

## PROCESOS CIENTIFICOS Y CONOCIMIENTOS GEOLOGICOS EN

### LOS ALBORES DE LA HISTORIA

**J. Miguel Calvo Hernández.**- Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales.  
E. U. de Formación del Profesorado de E.G.B. TERUEL.

**Begoña Martínez Peña.**- Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales.  
E. U. de Formación del Profesorado de E.G.B. TERUEL.

**H. Millán.**- Departamento de Ciencias de la Tierra. Facultad de Ciencias.  
UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.

#### RESUMEN

Los procesos de la metodología científica ayudan a solucionar problemas y a promover capacidades intelectuales. En la vida diaria el hombre, de manera inconsciente, recurre a dichos procesos para resolver sus dificultades cotidianas y ya en el pasado, la necesidad de encontrar soluciones a sus exigencias vitales le obligó a desarrollar sus capacidades intelectuales. Existe un cierto paralelismo entre cómo se han generado los conocimientos a lo largo de la historia y cómo se generan en la mente del alumno. Es por tanto interesante estudiar la forma en que se ha ido adquiriendo el conocimiento geológico desde sus inicios. En este trabajo se realiza un análisis de la evolución del saber geológico a través de la Prehistoria.

#### ABSTRACT

*Scientific methodology processes help to solve problems and to promote intellectual capabilities. Man, in his daily life, unwittingly, turns to those processes to solve his everyday difficulties. In the past, the absolute necessity to meet his vital needs forced him to develop his intellectual capabilities. There is some kind of parallelism between the way in which knowledge has proceeded in the course of man history. Hence our interest in studying from the start the processes leading to the acquisition of geological knowledge. In this paper the evolution of geological knowledge through prehistory is analysed.*

#### CONSIDERACIONES PREVIAS

Las experiencias didácticas presentan a la Ciencia de una forma más abierta en sus límites culturales y también más motivadora y eficaz para el que aprende, en cuanto que facilita instrumentos y habilidades que le serán más eficaces en su aprendizaje futuro. Dentro de este conjunto de experiencias están las que ha utilizado la Historia de la Ciencia para ilustrar diversos aspectos que dan lugar al crecimiento científico. Estas experiencias están dentro de las nuevas concepciones de la Ciencia y los currícula científicos que ponen un gran énfasis en un desarrollo basado en el enlace y conexión con otras disciplinas. Esta visión empieza a desarrollarse en España en la década de los 80.

Los procesos de la metodología científica ayudan a resolver problemas y a promover las capacidades intelectuales. Este modo de trabajar sistemático y riguroso permite un grado de objetividad adecuado

para el desarrollo de cualquier campo del conocimiento. BUNGE (1981) señala que el Método Científico es un modo de acceso al conocimiento. MARCO y otros (1987) clarifican que no es un método didáctico, pero en el ámbito de la didáctica de las Ciencias es "un criterio básico, cualificador de los currícula de este área, y referencia para la metodologías y estrategias docentes". Y por tanto debe tenerse como un procedimiento más para el estudio de las Ciencias. Es decir, no hay que caer en la dicotomía procesos-contenidos, de forma que la valoración de los procesos suponga un deterioro de los contenidos.

Una forma de reforzar estas experiencias es ilustrarlas con comparaciones históricas de cómo el hombre ha ido aportando a su acervo cultural los distintos procesos de la metodología científica. Esta estrategia estaría íntimamente relacionada con la toma de conciencia del propio

alumno sobre los pasos de su trabajo, su avance, sus dificultades y los aspectos del método científico más vinculados con su actividad.

En nuestro trabajo realizamos una comparación de distintos hitos o hechos del desarrollo de nuestra civilización con los procesos de una metodología de estudio científico, centrándonos en los aspectos geológicos de las culturas prehistóricas. Por una parte observaremos que el conocimiento se ha ido desarrollando por la alterancia de periodos de acumulación progresiva de conocimientos con periodos de revoluciones científicas (KUHN, 1962 y 1983), y por otra parte como el resultado de la sucesión de conjeturas y refutaciones (POPPER, 1973).

