

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/278963137>

# Estratigrafía, GSSP y Tiempo

Article · January 2005

CITATIONS  
0

READS  
56

1 author:



**Alberto C Riccardi**  
Universidad Nacional de La Plata  
378 PUBLICATIONS 3,190 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



The Jurassic/Cretaceous System Boundary Working Group: the Berrisian Working Group of ICS's International Subcommission on the Cretaceous System. [View project](#)



Biostratigraphy of the marine Cretaceous [View project](#)





## ESTRATIGRAFÍA, GSSP Y TIEMPO

Alberto C. Riccardi

CONICET - Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Paseo del Bosque s/n, 1900 La Plata

Palabras clave: Estratigrafía, Cronoestratigrafía, Geocronología, GSSP

### ESTRATIGRAFÍA Y TIEMPO: ANTECEDENTES

La historia de la Tierra se halla documentada en las rocas y para reconstruirla es necesario establecer las relaciones temporales de los cuerpos en los que ellas se pueden diferenciar. Ese es el objetivo final de la Estratigrafía. Dejando de lado limitaciones etimológicas y definiciones restrictivas se puede considerar que todos los cuerpos de rocas que se reconocen en la corteza terrestre guardan relaciones temporales entre sí, de forma tal que todos ellos son susceptibles de estudio por la Estratigrafía.

Ni bien Nicolás Stenno enunció el Principio de Superposición, fue evidente que una sucesión de rocas resulta equivalente a un intervalo temporal, dado que ese principio transforma una descripción localizada estática, en términos de altura, en una descripción dinámica interpretativa, en términos de tiempo relativo.

Se debe a W. Smith y G. Cuvier el haber descubierto que las rocas pueden ser correlacionadas y clasificadas temporalmente usando sus contenidos fósiles. Así, el Principio de Sucesión Orgánica llevó a usar agregados específicos de fósiles para delinear unidades de rocas con significación temporal. Cada unidad fue reconocida inicialmente en un área determinada, en la cual se estableció su posición relativa dentro de una sucesión de unidades del mismo tipo, y el nombre de esa área fue usado para denominar a la unidad en cuestión.

De esa forma se originaron la mayor parte de los Sistemas aceptados en la actualidad. La escala estratigráfica resultante tuvo por ello una clara significación temporal. Adicionalmente, también sobre la base de los fósiles, los Sistemas fueron divididos por A. d'Orbigny en unidades menores, los Pisos. Los Pisos, a su vez, fueron divididos por A. d'Orbigny y por A. Opperl en unidades aun menores, las Zonas, sobre la base del rango estratigráfico de determinados fósiles (Berry, 1968).

Así, para 1879 las principales divisiones de la Escala Estratigráfica ya estaban establecidas y todos los Sistemas aceptados en la actualidad habían sido reconocidos sobre la base de sus fósiles. Estas evidencias sugerían, especialmente a partir de las contribuciones de J. Hutton y de Ch. Lyell y desde la publicación del Origen de las Especies por Ch. Darwin, que la Escala Estratigráfica representaba un extenso intervalo de tiempo.

No obstante, sucesivos intentos para estimar numéricamente ese intervalo sobre la base de criterios geológicos, astronómicos y geofísicos habían resultado en una amplia variedad de valores (véase Callomon, 1984). Más aun, los cálculos realizados en la década de 1860 por William Thomson (más conocido como Lord Kelvin) estipulaban que solamente 98 millones de años habían transcurrido desde la solidificación de la corteza terrestre.

Veinte años debieron pasar hasta que Becquerel descubriera la radioactividad y que, como consecuencia, los valores numéricos comenzaran a concordar con el conocimiento geológico fáctico.

### ESTRATIGRAFÍA Y CLASIFICACION

Los primeros intentos para fijar estándares internacionales en estratigrafía tuvieron lugar en 1878 en París, durante el 1er Congreso Geológico Internacional, realizado con el objetivo de establecer normas de nomenclatura geológica. Como resultado nació la Comisión para la Unificación de la Nomenclatura Geológica (Commission for Unification of Geological Nomenclature), hecho que puede ser con-





