOCIAL Y CIUDADANA, IMPLICACIONES DE LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA
ETAPA ESO

### Resumen

En este artículo se estudia la presencia de cal en yacimientos arqueológicos del Neolítico del Próximo Oriente. El análisis de los resultados obtenidos y sus implicaciones ayudarán a entender mejor la realidad de la sociedad humana en épocas pasadas, a la vez que contribuirá a comprender la importancia de utilizar prudentemente los conocimientos provenientes de las Ciencias de la Naturaleza para satisfacer las necesidades del hombre y mejorar su calidad de vida.

### Palabras clave

Realidad multidimensional, Interdisciplinariedad, Tecnología, Sociedad, Alfabetización científica, Líneas de investigación.

### 1. MARCO DE REFERENCIA

La Comunidad de Castilla y León mediante el DECRETO 52/2007, de 17 de mayo, por el que establece su currículo de la Educación Secundaria Obligatoria, contempla entre sus objetivos, “*entender el conocimiento científico como algo integrado, que se compartimenta en distintas disciplinas para profundizar en los diferentes aspectos de la realidad*”; añade en su anexo que, “*el currículo de Ciencias de la Naturaleza precisa desarrollar, de forma transversal el método científico de estudio de la naturaleza, así como las implicaciones que de él se infieren con la tecnología y la sociedad*”. En la misma línea establece que, “*la alfabetización científica permite la consideración de las implicaciones y perspectivas abiertas por las investigaciones realizadas*”.

Este artículo plantea una doble propuesta curricular: por un lado, ofrece una alternativa de desarrollo transversal de la competencia social y ciudadana referida a las Ciencias de la Naturaleza; por otro, plantea cómo la alfabetización científica en las materias de Física y Química puede sugerir posibles

líneas de investigación en otras materias, como la Antropología o la Historia, siendo todas ellas necesarias para profundizar en los diferentes aspectos de la realidad.

## 2. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS YACIMIENTOS A ESTUDIAR

La elaboración de cal fue una actividad común durante el séptimo milenio a.C. en el Neolítico Precerámico B (P.P.N.B). Aunque su utilización tuvo fines muy variados, material adhesivo, construcción de camas, vajillas o esculturas, en este artículo nos vamos a centrar en la cal como material de construcción.

Son conocidos los suelos y paredes revocados con este material del Levante Mediterráneo y Turquía. Centraremos nuestra atención en tres yacimientos del Próximo Oriente: Cayönü, Jericó y Yiftahel.

**Cayönü** es un yacimiento de la zona oriental de Anatolia próxima a Mesopotamia, al pie de las montañas Taurus, ricas en piedra caliza. Está situado cerca del río Bogazcay, un afluente del Alto Tigris, del Bestakot, un arroyo intermitente, y del lago Van. La presencia abundante de agua cerca del yacimiento ocasionó la existencia de ciénagas, áreas pantanosas y fuentes, así como de bosques de almendros, pistachos y robles, y pequeñas extensiones de estepa.



**Yiftahel** se encuentra en uno de los pequeños valles que cortan la cordillera montañosa (con abundantes calizas y dolomitas) del norte de Israel, en la Baja Galilea. Muy húmedos en los meses de invierno debido a un insuficiente drenaje, estos valles están cubiertos con bosques de roble, arbustos y herbáceas. El clima es Mediterráneo con inviernos lluviosos, mayoritariamente entre Diciembre y Marzo.

**Jericó** es un oasis verde situado en Cisjordania, en el Valle del río Jordán, a unos 8 km de la costa septentrional de la cuenca seca del Mar Muerto y a unos 30 kilómetros al este de Jerusalén. El clima tropical en verano y suave en invierno favorece la presencia de árboles frutales, sicómoros, balsameras y palmeras, entre otras especies.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 60 – JUNIO DE 2013

### 3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS YACIMIENTOS A ESTUDIAR

**Cayönü** es uno de los asentamientos más antiguos de Anatolia (7570 ± 100 a.C. a 6620 ± 250 a.C.), con una extensión de 4,5 hectáreas. Fue habitado durante dos fases del P.P.N.B: en la primera, destacan los tipos de casas, de dos plantas, con varias habitaciones pequeñas o una o dos grandes. Los materiales de construcción son piedra, para los zócalos de las paredes, adobe y madera, para la parte superior, y cal, para enlucir los suelos. En la fase dos, aparece la cerámica entre 6750 y 6000 a.C. aproximadamente, y también el uso de cobre batido. En las dos fases se utiliza como instrumental lítico el sílex y la obsidiana; la base económica es la agricultura, muy diversificada (cereal y leguminosas), además de la caza mayoritaria de ciervo y uro.