#### **LINEAS GENERALES DEL DESARROLLO HISTORICO DE LA CIENCIA**

Hasta el siglo XV la característica esencial de este período es el desarrollo paralelo de Ciencia y Civilización. De la Prehistoria poseemos pocos datos sobre los primeros rudimentos del espíritu científico. En cambio de las grandes civilizaciones antiguas (Egipto, Mesopotamia, India, China, ... ) poseemos documentos que nos permiten conocer el nacimiento y progreso de las ciencias. A partir del siglo VI antes de J.C. comienza el florecimiento de la ciencia helénica que posee una concepción mucho más profunda y abstracta del papel y de la estructura de la Ciencia, construyendo los primeros modelos e hipótesis de conocimiento que dieron cuenta de las regularidades de la Naturaleza (TOULMIN, 1963). Posteriormente aparece la decadencia de la ciencia helenística con la conquista romana, acelerada con las invasiones "bárbaras". En la Edad Media la Ciencia se prepara para un nuevo renacimiento en el seno de las civilizaciones que han sobrevivido o que nacen en ese momento (mundo árabe, India, China, Bizancio, Europa Occidental, ... )-

Los contactos permitirán a la Europa Occidental recoger y asimilar la herencia de las ciencias antiguas y de la ciencia árabe, que posibilitarán su posterior florecimiento entre los siglos XV-XVIII. En el siglo XVII surge el método experimental cuantitativo y la Geología aparece como una rama autónoma de la Ciencia (rompiendo con los prejuicios medievales se dedicará al estudio de la Historia y constitución de la Tierra. En los siglos XIX-XX se produce un desarrollo acelerado del conjunto de las ciencias que influyen de forma más notoria sobre la vida de la Humanidad.

#### **TIEMPOS PREHISTORICOS**

##### **Paleolítico**

La Humanidad comienza en el Pleistoceno, hace aproximadamente 1,5 millones

de años, y aunque se conoce muy poco acerca de las ideas del hombre en la Prehistoria, es fácil suponer que su pensamiento estaría dirigido fundamentalmente hacia sus necesidades vitales. La conciencia de sí mismo le llevó por un lado a la fabricación de útiles progresivamente perfeccionados y por otro al ritual, a la religión, al arte,...

Existen unos primeros restos de tradición olduvayense (utensilios de piedra, pebble-culture), que pudieron ser realizados por el Homo habilis, aunque algunos autores piensan que son una subespecie de los australopitecos. Estos restos pertenecen al período Donau-Günz-Mindel. Posteriormente ciertos homínidos (en Asia y África Homo erectus y en Europa el Mauerantropo con características intermedias entre el Homo erectus y el Homo sapiens) trabajan el sílex durante el período interglacial Holsteiniense (Pleistoceno medio), pertenecen a la Cultura Achelense (ARNALDEZ y otros, 1988). Además de la industria lítica conocían el fuego, entre otros procedimientos utilizaban la percusión con fragmentos de pedernal.

De los aspectos religiosos y artísticos no se presentan manifestaciones (enterramientos, pinturas, esculturas y otros objetos de arte) hasta la última fase de la Edad de la Piedra Tallada, hace unos 50.000 años (interglacial Riss-Würm) con la aparición del homo sapiens que ya poseía un desarrollo del cerebro muy similar al del hombre actual.

La manufactura de la piedra permite suponer la existencia de un conocimiento de las propiedades de las rocas para servir de armas y de utensilios de uso doméstico (despedazado de carne, separación de la piel de los animales, curtido de esta piel, ... ). Ello les llevó a seleccionar rocas de gran resistencia como el sílex y la obsidiana, cuya homogeneidad les permite ser labradas con mucha precisión por diversos métodos de fraccionamiento. Además, también utilizaron cuarzo, cuarcita, granito, esquisto y a veces caliza competente, su selección estuvo condicionada a lo que encontraban en superficie.

Es en el conocimiento de las propiedades de las rocas y su aplicación técnica (tallado) donde aparece un progresivo desarrollo que va originando las distintas culturas de la Prehistoria. Aunque este punto no aparece muy claro, ya que se han observado industrias de épocas más avanzadas que eran considerablemente más toscas que las precedentes (CANO HERRERA y otros, 1986).

Además, el conocimiento de la talla fue aplicado para realizar bajo relieves sobre la roca. Pero en algunas ocasiones recubrían la roca de una fina capa de arcilla sobre la que dejaban diversos modelados.