siderado como el comienzo de las actividades de la actual Subcomisión Internacional de Clasificación Estratigráfica (International Subcommission on Stratigraphic Classification, ISSC). El trabajo de esta Comisión continuó en Bologna en 1882, durante el 2º Congreso Geológico Internacional, y para 1900, en el 8º Congreso Geológico Internacional realizado en París, ya existía un conjunto de términos estratigráficos con los correspondientes términos cronológicos, conjunto que ha mantenido su vigencia hasta la actualidad. Las actividades de esta Comisión fueron complementadas en 1910 en Estocolmo, durante el 11º Congreso Geológico Internacional, cuando se creó la Comisión del Léxico Estratigráfico (Commission on a Lexicon of Stratigraphy). Recién en 1952 en Argelia, durante el 19º Congreso Geológico Internacional, se creó la Comisión Internacional de Estratigrafía (International Commission on Stratigraphy, ICS), en la cual se incluyeron las dos comisiones existentes hasta ese momento. En 1961 se creó la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (International Union of Geological Sciences, IUGS), y en 1965 se incorporó a ella la ICS. Desde ese entonces el número de Subcomisiones de la ICS se ha incrementado a 16, las que se ocupan de todos los Sistemas Geológicos.

A partir del 19º Congreso Geológico Internacional, con el liderazgo de Hollis D. Hedberg, la ISSC comenzó a explorar principios y definiciones estratigráficas a nivel mundial con el objetivo de determinar, hasta que punto se podía llegar a un acuerdo general sobre tales principios y definiciones. Todo este trabajo culminó en una serie de informes, que fueron dados a conocer en 1960, 1964, y 1971, en ocasión de los Congresos Geológicos Internacionales 21º, 22º, y 24º. Finalmente en 1976 se publicó la primera edición de la Guía Estratigráfica Internacional (International Stratigraphic Guide, ISG), en la cual se aceptaron 3 clases de unidades estratigráficas: Lito- Bio- y Cronoestratigráficas, y una clase de unidades no-estratigráficas: Geocronológicas.

Después de 100 años de trabajo parecía que el objetivo original había sido alcanzado, i.e. una clasificación de uso global. Solamente quedaba por delante lograr una mayor precisión en la terminología y realizar las adaptaciones que fueran requeridas por la introducción de nuevas metodologías estratigráficas.

#### CRONOESTRATIGRAFÍA, GEOCRONOLOGÍA Y GSSP

Según la ISG (Hedberg, 1976; Salvador, 1994; Murphy y Salvador, 1999), la Cronoestratigrafía comprende la parte de la estratigrafía que se ocupa de las edades y relaciones temporales relativas de los cuerpos de rocas. La Geocronología a su vez se ocupa de datar y determinar la secuencia temporal de los eventos de la historia de la Tierra.

Tal como lo estableciera Hedberg (1954; 1976; Salvador, 1994) las unidades cronoestratigráficas son unidades materiales, cada una de las cuales comprende todas las rocas formadas en un intervalo de tiempo, definido por el comienzo y la finalización de la deposición, u otro modo de origen, de las rocas contenidas en la sección tipo o en el tipo designado de la unidad. La extensión geográfica de una unidad cronoestratigráfica se establece mediante rasgos objetivos, con significación temporal relativa o absoluta.

De acuerdo con la ISG (Salvador, 1994) los Pisos son reconocidos por Estratotipos de Unidades, y definidos por Estratotipos de Límites. Esta noción responde al hecho de que los medios de correlación no son lo suficientemente precisos como para tener la seguridad de que no existen hiatos o contemporaneidad parcial entre estratotipos geográficamente distantes de unidades cronoestratigráficas sucesivas. Consecuentemente se ha considerado más apropiado definir las unidades cronoestratigráficas mediante la selección del estratotipo de límite inferior, de forma tal que el límite superior resulte definido por el límite inferior de la unidad suprayacente. El concepto de Estratotipo de Límite se corresponde con el de "Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP)" (Cowie et al., 1986; Remane et al., 1996), también conocido como "golden spike", al que se consideró como una señal temporal única para la escala estratigráfica del tiempo. Debido a que el Proterozoico carece de fósiles adecuados, allí los estratotipos de límites fueron llamados "Global Standard Stratigraphic Ages (GSSA)" y definidos en términos de edades en millones de años, o sea que se introdujo una denominación abstracta para un concepto abstracto no-geológico.

Cabe remarcar que si bien una unidad cronoestratigráfica es reconocida por su contenido, es definida por las superficies isócronas que la limitan, razón por la cual, a nivel universal constituyen entidades de carácter subjetivo o imaginario, aunque están representadas por la totalidad de las rocas que teóricamente las componen.