**Yiftahel** es un antiguo yacimiento de la baja Galilea (8790 ± 50 a 3510 ± 210) con una extensión de 4 hectáreas. Dividido en 4 zonas, A, B, C y D, no todas fueron habitadas durante los mismos períodos de tiempo: las áreas A y B fueron ocupadas durante diversas etapas del P.P.N.B y la Edad de Bronce temprana; mientras que las áreas C y D lo fueron en el P.P.N.B. Las casas del P.P.N.B medio son de planta rectangular, con varias habitaciones, construidas de adobe, piedra y enlucidas con cal. En líneas generales podemos decir que la base económica del P.P.N.B es el cultivo de dos tipos de legumbres (lentejas y habas) y la caza mayoritaria de la gacela. Son de reseñar la diversificación y volumen de las industrias lítica y ósea, con más de cuatro toneladas de objetos de sílex hallados sólo en 2007

**Jericó** es uno de los yacimientos más antiguos del mundo. Situado en el Valle del Jordán, en él se distinguen tres asentamientos de diferente cronología. El más antiguo de ellos, IX milenio a.C., se caracteriza por su poca extensión, con estructuras de habitación no exclusivamente excavadas en el suelo, sino también construidas en superficie. El instrumental es eminentemente lítico y su base alimenticia preagrícola. El segundo asentamiento, propio del P.P.N.A (entre 8500-7600 a.C.), tiene una extensión de 4 hectáreas. Las casas en general son circulares u ovales, excavadas en parte en el suelo, construidas de piedra, adobe y tapial. Están muy agrupadas y protegidas por una muralla de piedra y una enorme torre circular de 8 metros de altura, además de un foso excavado en la roca por delante del muro. Se utiliza como material lítico el sílex y la obsidiana. Hay uso de cereales domesticados y evidencias de caza de animales salvajes. El tercer asentamiento, propio del P.P.N.B (entre 7350-5980 a.C.), mantiene la extensión de 4 hectáreas. Las casas son de planta rectangular y con varias habitaciones, construidas con adobe y con los suelos, paredes y a veces hogares, silos y lechos enlucidos con cal o yeso. La agricultura está ampliamente diversificada, y hay evidencias de posible domesticación de ovejas. Se mantiene la industria lítica de sílex y obsidiana con mayor variedad de fabricación de utensilios.

### 4. CARACTERIZACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS ARQUITECTÓNICAS A ESTUDIAR

En el Levante Mediterráneo y Turquía, la mayoría de los yacimientos del P.P.N.B presentan estructuras con signos de haber sido encaladas varias veces, esto es, capas sobre capas, en el tiempo. Esta distribución en el grosor varía desde 2-3 cm, en las capas finas, hasta 14 cm en las capas más gruesas. Asimismo y atendiendo a la composición, encontramos cales de diversas calidades: un primer tipo,



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 60 – JUNIO DE 2013

prácticamente pura, como la hallada en algunos suelos de Jericó, y un segundo tipo, con impurezas añadidas de gravilla o arena y con un menor contenido en carbonato cálcico, como las encontradas en Yiftahel, Cayonu, Abu-Gosh y Beisamun.

### **Cayönü**

De las estructuras encontradas nos vamos a fijar en una de ellas, con un suelo encalado de superficie 90 m<sup>2</sup>, y una masa de 1.8 toneladas.

El porcentaje de cal pura en este suelo es de 30 %

### **Yiftahel**

De las estructuras encontradas en las excavaciones llevadas a cabo en este yacimiento vamos a fijarnos en dos de ellas: La estructura 700 y la estructura 730.

La estructura 700, de 17 m de largo y 7.5 m de ancho, está cubierta por una capa de cal de 3 a 6 cm de grosor. La masa total de la superficie es de 7 toneladas.

La estructura 730, de 8 m de largo y 8 m de ancho está cubierta por una capa de cal de 1 a 3 cm de grosor. La masa total de la superficie es de 1.6 toneladas.

El porcentaje de cal pura en ambas estructuras es aproximadamente del 100 %

### **Jericó**

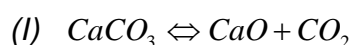
De las estructuras encontradas nos vamos a fijar en una de ellas, cuya superficie tiene una masa de 0.45 toneladas, siendo el porcentaje del cal pura de 80 %.