Este último hecho parece apoyar un comienzo del descubrimiento de las propiedades plásticas de los materiales arcillosos, que en el futuro darán lugar al modelado de los utensilios cerámicos. Ya en estos momentos se realizan sencillas figuras de barro y cuentas de arcilla para adornos personales.

Por otra parte, las pinturas peleo-líticas requerían un conocimiento de las propiedades de tinción de los materiales existentes en la superficie terrestre. Entre los materiales utilizados están los ocres (ocre rojo es variedad terrosa de hematites, ocre amarillo es la limonita, ocre de antimonio, ...). Posiblemente, el carbón utilizado sería en su mayor parte de origen vegetal.

En algunas zonas, el rigor del clima obligó al hombre de este período a un conocimiento exhaustivo de la superficie del terreno en la búsqueda de cuevas y abrigos que le permitieran un descanso nocturno (resguardados de las inclemencias del tiempo y seguros ante el ataque de los animales depredadores).

Estos conocimientos vienen dados por la realización de tres formas embrionarias de los procesos científicos futuros: la observación del medio que les rodea, que les lleva a conocer las zonas desde el punto de vista de los materiales útiles (cartografía geológica) y de la morfología de la superficie que le permitirá utilizarla como vivienda. Estas diferenciaciones permiten un primer inicio de la clasificación. Por último, este conocimiento se transmitiría por tradición oral, lo que permitiría un lento incremento del conocimiento de la Humanidad.

Finalmente, estos conocimientos (tanto de contenidos como de procesos) del hombre del Paleolítico inferior son los que han permitido suponer (CANO HERRERA y otros, 1988) que poseían un lenguaje, al menos de un sistema de comunicación que permitiera desarrollar de forma organizada todas las operaciones precisas.

## Neolítico

En el período que abarca las culturas de tránsito del Paleolítico al Neolítico (postglacial, 15.000-4.400 años), aunque no es el único factor, el cambio climático ayuda a las modificaciones del comportamiento cultural del hombre.

La economía del Paleolítico se basa en el aprovechamiento de los recursos naturales de la zona. Son grupos constituidos por un número reducido de miembros, por lo que su sistema de asociación se basa fundamentalmente en el parentesco. Por el contrario, las modificaciones del Neolítico consisten en la aparición de sistemas de producción artificial de alimentos y la existencia de excedentes, lo que comporta

cambios en el comportamiento cultural, entre ellos el sedentarismo. Se empieza a conocer las formas de aprovechamiento del suelo, agricultura. De todas formas, la economía se sigue apoyando en el aprovechamiento de los recursos naturales de la superficie.

Respecto a la piedra estas culturas consiguen un mejor conocimiento de las propiedades mecánicas, lo que facilita la realización de piezas más complejas. Al final del período de transición al Neolítico estas culturas empiezan a utilizar la arcilla para cerámica. En algunos lugares de Asia, aparece la piedra pulimentada antes de la llegada del Neolítico.

Por una parte, el Neolítico sólo supone desde el punto de vista geológico el mejor conocimiento de los materiales (rocas cementadas y sueltas) que les permiten: 1) el pulimento de la "piedra", y 2) la fabricación de cerámica. El pulimento confiere a los materiales una mayor resistencia ya que puede ser aplicada a rocas muy duras. Normalmente, se aplica a piezas de tamaño mediano o grande. A las hachas pulimentadas se les atribuye una utilización agrícola (desbroce y desforestación). Además, la piedra y el ladrillo son utilizados para la construcción de las viviendas.

Las rocas utilizadas no fueron sólo las que se encontraban en la superficie, sino que se comienza a extraer el pedernal por medio de pozos abiertos en la caliza para llegar a los nódulos del interior. Primero excavaron pozos de hasta 13 m. de profundidad (Spiennes, Bélgica; Norfolk, Inglaterra; entre 5.000 y 4.000 años de antigüedad), más adelante abrieron galerías dejando columnas de creta para que sostuvieran el techo en lugar de puntales. A veces, se abrían sumideros cerca de la boca de la mina, para recoger el agua de lluvia. En ellos se han encontrado picos, mazos y hachas de sílex. Pero el hombre neolítico no sólo explotó el sílex sino también: obsidiana, agata, turquesas, hematites, malaquita, oro, ... que utilizaron como herramientas y adornos. Estos hallazgos nos indican una técnica y unos conocimientos elaborados. Lo que implica, que las culturas neolíticas ya realizaban los procesos de: observar, clasificar, medir, inferir y predecir, eso sí, hay que indicar que la realización de estos procesos no se llevó a cabo de manera sistemática sino más bien intuitiva.

