

Ciclotema ombrotérmico y Estratigrafía analítica: una relación de correspondencia en la aproximación dinámica y evolutiva del clima

Andoni Sáenz de Buruaga

El ciclotema ombrotérmico constituye una hipótesis original de G. Laplace, planteada en los años 70 (Laplace, G. 1973 y 1977), orientada a procurar un entendimiento y explicación racionales de la dinámica del ciclo climato-sedimentario; una noción, ésta, deducible de la composición y ordenación de los registros estratigráficos de diferentes contextos sedimentológicos pleistocenos y holocenos.

La teoría se fundamenta en las analogías existentes entre la noción de ciclo climático teórico, planteada por P. Rey en sus investigaciones realizadas en el marco de la fitocinética biogeográfica, y la interpretación dinámica de los depósitos estratigráficos establecida por G. Laplace en sus excavaciones arqueológicas, muy especialmente, de una serie de cuevas y abrigos emplazados en el tercio occidental del Pirineo (Gatzarria, Olha, Poeymail, Bignalats,...).

En efecto, por una parte, la observación en la distribución y caracterización territorial de la cubierta vegetal constituye un medio idóneo de aproximación a la *comprensión del clima como un fenómeno cíclico de ritmo ternario*.

Dicho de forma más explícita: siendo la humedad y la temperatura los dos parámetros que determinan, de forma esencial y complementaria, respectivamente, el clima, podrán diferenciarse, siempre en función de la incidencia latitudinal, longitudinal y altitudinal sobre el tapiz vegetativo, tres grandes áreas o marcos climáticos -denunciadas habitualmente como las regiones húmedas u oceánicas (H), las secas o esteparias (S) y las cálidas o forestales (C)-, consecutivamente enlazados a través de diferentes tramos gradacionales de evolución climato-vegetativa (fig. 1).

Ese mismo enfoque permite asimismo constatar cómo la sucesión entre esas variaciones o etapas climáticas no se produce de forma aleatoria, sino que viene regida y orientada por la distribución espacial y la incidencia sobre esos marcos ambientales de las dos constantes climáticas de referencia (humedad y temperatura). Hay, por lo tanto, una dirección ordenatoria en el proceso climato-espacio-vegetativo.

Y, de todo ello, deviene la percepción del clima como fenómeno cíclico ternario, ensamblado o conectado por fases de evolución o transición intermedias: un proceso dinámico determinado por el equilibrio espacial entre la humedad y la temperatura.