## **5. ESTUDIO DEL PROCESO QUÍMICO DE CALCINACIÓN**

Para obtener cal necesitamos carbonato cálcico, CO<sub>3</sub>Ca. Este carbonato se encuentra en la Naturaleza en forma mineral, calcita y aragonito, o en forma de roca como mármol.

El proceso de producción de la cal implica varias reacciones químicas:

Descomposición térmica del Carbonato Cálcico, o calcinación,



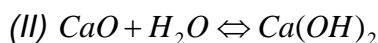
Obtenemos CaO o cal viva, sustancia higroscópica muy porosa que, mediante hidratación, da lugar a Hidróxido Cálcico o cal apagada,



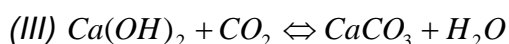
ISSN 1988-6047

DEP. LEGAL: GR 2922/2007

Nº 60 – JUNIO DE 2013



Esta cal apagada se presenta en una fase de apariencia pastosa. En contacto con el dióxido de carbono del aire, sufre un proceso de carbonatación,



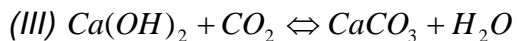
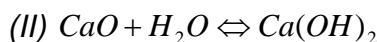
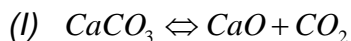
Apareciendo de nuevo carbonato cálcico, que difiere del carbonato inicial en su estructura interna. Esta reacción implica un proceso lento cuyo tiempo de ejecución variará dependiendo del buen hacer de las reacciones anteriores y de las condiciones externas.

Las reacciones (II) y (III) transcurren a temperatura y presión ambiente y no presentan en principio ningún problema tecnológico. Es de reseñar que al ser la reacción (II) fuertemente exotérmica, la energía disipada en forma de calor es tan alta que, además de calentar el recipiente donde se produce la hidratación, hace hervir al agua, provocando proyecciones de la mezcla. Este hecho hay que tenerlo muy en cuenta, pues el CaO es muy perjudicial para la salud, produciendo quemaduras de importancia considerable entre otros efectos: El CaO es corrosivo tanto por inhalación como al tacto.

Si la reacción de cal viva y agua no se realiza adecuadamente, podría producirse un calentamiento en exceso de los materiales produciendo caliza quemada que es químicamente inerte y no útil como revoque.

La reacción (I) es clave para entender el adelanto tecnológico que supuso el empleo de la cal como material de revoque, ya que precisa de una temperatura de reacción en torno a 900 ° C.

Del estudio estequiométrico de estas reacciones,



Vemos que,

por cada mol de carbonato cálcico puro presente en la materia prima inicial, obtenemos un mol de cal viva; esto es, por cada 100 g de carbonato cálcico puro obtenemos 46 g de cal viva;

por cada mol de cal viva, necesitamos un mol de agua para obtener 1 mol de cal apagada; esto es, 100 g de cal viva reaccionan con 18 g de agua originando 74 g de cal apagada;

por cada mol de cal apagada se necesita 1 mol de dióxido de carbono para originar 1 mol de carbonato cálcico por carbonatación; esto es, 74 g de cal apagada necesitan 44 g de dióxido de carbono para originar 100 g de carbonato cálcico.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 60 – JUNIO DE 2013

Aplicando estas relaciones estequiométricas a los datos obtenidos de los diferentes yacimientos, obtenemos los resultados expuestos a continuación:

<i>Yacimientos</i>	<i>Masa de material encontrado(T)</i>	<i>Masa de carbonato cálcico presente (T)</i>
Cayönü	1.8	0.54
Jericó	0.45	0.36
Yiftahel, Estructura 700	7	7
Yiftahel, Estructura 730	1.6	1.6

En Cayönü, para construir un suelo de 90 m<sup>2</sup>, se han necesitado 0.54 toneladas de carbonato cálcico y 0.1 toneladas de agua.

En Jericó, para construir el suelo de una determinada estructura, se han necesitado 0.36 toneladas de carbonato cálcico y 0.07 toneladas de agua.

En la Estructura 700 de Yiftahel, para construir un suelo de 127 m<sup>2</sup>, se han necesitado 7 toneladas de carbonato cálcico y 1.26 toneladas de agua.

En la Estructura 730 de Yiftahel, para construir 64m<sup>2</sup> de suelo, se han necesitado 1.6 toneladas de carbonato cálcico y 0.29 toneladas de agua.

## 6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

A la luz de la magnitud de los valores numéricos hallados, parece razonable preguntarse por el modo en que estas estructuras han sido construidas y las posibles consecuencias técnicas y sociales que podría conllevar.