Como podemos ver en el Neolítico a los procesos de observación y clasificación se han unido la inferencia y la predicción. Para lo cual tuvo que haber un progreso en la observación y clasificación. Este progreso pudo permitirles la realización de las primeras "mediciones", aunque no se realizaban con precisión. Por otra parte, el progresivo desarrollo biológico y cultural del hombre se ve reflejado, entre otras

manifestaciones, en la realización de enterramientos. Este hecho nos permite pensar que ya en este momento, posiblemente antes, el hombre daba explicación a todo lo que le rodeaba. Es decir, realizaba inferencias. La aplicación de estos cuatro procesos les llevó a conseguir un quinto proceso, la predicción. Este proceso y el de medida pueden inducirse de las galerías realizadas para la obtención de diversos materiales rocosos. También, suponen una consecuencia de las predicciones el desarrollo de: la agricultura y la cerámica. Por último, este conocimiento se transmitiría de forma oral.

Como consecuencia de la explotación "industrial" de los materiales rocosos, empieza su utilización comercial. Por tanto, empieza a tener un valor de intercambio, de riqueza.

A caballo entre el Neolítico y la Edad de los Metales aparece el fenómeno cultural Megalítico, que utiliza la piedra, y en algunos casos excava los materiales rocosos, para la construcción de monumentos funerarios de grandes dimensiones, también en algunas ocasiones sirven de observatorio astronómico. Este fenómeno cultural supone un mayor perfeccionamiento técnico más que un avance en geología.

#### Edad de los Metales

En el Oriente Próximo (5.000 a 3.000 a. de J.C.) se produce el tránsito entre las culturas que utilizan la piedra, y las que inician la sustitución de metal. Parece que el descubrimiento de la metalurgia debió realizarse de formas diversas (CANO HERRERA, 1986). En unos primeros momentos el cobre nativo fue trabajado como la piedra. Posteriormente, la fusión accidental de ciertos carbonatos de cobre (malaquita y azurita, utilizados como objetos de adorno) permitió el inicio de la metalurgia.

En un principio se utilizaban cobre, oro y plata. Por tanto, la prospección de estos materiales empieza a desarrollarse. Con el progresivo estudio de estos yacimientos se iría conociendo los minerales asociados a estos elementos en estado nativo. Como resultado se llegó a inferir que la aplicación de técnicas metalúrgicas podrían lograr metales semejantes a los nativos, como por ejemplo el estaño. Los minerales de cobre contienen en ocasiones níquel y estaño con lo que al fundirlos se obtiene de forma accidental un bronce natural (realizado por los sumerios con minerales procedentes de Omán; WOOLLEY, 1977). Como el bronce posee propiedades superiores (mayor resistencia y dureza, punto de fusión más bajo) condujo a los fundidores a realizar experimentaciones que llevarían finalmente a la elaboración de la aleación deseada. Estas nuevas necesidades contribuyeron a un perfeccionamiento de las técnicas de prospección y explotación de yacimientos

(no sólo de metales, también de ámbar). Lo que supuso la creación de un comercio a gran escala, mucho mayor que el iniciado en el Neolítico.

En la Edad de los Metales muchas poblaciones se asientan en núcleos urbanos más importantes que los neolíticos, lo que supone un aumento de la producción agrícola. Para hacer posible la alimentación de un mayor número de personas se realizan mejoras técnicas. Estas consisten fundamentalmente, en la irrigación de los campos, para ello hay que realizar pozos y acequias. Esto implica un inicio en la prospección de aguas subterráneas, aunque en algunos casos su búsqueda pueda atribuirse a la labor de "zahories" (también se puede aplicar a los demás tipos de yacimientos). La "revolución urbana" comenzó en el Próximo Oriente y Egipto, supone también la especialización de las distintas labores, y por tanto, la existencia de mineros y prospectores de materiales rocosos de interés económico (incluyendo los yacimientos de agua).