Sobre la base de las unidades cronoestratigráficas así definidas se establece una escala cronoestratigráfica estándar en la cual las diferentes unidades se disponen en contigüidad, sin hiatos ni superposiciones. Aquí es necesario señalar que una clasificación sistemática de este tipo no es un mero armazón de casilleros ("pigeonholes"), ni una mera asignación de lugar y nombre, sino que es el resultado de una operación por la cual se relacionan conceptos y sus referentes para obtener una conexión o un tipo de sistema (Bunge, 1969).

Mientras la ISSC trabajaba en los conceptos y principios de la clasificación estratigráfica que se incluirían en la ISG, las subcomisiones de la ICS, focalizadas en los diferentes Sistemas Geológicos, tuvieron como objetivo de trabajo la estandarización de los Estratotipos de Límites, el primero de los cuales fue fijado en 1972 para definir el Piso basal, Lochkoviano, del Devónico, en Klonk, República Checa. Desde entonces se han definido y ratificado 43 GSSP, y otros 40 se hallan en estado avanzado de estudio (Ogg, 2004), todo lo cual ha resultado en sucesivas modificaciones de la Escala Estratigráfica Internacional.

Paralelamente la estructura conceptual de la ICS parece haber ido cambiando, tal como se muestra en sus objetivos actuales, el primero de los cuales es establecer una Escala del Tiempo Geológico, y el último definir los principios y procedimientos de la clasificación estratigráfica. Concordantemente las definiciones que se han introducido para los GSSP muestran, con respecto a la ISG, diferencias conceptuales con respecto a las relaciones de los cuerpos de rocas y el tiempo. La alternativa planteada, entre enfatizar el tiempo o las rocas, probablemente se relacione con la percepción que se tenga acerca de cuál es el objetivo último de la Estratigrafía. Así, para la ISG el objetivo final se expresa en la Escala Estándar Cronoestratigráfica Global, mientras que para el Comité Ejecutivo de la ICS parece ser la Escala del Tiempo. El problema podría ser considerado semántico, pero parece ser conceptual y por ello merece ser analizado en detalle.

Estas diferencias están claramente expuestas en las Escalas Estratigráficas publicadas por la ICS. Así, en la Cartas Estratigráficas publicadas por Cowie y Bassett (1989) y por (Remane et al., 2000), los datos numéricos son secundarios con respecto a la definición de GSSP. Pero esta aproximación evolucionó para el 2004 en una presentación diferente. Así, la Escala Estratigráfica, publicada por Ogg (2004) en un trabajo titulado "Status of Divisions of the International Geologic Time Scale", incluyó edades numéricas para todos los pisos, con o sin definición de GSSP, edades que son idénticas a las incluidas en la Escala del Tiempo Geológico publicada al mismo tiempo por Gradstein y Ogg (2004). De esta manera la Escala del Tiempo Geológico aparece como el ítem más importante, del cual se toman los valores numéricos que son introducidos, para todos los pisos, en la Escala Estratigráfica.

Lo expuesto se refleja también en varios trabajos publicados recientemente (véase Walsh, 2001; Zalasiewicz et al., 2004), donde parece que el último *desideratum* es definir una Escala del Tiempo Geológico, pues para conceptualizar una unidad cronoestratigráfica primero se debería definir la correspondiente unidad geocronológica (Walsh, 2001), o que, aunque el procedimiento sea inverso, igualmente la Cronoestratigrafía consistiría en establecer el "geochronological time framework" por lo que se podría eliminar la distinción entre Cronoestratigrafía y Geocronología (Zalasiewicz et al., 2004). También se ha sostenido que los GSSP definen unidades geocronológicas que sirven como "pigeonholes" clasificatorios prácticos para subdividir el tiempo geológico y que, como consecuencia, el factor principal para su definición es su correlatividad (Walsh et al., 2004). Se ha interpretado por otra parte, que en la Cronoestratigrafía se han incluido, por un lado los métodos de determinación de edades y, por otro, la clasificación en edades (Walsh, 2001, p. 704), que conceptualmente, la separación entre evidencia e inferencia es innecesaria y que los geólogos no conocen la distinción entre cronoestratigrafía y geocronología. También se ha considerado que el uso de una terminología dual Inferior/Temprano-Superior/Tardío resulta difícil para muchos geólogos que no son angloparlantes nativos. Sobre tal base se propone la retención exclusiva de Temprano y Tardío, con lo cual se potencia la tendencia a privilegiar los aspectos temporales (y numéricos) en detrimento de las evidencias fácticas que necesariamente deben sustentarlos.