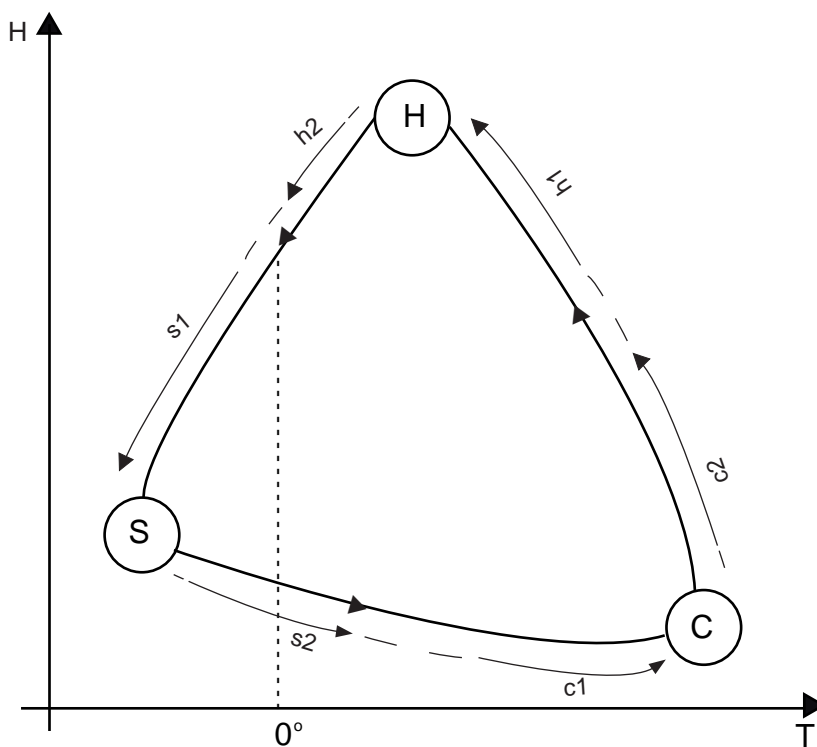


Fig. 1

Fig. 1.- Fases de la dinámica climática: **h1** (intervalo húmedo y regresivamente cálido); **H** (intervalo templado, del máximo de humedad); **h2** (intervalo húmedo y progresivamente fresco); **s1** (intervalo regresivamente húmedo y más frío); **S** (intervalo frío, del mínimo de temperatura); **s2** (intervalo regresivamente frío y más seco); **c1** (intervalo progresivamente cálido y seco); **C** (intervalo cálido, del máximo de temperatura y mínimo de humedad); **c2** (intervalo cálido y progresivamente húmedo).

Por otra parte, centrándonos ahora en el caso de los rellenos sedimentarios, se conoce sobradamente cómo la observación reiterada de los registros estratigráficos pone, eventualmente, de manifiesto:

- a) la existencia de depósitos estructurados en unidades sedimentarias diferenciadas, merced, y entre otros, a sus aportes, movimientos, traslocaciones y depósitos mecánicos, a sus formaciones pedológicas y transformaciones químicas, y a sus acciones y formaciones erosivas;

- b) la relación causal de esas unidades con la dinámica climática: la correlación directa entre clima y sedimento; es decir, que la transformación climática es la responsable esencial de la manifestaciones sedimentarias en los depósitos estratigráficos, constituyendo éstos, en consecuencia, el reflejo local de los cambios, alteraciones y movimientos de la evolución del clima; y,

- c) la sucesión rítmica de las manifestaciones sedimentarias en el tiempo, conforme a las pautas cíclicas ternarias que denuncian la dirección del proceso climato-vegetativo en el espacio, a través de los diferentes tramos de evolución, en este caso, climato-sedimentaria.

Por consiguiente, junto a la manifiesta interdependencia entre clima y sedimento, se debe ensalzar de todo este panorama la yuxtaposición y convergencia entre el proceso de evolución espacial y temporal. Por ello, el registro sedimentario traduce objetivamente la variabilidad y sucesión *diacrónica* de las diferentes etapas del ciclo climático ternario.

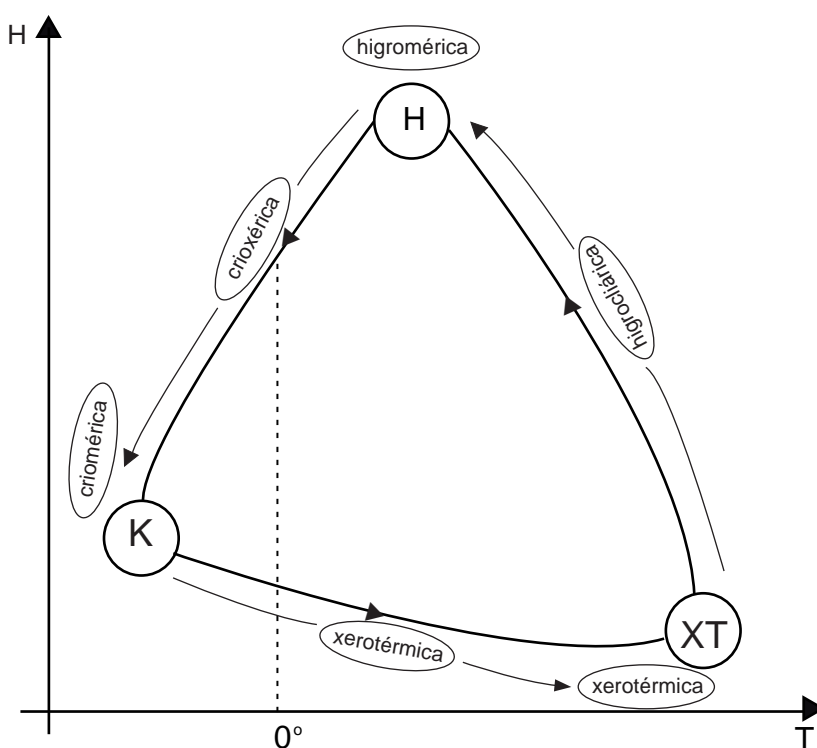


Fig. 2

Fig. 2.- Esquema evolutivo del ciclo climático ternario y de sus fases de transición. (La parte media del tramo crioxérico incluye el episodio nodal de activación de la criergía, que determina, sobre el eje de abscisas, el tramo de valores térmicos negativos (a la izquierda de 0°) y positivos (a la derecha de 0°).