Para contestar a estas preguntas se analizarán las tareas necesarias para llevar a cabo el proceso íntegro de obtención de cal y haremos una primera aproximación de la cantidad de personas necesaria para este fin.

Para ello, hagamos algunas consideraciones.

- Por cuestiones de eficiencia, supondremos que la reacción de calcinación del carbonato cálcico y la reacción de apagado de la cal viva se llevan a cabo en las inmediaciones del yacimiento. Esto



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 60 – JUNIO DE 2013

implicaría la necesidad de recoger y transportar los recursos naturales necesarios desde sus lugares de origen a las proximidades del yacimiento.

- Como los yacimientos se encuentran cercanos a las fuentes de los recursos naturales que se precisan, esto es, agua y carbonato cálcico, supondremos que una jornada de trabajo es suficiente para transportar dichos materiales a las proximidades del yacimiento. Puesto que no existen restos arqueológicos que indiquen la utilización de animales de carga, asumiremos que cada porteador de material es capaz de trasladar por sí mismo una masa de 25 kg.
- Transportar carbonato cálcico exige encontrarlo, y para ello es necesario tiempo y saber diferenciarlo de otros materiales. Como se ha mencionado anteriormente, el carbonato cálcico se encuentra en la naturaleza en diversas formas: como calcita (cristal hexagonal) mayoritariamente y aragonito (cristal ortorrómbico), caparazones y esqueletos de animales marinos, y calizas metamórficas cristalinas principalmente. Dada la extensión de los yacimientos y sus diferenciadas actividades económicas, se podría considerar que algunas de las personas que portean también conocen el material y saben extraerlo, en su caso. Esta consideración no incrementaría el número de personas dedicadas a la recogida del carbonato cálcico.

Una vez reunido el carbonato cálcico iniciamos el proceso de calcinación. Para ello, necesitamos un horno y combustible que quemar: como horno propondremos por sencillez, un hoyo excavado en la tierra a fuego abierto; como combustible podríamos utilizar madera, hueso, semillas, excrementos de animales o carbón vegetal, que, si bien no son todos igual de eficientes debido a sus diferentes capacidades caloríficas, son igualmente fáciles de encontrar en las cercanías de los yacimientos analizados.

Según experimentos realizados por Burnell (1856) en hornos del siglo XIX, por cada 1.8 toneladas de calcita podríamos obtener 1 tonelada de cal utilizando 2 toneladas de madera de abeto. Para hornos más rudimentarios, como sucede en el caso aquí tratado, la cantidad de madera sería del doble o mayor.

Aplicando formalismo Termodinámico al sistema reaccionante, para una temperatura de 900° C, podemos encontrar la cantidad de combustible necesario para producir el proceso de calcinación. Dependiendo de los casos obtendremos valores de combustible comprendidos entre cientos de kilos a varias toneladas.

Como ejemplos, para construir la estructura 700 de Yiftahel con madera de abeto necesitaríamos 14000 kg de árbol. Esto conllevaría un número de 560 porteadores; la estructura de Cayönü necesitaría 1080 kg de abeto y 44 porteadores.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 60 – JUNIO DE 2013

Asimismo experimentalmente se ha determinado que estos tipos de hornos tan primitivos necesitan de 2-4 días para completar el proceso de calcinación, manteniendo siempre constante la temperatura de reacción; lo cual requiere de personas pendientes del buen hacer del fuego.

Una vez obtenidas los terrones de cal viva bastaría hidratarla convenientemente para obtener cal apagada, lista para ser utilizada como revoque. Este proceso requiere de un lugar propio para ser realizado. Conviene recordar la peligrosidad de esta reacción para la salud por posibles eyecciones de CaO en dicho proceso de hidratación.

Como muestra de la cantidad de personas que se necesitarían para llevar a cabo estos procesos, calculemos el número de porteadores que se precisan para transportar el carbonato cálcico y el agua desde sus fuentes a las inmediaciones del yacimiento:

- La estructura de Cayonu precisa de:  
22 porteadores de carbonato cálcico.  
4 porteadores de agua.
- La estructura de Jericó precisa de:  
15 porteadores de carbonato cálcico.  
3 porteadores de agua.
- La estructura 700 de Yiftahel precisa de:  
280 porteadores de carbonato cálcico.  
51 porteadores de agua.
- La estructura 730 de Yiftahel precisa de:  
64 porteadores de carbonato cálcico.  
12 porteadores de agua.