#### CRONOESTRATIGRAFÍA VS. GEOCRONOLOGÍA

Rechazar la distinción entre Cronoestratigrafía y Geocronología argumentando que hay geólogos que no la comprenden o que dificulta la comprensión por parte del público lego constituye una argumentación ajena al ámbito científico. Si estos criterios se aplicasen a todos los campos del conocimiento, poco quedaría del avance intelectual de la humanidad.





Igualmente erróneo es considerar que la distinción apuntada no es válida debido a que hay eventos geológicos, e.g. magmáticos, metamórficos, etc., que pueden abarcar lapsos más prolongados que los que representan las unidades cronoestratigráficas (Zalasiewicz et al., 2004). Resulta evidente que los eventos geológicos tienen variadas duraciones y que son precisamente esas diferencias las que fundamentan la distinción y definición de unidades cronoestratigráficas sobre la base de algunos eventos claves seleccionados. Entendiendo por eventos claves a aquellos que dan diferentes resultados cuando acontecen en un mismo lugar en diferentes momentos, y dan iguales o similares resultados cuando acontecen en diferentes lugares en un mismo momento (Harrington, 1965). Por otra parte resulta obvio, por un lado que las rocas más comunes son usualmente las sedimentarias y, por otro, que los eventos claves usualmente utilizados son los biológicos y radiactivos. Sobre tal base se establece la datación relativa o absoluta de las unidades cronoestratigráficas, dentro de una escala estándar a la que luego se pueden referir todos los demás eventos geológicos. En este contexto resulta irrelevante que en una unidad cronoestratigráfica haya minerales (o fósiles) que, por su edad, resulten derivados de unidades más viejas (Zalasiewicz et al., 2004, p. 3), o que la cristalización de minerales en un plutón emplazado en un momento determinado, e.g. Silúrico, haya tomado un lapso mayor, i.e. Silúrico-Devónico, puesto que lo que realmente interesa desde el punto de vista de la Cronoestratigrafía, es la relación estratigráfica y temporal existente entre las unidades involucradas y no los tiempos de cristalización o edades de los minerales que las componen. Es precisamente esta diferencia, entre las relaciones temporales de los cuerpos de rocas y de los eventos litogenéticos que ellas representan, por un lado, y el hecho de que sea posible datar, e.g. isotópicamente, otros componentes y eventos geológicos, la que fundamenta, no la unificación de la Cronoestratigrafía y la Geocronología, sino su distinción conceptual y formal.

Igualmente irrelevante es el argumento de que los geólogos que trabajan en geología isotópica y en dataciones radiométricas se consideran geocronólogos que trabajan en Geocronología y que el término Geocronología no refleja este hecho. Porque Geocronología, tal como ha sido definida en la ISG es la ciencia de datar y determinar la secuencia temporal de los eventos de la historia de la Tierra (Salvador, 1994, p. 120) y como tal abarca la escala del tiempo y por extensión a los valores numéricos que la conforman, careciendo de significación argumental que quienes los producen sean llamados geocronólogos.

También es discutible la afirmación de que el razonamiento, según el cual las rocas preceden la idea de tiempo, constituye una falacia lógica (Walsh, 2001, p. 706), argumentando que aunque "probablemente sea correcto que la existencia de rocas o estratos en general es necesaria para que los humanos tengan un concepto de tiempo geológico ... las rocas o estratos no constituyen unidades cronoestratigráficas particulares (e.g. Sistema Silúrico)", sino que el Sistema Silúrico es un conjunto particular de rocas formado durante el lapso definido por los humanos como Período Silúrico. En tal sentido debe remarcarse que Silúrico es un nombre dado a un individuo particular concreto (rocas), definido por Murchinson en 1835 sobre la base de un agregado de fósiles y ubicado, sobre la base de sus relaciones con otros conjuntos de similar naturaleza, en un contexto temporal relativo, que fue luego reconocido a través del mundo y denominado Sistema Silúrico. El intervalo de tiempo atribuido al Sistema Silúrico, así definido, constituye el Período Silúrico. Por ello no es probable sino cierto y un hecho histórico, que la existencia de rocas y su contenido es necesaria para que los humanos puedan tener un concepto del tiempo geológico. Es obvio, que cuando sobre la base de una definición original, basada en un conjunto concreto de rocas -estratotipo-, aplicamos el concepto de unidad cronoestratigráfica limitada por horizontes isócronos al ámbito global, estamos ante una construcción conceptual. Sin embargo, en cada región del globo reconocemos la existencia de esa unidad cronoestratigráfica sobre la base de componentes concretos con significación temporal y de las relaciones que allí guarda con otras unidades, al margen de que se puedan definir o no los horizontes isócronos que conceptualmente la limitan. De esta forma el Sistema Silúrico ha sido reconocido globalmente.