En esta época (Calcolítica) aparece la expresión escrita, con lo que se inicia el período histórico en el Próximo Oriente y en Egipto (3.200 a. de J.C.). Mientras Europa continuará durante largo tiempo sin relación con las formas escritas. Algunas zonas entran en el contexto histórico en la Edad del Hierro (Península Ibérica).

Los primeros utensilios de hierro fueron obtenidos a partir de meteoritos (siderolitos) en los tiempos predinásticos (cuarto milenio en Egipto y Mesopotamia). Este origen meteorítico puede ser reconocido en el nombre que daban los antiguos a este metal, ya que los sumerios lo denominaban "metal del cielo" y los egipcios "cobre negro del cielo". Aunque este hierro difícilmente puede ser considerado como el origen de la nueva metalurgia, ya que su relación con las fuentes usuales del mineral debió permanecer desconocida, en una época en la que faltaba una tecnología de trabajo adecuada. El hierro no puede fundirse a las temperaturas del cobre, y en todo caso el resultado final era una masa informe y dura de dudosa aplicación. El herrero tuvo que aprender a mantener el horno en condiciones mediante fuelles y a forjar el objeto mediante el martilleado. Una ventaja que tiene este metal es su gran abundancia. Este hecho hace posible la no dependencia de complejas cadenas comerciales. El uso correcto del metal lo comenzaron a hacer los hititas el año 1.200 a. de J.C.

Los procesos de observación y clasificación llevan en este período a la diferenciación de los metales, poco utilizados hasta este período. Este descubrimiento supone un perfeccionamiento en los métodos de observación y clasificación, dada la dificultad de distinguir los diver-

Los materiales de naturaleza metálica. Además, supone un esfuerzo importante de inferencia que relacione hechos fortuitos como la fusión accidental de determinados minerales usados como adornos y la observación de meteoritos metálicos (sideritos y siderolitos). Las posibles explicaciones dadas pudieron llevar a la realización de predicciones que llevarían con el tiempo al desarrollo de la metalurgia. La llegada de esta técnica supone el planteamiento de un problema, cuya solución requiere un cierto análisis y enunciado del mismo y la verificación de las predicciones de forma experimental. Además, estos experimentos requieren un control de las variables que intervienen en el proceso, en este caso de los componentes de la mezcla necesarios para la fusión del metal. Para realizar este control se necesita un mayor desarrollo del proceso de medición, especialmente en el caso del hierro que requiere de una técnica depurada. Es en este momento cuando aparecen los primeros sistemas de pesas y medidas. Por último, el desarrollo de la escritura favorece la comunicación de los conocimientos y facilita el desarrollo de los sistemas de pesas y medidas.

#### Resumen de hitos más importantes de la Prehistoria

##### Paleolítico

- \* Aparición del hombre, posiblemente a partir del Homo habilis.
- \* Dentro del desarrollo cultural destacan el tallado de la piedra, el descubrimiento del fuego y la aparición de las manifestaciones características de la cultura, como son: la pintura, la escultura y los enterramientos (al final de este periodo).

##### Neolítico

- \* Entre las técnicas nuevas destacan: el pulimento de la piedra, el desarrollo de la cerámica y el comienzo de la agricultura. Esta última será el germen de la futura sociedad urbana.
- \* El desarrollo de este "protourbanismo" (pequeños poblados) favorecerá el desarrollo de las grandes manifestaciones funerarias (Megalitismo).

##### Edad de los metales

- \* Comienza el uso de los metales, que posteriormente dará lugar al nacimiento de la metalurgia. De esta manera se iría introduciendo el uso del cobre (5.000 a 3.000 a. J.C.), el bronce (1.800-1.500 a. J.C.), el estaño y por último el hierro (1.200 a. J.C.).
- \* Desarrollo de las culturas urbanas que va ligado al florecimiento de la

agricultura (irrigación de los campos, introducción del arado, abonado de los campos con estiercol,...).