## 7. POSIBLES IMPLICACIONES.

Como vemos, la consideración del proceso íntegro de generación de la cal a partir de sus materias primas, requiere de una serie de tareas que conllevan un cierto grado de especialización y un esfuerzo comunitario grande para los habitantes del yacimiento. No olvidemos que los datos con los que estamos trabajando están referidos a suelos de unas determinadas estructuras, no de todas, y que por tanto los valores reales a examinar serían superiores

No todas las tareas anteriormente mencionadas exigen la misma cantidad de personal, el mismo grado de trabajo físico y tipo de conocimiento. Esta realidad sugiere la posibilidad de una diversificación en el trabajo.





ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 60 – JUNIO DE 2013

Por otro lado y teniendo en cuenta el párrafo anterior, el hecho de una gradación en la calidad de la cal y de diferentes grosores en las capas de aplicación de la misma, sugiere la existencia de diferentes tipos de edificaciones, que podría estar asociado a una determinada jerarquía social además de a una variedad en la funcionalidad de los mismos.

La diversificación del trabajo exige coordinación en el esfuerzo. Necesita de planificación, organización, y dirección. Sugiere la idea de liderazgo, de la presencia de líderes que orienten y regulen este trabajo en equipo, así como de una estructura que los apoye en estas tareas. Este sería el germen de una administración pública.

El hombre utiliza el fuego desde el Paleolítico. Era capaz, con madera, de obtener un fuego que normalmente alcanzaba los 400 °C, y más excepcionalmente los 700 °C. El proceso de calcinación del carbonato cálcico implica el manejo de temperaturas superiores a los 900 °C. La diferencia es bastante significativa e indica que no se trata en absoluto de una técnica elemental. El hecho de que se pueda obtener un fuego superior a 700 °C, y antes incluso del desarrollo generalizado de la práctica de la agricultura, supone un desarrollo particularmente precoz de Anatolia y del Levante Mediterráneo en cuestiones pirotécnicas.

La aplicación de cal a casas y edificios supone una mejora de la calidad de vida humana y un gusto por la estética. La cal además de ser un potente bactericida, confiere suavidad, dureza, continuidad y relativa insolubilidad al material del que dicha superficie está construida. Admite la aplicación de determinados pigmentos de colores lo cual permite decorar la edificación sobre la que ha sido aplicada, como sucede en algunos suelos de Jericó y en muchas casas de Catal Hüyük (en la actual Turquía).

La Física y la Química se presentan como potentes herramientas a utilizar, tanto en el análisis y determinación de los materiales hallados en yacimientos arqueológicos, como en la apertura de posibles líneas de investigación sociales y antropológicas de los habitantes de los mismos.

## BIBLIOGRAFÍA

DECRETO 52/2007, de 17 de mayo, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad de Castilla y León.

Unidades didácticas de Prehistoria. Tomo II. UNED, Madrid 2000.

Unidades didácticas de Prehistoria. Historia Antigua Universal. Próximo Oriente y Egipto. Tomo I (1ª parte). UNED, Madrid 1999.

Cornelis Klein. Cornelius S. Hurlbut, JR. 2001  
Manual de mineralogía. Ed. Reverté,



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 60 – JUNIO DE 2013

Horwitz L. K. 2003

“Temporal and Spatial Variation in Neolithic Caprine Exploitation Strategies: a Case Study of Fauna from the Site of Yiftah'el (Israel)”. In: Paléorient. Vol. 29 N°1. pp. 19-58.

W. David Kingery; Pamela B. Vandiver; Martha Prickett. 1988

“The beginnings of Pyrotechnology, Part II: Production and Use of Lime and Gypsum Plaster in the Pre-Pottery Neolithic near East”. Journal of Field Archaeology, Vol. 15, N° 2, pp. 219-244

Y. Garfinkel 1987

“Burnt Lime Products and Social Implications in the Pre-pottery Neolithic of the Near East”. In: Paléorient., Vol. 13 N°1. pp. 69-75.

Willies Lynn, Weisgerber Gerd, 2000

“The use of fire in prehistoric and ancient mining-firesetting” In: Paléorient. Vol.26 N°2. pp. 131-149.

#### Autoría

---

- Nombre y Apellidos: Mónica Belén Olvera Gorts
- Centro, localidad, provincia:
- E-mail: [monicaolveragorts@yahoo.es](mailto:monicaolveragorts@yahoo.es)

C/ Recogidas Nº 45 - 6ªA 18005 Granada [csifrevistad@gmail.com](mailto:csifrevistad@gmail.com)