No es aceptable en consecuencia la propuesta de que los GSSP definen unidades geocronológicas que sirven como "pigeonholes" clasificatorios prácticos para dividir el tiempo geológico y para ubicar rocas en ellos, sobre la base de su supuesta correlatividad (Walsh et al. 2004). Esta propuesta implica fijar de una vez y para siempre un escala del tiempo geológico que, en última instancia resulta arbitraria.





especialmente considerando que simultáneamente se reconoce, que el conocimiento de los elementos concretos usados para definir GSSP puede modificarse con el tiempo y que la correlatividad tiene límites en su aplicabilidad.

### DEFINICION Y CORRELACION DE GSSP

Lo expuesto lleva a evaluar cómo se definen los GSSP, especialmente en relación al objetivo central de los mismos, que sean correlacionables globalmente. Aquí resulta importante remarcar que por correlación geológica se entiende el establecer las relaciones temporales entre eventos, representados por cuerpos de rocas, que acontecieron en el pasado geológico. En este contexto debe remarcarse que no es posible correlacionar eventos con el tiempo. Los eventos solamente se hallan en relación temporal uno con respecto a otro (Harrington, 1965).

De hecho los GSSP son definidos sobre la base de la mayor cantidad posible de características materiales, tomadas como evidencias de eventos geológicos claves. Lógicamente las características materiales a las que se hace referencia son aquellas necesariamente comprendidas en las usadas para reconocer la unidad cuyo límite inferior se trata de establecer. A partir de estos GSSP un límite cronoestratigráfico se fija en otras localidades, tomando en cuenta todas las características en ellas disponibles, con el fin de correlacionar los eventos que documentan con los eventos claves que sirvieron de base a la definición del GSSP.

### METODOS DE CORRELACION

Para datar y correlacionar unidades cronoestratigráficas se usan diferentes métodos. Estos métodos pueden diferenciarse en primarios y secundarios, o equivocados o inequívocos (Odin et al., 2004). Así la bioestratigrafía y la radimetría son inequívocas debido a que sus características son únicas para cada momento. La magnetoestratigrafía, la quimioestratigrafía y la orbitoestratigrafía son equivocadas debido a que en ellas las mismas características se pueden repetir en el tiempo.

#### METODOS PRIMARIOS BIOESTRATIGRAFÍA

Tal como ya se explicó, desde un punto de vista histórico todos los Sistemas y Pisos fueron definidos sobre la base de su contenido fósil. Debido a ese contenido los Sistemas y Pisos son unidades interpretativas y pueden ser reconocidos a través del mundo. La Bioestratigrafía permite sin embargo la división de Pisos en Zonas, Subzonas y Horizontes Faunísticos, con lo cual se logra un alto poder de resolución temporal. Así cuando se estima radimétricamente a unidades bioestratigráficas basadas en amonites, un horizonte, para rocas con una antigüedad de 150 millones de años, tiene una resolución temporal de aproximadamente 150.000 años (Callomon, 1995). Por ello hay quienes consideran que las biozonas –donde se pueden diferenciar–, por ser las unidades más pequeñas definibles tipológicamente en el campo, deberían constituir, en tanto consideradas como unidades con significación temporal, i.e. cronozonas, las unidades básicas de la cronoestratigrafía, en lugar de los Pisos.

Los fósiles sin embargo, pueden faltar o están usualmente restringidos a áreas geográficas determinadas. Consecuentemente las zonaciones en general se hallan limitadas geográficamente, con lo cual la correlación entre conjuntos de unidades bioestratigráficas y los correspondientes estándares (primarios y secundarios), de diferentes regiones es aproximada, tal como se observa para las zonaciones de amonites del Jurásico medio de las Provincias Submediterránea, Subboreal y Boreal (Callomon, 2003, fig. 3) y del Jurásico y Cretácico de Europa y de la Argentina (Riccardi et al., 2000, Tab. 1). Ello se refleja necesariamente en la correlación de los límites de Pisos.

#### RADIMETRÍA

La radimetría es otro método primario (o inequívoco) para hacer correlaciones. Aunque debe remarcarse que, si hay fósiles presentes, su significación estratigráfica es usualmente subordinada o complementaria de la de la bioestratigrafía.