Fases de evolución del ciclotema ombrotérmico.

El ciclotema ombrotérmico, como venimos de sugerir, debe de entenderse como una propuesta interpretativa de la evolución climato-sedimentaria en el tiempo conforme al concepto de ciclo climático ternario.

Se trata de una alternativa teórica orientada a facilitar una comprensión evolutiva del clima a partir de la interpretación interdependiente de los diversos fenómenos sedimentarios producidos a consecuencia de las variaciones, en el espacio y tiempo, entre la humedad y la temperatura.

G. Laplace (1977, p. 255s) definió las tres fases climáticas y los respectivos procesos de evolución transicionales entre ellas, consecutivamente, conforme a la siguiente nomenclatura (fig.2):

- fase higromérica (o húmeda) (H);
- período de *evolución crioxérica* (o fría y seca) (H – K);
- fase criomérica (o fría) (K);
- período de *evolución xerotérmica* (o seco y cálido) (K – XT);
- fase xerotérmica (o seca y cálida) (XT); y,
- período de *evolución higrocliárica* (o húmeda y templada) (XT – H).

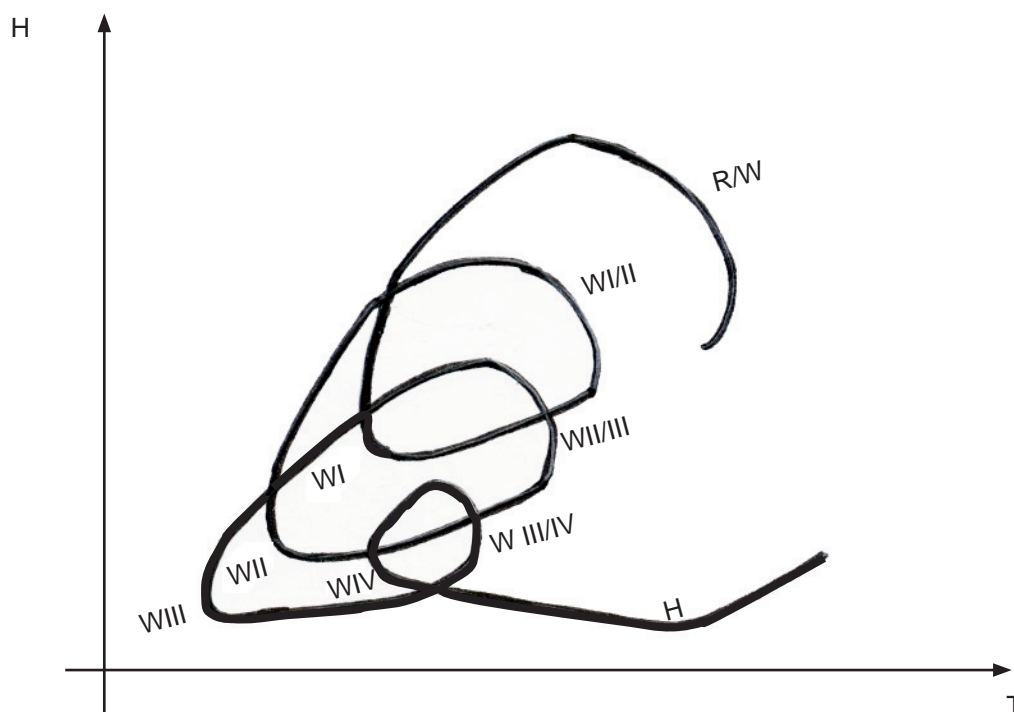


Fig. 3.- Proyección teórica del encadenamiento de los ciclos climáticos glaciales, desde el interglacial Riss/Würm (R/W), y los grandes episodios fríos (WI; WII; WIII; WIV) y templados (WI/II; WII/III; WIII/IV) de la glaciación de Würm, hasta el actual Holoceno (H).

Un marco procesual de transformación climática ilustrativo del movimiento diacrónico. Bajo esta perspectiva, el ciclo tema ombrotérmico supone un medio de definición y comprensión paleoclimática sustentado en el concepto dinámico interdependiente de ciclo climático: “*Le cyclo thème ombrothermique glaciaire se présente comme un modèle dynamique reconstituant une totalité structurée de phénomènes saisie dans leurs mouvements, les parties ne pouvant pas plus être comprises en elles-mêmes, en dehors de leur relation avec le tout, que le tout en dehors des parties qui le constituent*” (Laplace, G. 1977, p. 257).