- \* La necesidad de determinadas materias primas lleva aparejada la existencia de un comercio a gran escala. Este intercambio facilitará la expansión de las ideas y de la cultura material. Estos movimientos se verán favorecidos por: a) La invención de la rueda y de la vela que agilizarían considerablemente los sistemas de transporte. b) Las migraciones de algunos grupos étnicos, fundamentalmente indoeuropeos, que difunden durante el Bronce final (siglo XII a. J.C.) al Cultivo de los Campos de Urnas.
- \* El nacimiento de la escritura (3.200 a. J.C.) es el acontecimiento que revolucionará el desarrollo de la Humanidad.

#### CONCLUSIONES

- \* Acumulación progresiva del conocimiento, que no se realiza de forma lineal, sino que sufre a veces retrocesos debido a:

- El clima. En el Paleolítico el predominio del clima frío dificultaba las comunicaciones entre los pueblos. Por otra parte, en el Neolítico las temperaturas ascienden de forma generalizada produciendo la inundación de las zonas costeras.

- El lenguaje. La pobreza del mismo (Paleolítico) lleva en algunos casos a la pérdida de conocimientos y por tanto a un retroceso en el bagaje cultural de los pueblos.

- Las invasiones. Algunas culturas desaparecerían bajo la embestida de pueblos menos civilizados.

- \* La adquisición de procesos científicos se realizó también de forma progresiva. En el Paleolítico se inicia la observación, la clasificación y la comunicación. El Neolítico supone la perfección de los procesos anteriores y la aparición de tres nuevos: la inferencia, la medición y la predicción. Estos nuevos procesos ayudarán a la búsqueda en el interior de la corteza terrestre de los materiales de interés económico. Por último, La Edad de los Metales supone también un perfeccionamiento de los procesos anteriores. La medición progresa de forma importante, sobre todo con la aparición de los sistemas de pesas y medidas. Como consecuencia de estas mejoras aparece la experimentación, que va a permitir la verificación de las predicciones y un control semicuantitativo de las variables. Destaca la aparición de la escritura que ayuda a una mejora muy importante

de la comunicación.

- \* Formas de adquisición del conocimiento científico. Aspectos geológicos de observación:

- color	Fundamentalmente aplicados para objetos ornamentales
- brillo	
- forma	
- resistencia o compacidad	Para utensilios y adornos
- dureza	
- fracturación	
- plasticidad (arcilla)	
- fusión	

- \* Los conocimientos geológicos de este período son los siguientes:

- Propiedades mecánicas de las rocas (tallado, pulido, plasticidad de la arcilla y fusión de los metales).
- Distribución y prospección de los materiales en la superficie y a varios metros de profundidad.
- Áreas morfológicas más idóneas para su hábitat.

- \* Aislamiento de algunos pueblos que dieron lugar a las grandes civilizaciones, no sólo las culturas americanas dada su "insularidad", sino también las culturas chinas. Estas últimas junto a las hindúes tuvieron una fuerte personalidad, lo que impidió su colonización cultural. A pesar de ello, el desarrollo a nivel de conocimientos y procesos fue similar.

## BIBLIOGRAFIA

- \* ARNANDEL, R. y otros (1988). "La Ciencia Antigua y Medieval (de los orígenes a 1450)". En Historia General de las Ciencias, Tomo I. pp. 8-23. Ed. Orbis. Barcelona
- \* BUNGE, M. (1981). "La investigación científica". Ed. Ariel.
- \* CANO HERRERA, N. y otros (1986). "Gran Historia Universal". Tomos 1, 2 y 3.
- \* KUHN, T. (1962). "La estructura de las revoluciones científicas". FCE, México.
- \* KUHN, T. (1983). "Segundos pensamientos sobre paradigmas". Tecnos. Madrid.
- \* MARCO, B. y otros (1987). "La enseñanza de las Ciencias Experimentales: Etapa 12-16 años". Colección "Proyecto 12/16". Ed. Narcea. Madrid.
- \* POPPER, K. (1973). "conjeturas y refutaciones". Tecnos. Madrid.
- \* TOULMIN, S. (1977). "La comprensión humana (I): El uso colectivo y la evolución de los conceptos". Ed. Alianza. Madrid.
- \* WOOLLEY, L. (1977). "Los comienzos de la civilización". En Historia de la Humanidad. Tomo I. Ed. Planeta. pp. 297-688. Barcelona.