Se han efectuado muchos intentos de datar radimétricamente la escala estratigráfica estándar y casi todos los años se presentan revisiones (véase Mennig, 1989). Estas dataciones difieren entre ellas por varias razones, pero fundamentalmente debido a imprecisiones residuales de las determinaciones individuales de edades y al hecho de que no existe todavía en el registro geológico un número suficiente de puntos o niveles precisos con anclajes temporales directos. Adicionalmente, la resolución de las dataciones disminuye con el incremento en edad. Por otra parte, las escalas o tablas geocronológicas incluyen valores numéricos cuya confiabilidad y errores son difíciles de evaluar, debido a que, en muchos casos, constituyen una síntesis, no siempre explicitada, de una gran cantidad de datos. Así la base del Caloviano ha sido recientemente ubicada en la Escala Estratigráfica Internacional en  $164.7 \pm 4$  Ma (Ogg, 2004), pese a que el mejor valor directo medido (U-Pb) hasta la fecha a nivel mundial, proveniente de la localidad de Chacay Melehue, Argentina, es de  $160.5 \pm 0.2$  Ma (Odín et al., 1992; Riccardi, 2005).

#### MÉTODOS SECUNDARIOS MAGNETOESTRATIGRAFÍA

Los cambios en la dirección de la magnetización remanente de las rocas, debida a inversiones en la polaridad del campo magnético de la Tierra, resultan útiles para la correlación estratigráfica, fundamentalmente debido a que, potencialmente, pueden ser reconocidos globalmente. El problema que presentan es que tienen una mínima individualidad relativa y a que usualmente se identifican sobre la base de evidencias complementarias (e.g. bioestratigráficas, radimétricas). Por otra parte, debido al hecho que las inversiones de polaridad son similares entre sí, y a la limitación temporal de la Escala de Polaridad Magnética, las inversiones de polaridad, especialmente para tiempos anteriores al Jurásico medio, deben ser relacionadas con otros elementos estratigráficos que puedan proveer un control cronoestratigráfico que sirva de base. De la calidad de estos elementos dependerá la precisión de las relaciones que se establezcan.

Así la Escala Temporal de Polaridad Magnética (ETPM) para el Jurásico inferior ha sido compilada a partir de varias secciones estratigráficas, mayormente de Europa, las que muestran variaciones con respecto a la precisión de los límites temporales debido a las diferencias en la calidad de los registros bioestratigráficos (véase Iglesia Llanos y Riccardi, 2000). Esta situación se hace evidente en la comparación de la ETPM con la Sección Compuesta de América del Sur.

#### QUIMIOESTRATIGRAFÍA

El estudio de las modificaciones de las relaciones isotópicas oceánicas de C, O, S y Sr, etc. en rocas marinas, constituye otra herramienta importante para establecer correlaciones regionales y globales. Sin embargo, la mayoría de ellas generalmente debe ser identificadas sobre la base de evidencias complementarias (e.g. bioestratigráficas, véase Valencio et al., 2005).

Una de las relaciones con mayor potencial corresponde al  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ , que cambia sistemáticamente a través del tiempo geológico (Hedberg, 1954; Jones y Jenkyns, 1994, 2001). Sin embargo, aquí también la mayor parte de los datos han sido calibrados con respecto a información bioestratigráfica, y los valores individuales muestran importantes variaciones con respecto a la tendencia central inferida.

#### ORBITOESTRATIGRAFÍA

Las identificación y caracterización de variaciones cíclicas, originadas en la mecánica orbital de la Tierra y documentadas en las sucesiones sedimentarias, también se han constituido en una herramienta importante para efectuar correlaciones estratigráficas (Hilgen et al., 2002). Esta metodología ha dado lugar a lo que se ha denominado Cicloestratigrafía, aunque también se han sugerido denominaciones tales como Astroestratigrafía u Orbitoestratigrafía (Fisher, 2001).

No obstante, este método solamente puede ser usado, si se asume que las constantes actuales no se han modificado a través del tiempo, para efectuar correlaciones temporales a partir del Presente y extenderse hasta aproximadamente 20 Ma, usando otras herramientas (magnetoestratigrafía, bioestratigrafía) como elementos suplementarios de calibración. Para registros más antiguos existe falta de precisión temporal de las variaciones en la precesión, oblicuidad y excentricidad, de forma tal que las relaciones de fases resultan impredecibles. Por ello las variaciones orbitales son derivadas del





registro en forma temporalmente fragmentaria, y solamente pueden ser relacionadas con la geocronología mediante el anclaje que proveen otras herramientas, i.e. bioestratigrafía, magnetoestratigrafía u otras señales temporales que hayan sido relacionadas en un esquema cronológico mediante interpolaciones radimétricas (Fisher, 2001).