Conforme, pues, a la noción de ciclo climato-sedimentario y a la evaluación de la composición sedimentológica de los depósitos estratigráficos se podrá acceder a una interpretación dinámica de los diversos ciclo temas que se suceden en una secuencia sedimentaria, y, por extensión, a la caracterización global de la deriva de ese movimiento climático en el tiempo (fig. 3).

Manifestaciones sedimentarias características del ciclo climático.

De forma sumaria, pudieran enunciarse como gestos particulares de las grandes fases del ciclo climático los siguientes:

- a) *en la evolución climática hacia lo frío y seco*: progresiva reafirmación de la rexiestasia, frente a la biostasia, y dominio de acciones mecánicas.

Al desarrollo de coluviones en una fase inicial, relativamente húmeda, sucederá, progresivamente, tras la superación del umbral climático de la criergia, otra fase más fría y seca, de predominio de la crioclastia, en forma de gelifración de las rocas, de movimientos de crioturbación en los suelos,...

- b) *en la evolución climática hacia lo cálido y seco*: inicio gradual de la biostasia y dominio de acciones químicas y bioquímicas.

Hay un desarrollo de los procesos diagenéticos de los sedimentos y de alteraciones pedológicas: precipitaciones de sales minerales que inducen cambios de coloración en los depósitos sedimentarios, concreciones ferruginosas por cristalización de óxidos de hierro (o rubefacciones), concreciones de manganeso, encostramientos calcáreos superficiales, hendimiento de los suelos,... Además, de forma secundaria, se generan acciones mecánicas: como ciertos fenómenos de termoclastia o el desarrollo particular, en algunos medios más saturados hidrológicamente, de turberas;

- c) *en la evolución climática hacia lo húmedo y templado*: máximo progreso de la biostasia y dominio gradual de acciones erosivas.

Junto al desarrollo de los suelos de alteración, de suelos estalagmíticos carbonatados superficiales y consolidaciones internas en brechas, y formaciones de travertinos y tobas, se producirá, conforme al progresivo incremento de la humedad, un cambio de orientación de la biostasia por la rexiestasia, así como un avance de los procesos erosivos, en forma de coluviones de pendiente y de fenómenos de ahondamiento por erosión de las terrazas fluviales.

A modo de ejemplo ilustrativo, sobre un yacimiento arqueológico, cabría, de seguido, recordar el esquema teórico interpretativo que, bajo esta relación biorrexitásica, propusimos, en su momento, con respecto al relleno pleistocénico würmiense de la cueva de Gatzarria (Zuberoa, País Vasco) (*cfr.* G. Laplace, A. Sáenz de Buruaga, 2003, p. 86-89). Una hipótesis explicativa, fundamentada en la problemática de los depósitos sedimentológicos y arqueológicos de la cavidad, y determinada por la existencia de cuatro ciclotemas sucesivos (*fig.* 4).