## DISCUSION

De lo expuesto resulta claro que pese a que hay diferentes métodos de correlación, los mismos muestran limitaciones geográficas, estratigráficas y técnicas. Como consecuencia sigue pendiente el problema de demostrar que los GSSP, así definidos, son realmente correlacionables a nivel global. Esta prueba no parece superable, en principio, por GSSP definidos numéricamente mediante interpolaciones y técnicas estadísticas.

Como las unidades cronoestratigráficas se definen por los planos temporales que las limitan en una localidad determinada, pero se reconocen en otras regiones por las características que les son propias y se hallan entre tales planos. Así en general los planos temporales no pueden ser reconocidos con exactitud fuera de la sección donde han sido definidos y la mayor parte de las correlaciones estratigráficas temporales resultan aproximadas. Consecuentemente en la práctica, un estratígrafo no se preocupa mayormente por la ubicación precisa de los límites que definen la unidad en su estratotipo. Básicamente, reconoce la unidad cronoestratigráfica en una localidad y la ubica en un cuadro estratigráfico al que asigna, independientemente, los últimos valores numéricos de edades disponibles. Para las relaciones que a un geólogo le interesa establecer, entre los procesos que dieron lugar a los rasgos geológicos que observa, resulta evidente que más que fijar edades interesa determinar diferencias temporales mínimas, o sea distinguir momentos temporalmente muy próximos entre sí (Callomon, 1995).

Esta tendencia a enfatizar aspectos temporales absolutos, dentro de una cronología o escala temporal vinculada al Presente, probablemente se deriva de una preocupación humana por visualizar fenómenos geológicos en términos del Tiempo físico, esto es del sistema imaginario de partición del mundo tetradimensional que usamos los humanos y que proyectamos hacia el Pasado y Futuro (cf. Harrington, 1965). En una cosmovisión de este tipo el ideal es anclar toda la cronología geológica en el Presente. De allí la importancia que se ha dado en el Cenozoico a la Orbitoestratigrafía y la magnetoestratigrafía y el primitivismo atribuido a la estratigrafía del pre-Cenozoico por algunos estratígrafos del Cenozoico (Aubry et al., 1999).

En cualquier circunstancia la correlación de los GSSP parece estar limitada por las diferencias en el conocimiento estratigráfico a escala global, tal como se infiere de la actual concentración de GSSP en Europa y en la región del Mediterráneo. Pues ello es, evidentemente, una consecuencia del conocimiento geológico actual y no puede ser tomada como representativa de la distribución real de las mejores secciones continuas a nivel global. Como consecuencia se plantea la posibilidad cierta de que se quiera introducir cambios, tanto en la designación de GSSP como en la nomenclatura estratigráfica, con lo que se afectaría la estabilidad y la universalidad de las unidades cronoestratigráficas (Holland et al. 2003), aunque la posibilidad de reconocer secciones auxiliares (véase Odin et al., 2004) puede constituir una solución válida.

Finalmente debe señalarse que las definiciones no tienen significación en la ciencia, son solamente símbolos o etiquetas introducidos para abreviar una explicación. Lo importante no es descubrir lo que una cosa es o definir su verdadera naturaleza, sino describir cómo las cosas se comportan en diferentes circunstancias y si hay regularidades en su comportamiento (Popper, 1971). Tal vez sea necesario comprender que más importante que definir que es un estrato tipo de límite (GSSP) o de unidad, es establecer cómo pueden ser usados para mejorar la correlación global y el conocimiento geológico general y que en la Geología es más importante comprender relaciones que eventos.

## REFERENCIAS

- Aubry, M.-P., Berggren, W.A., Van Couvering, J.A. y Steininger, F., 1999. Problems in chronostratigraphy: stages, series, unit and boundary stratotypes, global stratotype section and point and tarnished golden spikes. *Earth-Science Reviews* 46: 99-148.
- Berry, W.B., 1968. *Growth of a Prehistoric Time Scale*. W.H. Freeman and Company. 158 pp.
- Bunge, M., 1969. *La Investigación Científica*. Ediciones Ariel. 934 pp.