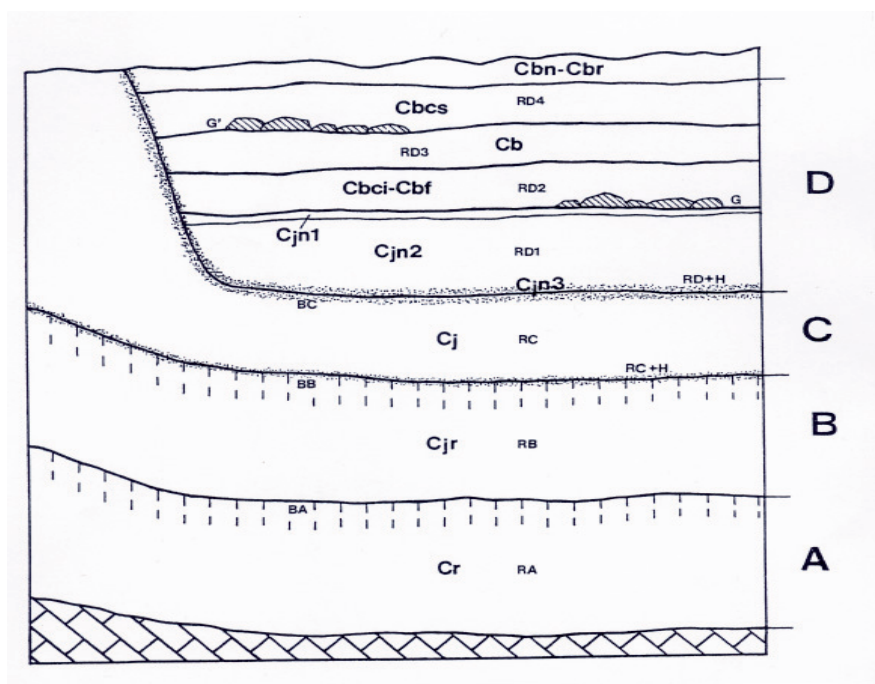


Fig. 4.- Dinámica del relleno sedimentario de Gatzarria e interpretación conforme a la hipótesis del ciclotema ombrotérmico. Se definen en el registro 4 ciclos sucesivos; de abajo a arriba: 1) **Ciclotema A:** con una fase de rexistasia (RA), a la que sigue otra de alteración pedológica (Cr), para culminar, definitivamente, con otra de biostasia (BA); 2) **Ciclotema B:** con una fase de rexistasia (RB), seguida por otra de alteración pedológica (Cjr) y, finalmente, otra de biostasia (BB); 3) **Ciclotema C:** con una primera fase de rexistasia con erosión hídrica parcial (RC+H), una segunda fase de rexistasia con aportes mecánicos masivos (RC), un episodio de alteración pedológica (Cj) y, tras ello, una terminal fase de biostasia (BC); y, 4) **Ciclotema D:** con una primera fase de rexistasia con formación de una cubeta por arroyada y vaciado erosivos (RD+H) y una segunda fase de rexistasia con diferentes movimientos en la dinámica del relleno sedimentológico y arqueológico: episodio masivo de aportes mecánicos (RD1) y formación sucesiva de los niveles arqueológicos Cjn 3, Cjn 2 y Cjn 1; episodio de aportes mecánicos crioclásticos (RD2), tras la activación de la criergia (G) y formación de la capa arqueológica Cbci-Cbf; episodio de aportes mecánicos coluviales (RD3) y formación del depósito arqueológico Cb; y, episodio de aportes mecánicos crioclásticos (RD4), coincidiendo con la activación de la criergia (G'), y formación de la capa arqueológica Cbcs. (La incidencia de los aportes antrópicos resulta determinativa en la estructuración arqueológica y caracterización sedimentaria de la secuencia ilustrativa del ciclotema D) (de G. Laplace y A. Sáenz de Buruaga, 2003, p.88).

Multilinealidad sedimentológica, Ciclotema ombrotérmico y Estratigrafía analítica.

Un depósito estratigráfico constituye un verdadero palimpsesto de gestos climáticos diacrónicos.

Las cuevas, frecuentemente, proporcionan un marco incomparable de esta complejidad: aportes mecánicos que, en un momento, se degradan y por hidrólisis de los silicatos infieren colores particulares a la matriz terrosa de base, para, posteriormente, ser embebidos por aguas cargadas de carbonatos que, eventualmente, llegan a cementar en profundidad, o brechificar, algunos de sus tramos topográficos, y, finalmente, ser estructuralmente alterados por la acción erosiva de algún flujo hídrico más o menos intenso,...

Ello manifiesta, muy ilustrativamente, el carácter dinámico y evolutivo del registro estratigráfico; su causal ritmo, regular y periódico y, compatiblemente, aleatorio; su inseparable y singular configuración, simultáneamente, vertical y horizontal, lo que conlleva una lectura del proceso temporal, no sólo desde la sucesión vertical, sino asimismo a partir de las variaciones y discontinuidades horizontales; el incontestable y consecuente carácter multilineal de la secuencia sedimentológica;... Pues, a fin de cuentas “*discontinuidades verticales y horizontales, diversidades en la composición, distribución y organización estratigráfica, no son sino manifestaciones particulares de la materia en movimiento y cambio permanente (...), las pruebas demostrativas del movimiento estratigráfico*” (Sáenz de Buruaga, A. 2006, p. 135).

De esta forma, en el concepto de depósito estratigráfico participan inherentemente las nociones de sucesión y de yuxtaposición de manifestaciones climáticas diacrónicas; de ahí que la Estratigrafía constituya un objetivo y pertinente registro, simultáneamente, vertico-horizontal de transformaciones y cambios medioambientales: “*En el tiempo hay sucesión, en el espacio yuxtaposición. De ambos fenómenos interconexiónados nace el concepto de simultaneidad. Ambos términos son interdependientes, pues para que exista un cambio, una mutación, sólo es posible si hay sucesión temporal de estados en el espacio. La noción de simultaneidad viene establecida a partir de la determinación de un sistema de referencia: que es el que asigna coordenadas espaciales y temporales (x,y,z,t) a los sucesos. La idea de simultaneidad relativa relaciona así, tanto a los propios eventos entre sí, como comparativamente con otras situaciones espacialmente diferenciadas. La realidad empírica es, por tanto, la representación relativamente simultánea de las formas espacio-temporales. Ambas coordenadas, espacio y tiempo, no podrán entenderse que interrelacionadamente, ambas en función ambas, pues separadamente carecen de significado una para con la otra. La interrelación deviene, así, en fundamento de la realidad. El conocimiento experimental es un conocimiento de relaciones: de un todo entrelazado, en oposición a un compuesto de agregados parciales*” (Sáenz de Buruaga, A. 2006, p. 137).

Convendremos, pues, que hay una necesidad básica e imperativa de *describir objetivamente* y de *definir coherentemente* las variabilidades estratigráficas.

Este entendimiento activo de la Estratigrafía resulta, en coherencia, incompatible con la perspectiva más estática, parcial, limitativa y reduccionista de ordenación secuencial diacrónica configurada por depósitos sucesivos determinados por sus correspondientes isócronas de muro y techo¹.

Es evidente que todo ese aludido cúmulo de manifestaciones sucesivas y yuxtapuestas, vertico-horizontalmente, requieren, de cara a su determinación, relación causal, comprensión e interpretación, de un medio operativo flexible de aproximación, identificación y organización. Un instrumento definitorio que priorice la deducción objetiva, a partir del análisis y significación de los componentes y caracteres sedimentológicos, frente a la inducción desde un modelo o norma identificativos. Y, consecutivamente, un sistema que habilite una lectura dinámica, integradora e integral de las diversidades estructurales, procurando, simultáneamente, el salto o paso cualitativo del “*contexto descriptivo*” al “*contexto explicativo*”.

Es en esta tesitura en donde se inscribe nuestra apuesta de la Estratigrafía analítica: un instrumento objetivo de identificación, registro e interpretación estratigráfica fundamentado, desde una lectura objetiva de los caracteres sedimentológicos y arqueológicos, en una perspectiva, procesualmente, interdependiente entre los diversos fenómenos estratigráficos. Un medio operativo en el proceso de búsqueda y significación de los patrones y mecanismos evolutivos organizadores, modeladores y determinantes de las continuidades y discontinuidades estratigráficas.

El análisis estratigráfico, como medio objetivo y dinámico de entendimiento, conlleva, operativamente, una delimitación topográfica de las estructuras o temas estratigráficos, una evaluación y significación jerárquica de sus componentes sedimentológicos y arqueológicos, una determinación de sus relaciones y vínculos con las estructuras contiguas, una ubicación precisa en el tiempo del registro y un acoplamiento coherente en la secuencia multilineal (*cfr.* A. Sáenz de Buruaga *et alii*, 1998, p. 12s). Supone, así, una definición y ordenación de variaciones morfogénicas individuales, causalmente explicativas de la morfogénesis general de la secuencia estratigráfica total².

¹ Para una profundización en la valoración crítica entre el planteamiento analógico y analítico en la Estratigrafía arqueológica: *cfr.* A. Sáenz de Buruaga, 1999.

² “*El examen minucioso de la estratigrafía arqueológica pone de manifiesto su complejidad en composición, distribución, diseño y amplitud. Formas y contenidos muy diversificados de situaciones estratigráficas que traducen la incidencia de unos procesos generales y otros más particulares en la dinámica genética de los yacimientos. Una consecuencia de su situación y ambientación espacial y de su transformación y evolución temporal.*”

El razonamiento dialéctico -motor ideológico de la Estratigrafía analítica- permite explicar esa diversidad de situaciones como manifestaciones interdependientes de una unidad de movimiento, concibiendo así a la Estratigrafía como una unidad de fenómenos singularizados e interrelacionados por principios de causalidad generales.

La Estratigrafía analítica parte del principio de la diversidad y discontinuidad vertico-horizontal del relleno sedimentario y de la relación interdependientemente causal entre esos sujetos diferenciables.

De esta suerte, por una parte, siendo las fluctuaciones climáticas uno de los agentes esenciales de causalidad de las diversidades estratigráficas en los contextos-marco, y tratándose, por otra parte, el clima de un fenómeno cíclico ternario enlazado por fases de evolución transicional, el análisis detallado de la estratigrafía, en definitiva, y su lectura, conforme a esta noción evolutiva del proceso climático, hará de la Estratigrafía analítica un instrumento racional de aproximación a la dinámica paleoclimática.

La Estratigrafía analítica resulta, por consiguiente, un sistema eficaz de aproximación al ciclo tema ombrotérmico y, por lo tanto, a un entendimiento, objetivo y racional de la dinámica y evolución paleoclimática de los depósitos sedimentarios.

Entender la transformación, la evolución, del clima desde los sedimentos demanda, inexorablemente, concebir el hecho estratigráfico como un sujeto dinámico. Y es que la Estratigrafía analítica, como sistema de interpretación, no es sino, precisamente, conocimiento (dialéctico) del movimiento estratigráfico. Así, *“comprender bajo la perspectiva analítica la complejidad estratigráfica implicará asumir la particularidad y diversidad material de los depósitos, contemplar su dinámica desde un prisma de evolución plural y explicar su singularidad como movimiento o fase evolutiva en el proceso de transformación histórica. Y ello facilitará, por coherencia, la comprensión e interpretación desde similar entendimiento dinámico de los fenómenos y situaciones en ellos contenidos”* (Sáenz de Buruaga, A. 2003, p. 103).

Ciclo tema ombrotérmico y Estratigrafía analítica resultan, pues, conceptos concurrentes, mutuamente, en el proceso de aproximación e interpretación, dinámicas y evolutivas, del fenómeno climático.

El análisis estructural, como instrumento operativo de trabajo, individualiza las situaciones estratigráficas, a través de la identificación y de la ordenación jerárquica de sus componentes, determina sus relaciones con otras situaciones estratigráficas en función de sus homogeneidades y diferencias, de donde infiere su aparente diversidad causal, y, finalmente, singulariza su ubicación espacio-temporal en la secuencia plurilineal. Constituye, pues, el medio práctico de expresión organizada y dinámica de la dialéctica en la Estratigrafía. Una forma rigurosa de ordenar, definir y reconocer el proceso estratigráfico conforme a la lógica explicativa dialéctica” (Sáenz de Buruaga, A. 2003, p. 102-103).

Bibliografía.

LAPLACE, G. 1973. «Le cyclothème ombrothermique». *Dialektikê*. Cahiers de Typologie Analytique. Centre de Palethnologie stratigraphique Eruri, 1973, p. 21-31.

LAPLACE, G. 1977. «Application de la phytocinétique biogéographique de Paul Rey à la géologie dynamique du Quaternaire». *Bulletin de l'Association française pour l'Étude du Quaternaire*, 47, p. 251-257.

LAPLACE, G., SÁENZ DE BURUAGA, A. 2003. «Typologie analytique et structurale des complexes du Moustérien de la Grotte Gatzarria (Ossas-Suhare, Pays Basque) et de leurs relations avec ceux de l'Abri Olha 2 (Cambo, Pays Basque)». *Pyrenae*, 33-34, 2002-2003, p. 81-163.

SÁENZ DE BURUAGA, A. 1999. «Sobre Estratigrafía analógica y Estratigrafía analítica». *Krei*, 4, 1999, p. 73-88.

SÁENZ DE BURUAGA, A. 2003. «Bases teóricas para un sistema *constructivo* lógico de estudio e interpretación de los complejos arqueológicos prehistóricos». *Krei*, 7, 2003, p. 79-110.

SÁENZ DE BURUAGA, A. 2006. «Estratigrafía Analítica: una profundización de la sistemática laplaciana en el movimiento estratigráfico». *Dialektikê*. Cahiers de Typologie Analytique. *Hommage à Georges Laplace*. Servei d'Investigacions Arqueològiques i Prehistòriques, Castelló de la Plana, 2006, p. 126-139.

SÁENZ DE BURUAGA, A., AGUIRRE, M., GRIMA, C., LÓPEZ QUINTANA, J. C., ORMAZABAL, A., PASTOR, B. 1998. «Método y práctica de la Estratigrafía Analítica». *Krei*, 3, 1998, p. 7-41.