- Callomon, J.H., 1984. The Measurement of Geological Time. *Proceedings of the Royal Institution of Great Britain* 56: 65-99.
- Callomon, J.H., 1995. Time from fossils: S.S. Buckman and Jurassic high-resolution geochronology. En: LeBas, M. (ed.): *Milestones in Geology*. Geological Society, London, Memoir 16: 125-150.
- Callomon, J.H., 2003. The Middle Jurassic of western and northern Europe: its subdivisions, geochronology and correlations. *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin* 1: 61-73.
- Cowie, J.W., Ziegler, W., Boucot, A.J., Bassett, M.G. y Remane, J., 1986. Guidelines and Statutes of the International Commission on Stratigraphy. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg* 83: 1-14.
- Cowie, J.W. y Bassett, M.G., 1989. International Union of Geological Sciences 1989 Global Stratigraphic Chart with geochronometric and magnetostratigraphic calibration, Supplement. *Episodes* 12(2), suppl.
- Fisher, A.G., 2001. Cyclostratigraphy, General Comments. International Subcommittee on Stratigraphic Classification, Circular 99: 3-5.
- Gradstein, F.M. y Ogg, J.G., 2004. Geologic Time Scale 2004 – why, how and where next! *Lethaia* 37: 175-181.
- Harrington, H.J., 1965. Space, things, time and events – an essay on stratigraphy. *American Association Petroleum Geologists, Bulletin* 49: 1601-1646.
- Hedberg, H.D., 1954. Procedure and terminology in stratigraphic classification. 19<sup>th</sup> International Geological Congress (Algiers, 1952), 13: 205-233.
- Hedberg, H.D. (ed.), 1976. *International Stratigraphic Guide*. First Edition. John Wiley & Sons, Inc. 200 pp.
- Hilgen, F., Schwarzacher, W. y Strasser, A., 2002. Concept and definitions in Cyclostratigraphy (Second Report of the Cyclostratigraphy Working Group). International Subcommittee on Stratigraphic Classification Circular 100, Appendix C, pp. 1-6.
- Holland, C.H., Bassett, M.G. y Rickards, R.B., 2003. Stability in stratigraphy. *Lethaia* 36: 69-70.
- Iglesia Llanos, M.P. y Riccardi, A.C., 2000. The Neuquén Composite Section: Magnetostratigraphy and Biostratigraphy of the marine Lower Jurassic from the Neuquén Basin (Argentina). *Earth and Planetary Science Letters*, 181(3): 443-457.
- Jones, Ch. y Jenkyns, H.C., 2001. Seawater Strontium isotopes, oceanic anoxic events, and seafloor hydrothermal activity in the Jurassic and Cretaceous. *American Journal of Science* 301: 112-149.
- Jones, Ch.E., Jenkyns, H.C. y Hesselbo, S.P., 1994. Strontium isotopes in Early Jurassic seawater. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 58: 1285-1301.
- Mennig, M., 1989. A synopsis of numerical timescales 1917-1986. *Episodes* 12(1): 3-5.
- Murphy, M.A. y Salvador, A., 1999. *International Stratigraphic Guide – An abridged version*. *Episodes* 22: 255-271.
- Odin, G.S., Baedsgaard, H., Hurford, A.J. y Riccardi, A.C., 1992. U-Pb and fission track geochronology of Bathonian-Callovian 'tuffs' from Argentina. En: Odin, G.S., ed., *Phanerozoic Time Scale*, Bulletin de Liaison et Information – Newsletter of the International Subcommittee on Geochronology, 11: 11-17.
- Odin, G.S., Gardin, S., Robaszynski, F. y Thierry, J., 2004. Stage boundaries, global stratigraphy and the time scale: towards a simplification. *Carnets de Géologie/Notebooks on Geology*, Brest, Article 2004/02, 12 p.
- Ogg, J.G., 2004. Status of Divisions of the International Geologic Time Scale. *Lethaia* 37: 183-199.
- Popper, K.R., 1971. *The Open Society and Its Enemies*, 1. Princeton University Press. 361 pp.
- Remane, J., 2000. *International Stratigraphic Chart, with explanatory note*. International Commission on Stratigraphy, International Union of Geological Sciences, UNESCO. 31 International Geological Congress, Rio de Janeiro 2000, pp. 1-16.
- Remane, J., Bassett, M.G., Cowie, J.W., Gohrbandt, K.H., Lane, H.R., Michelsen, O. y Naiwen, W., 1996. Revised guidelines for the establishment of global chronostratigraphic standards by the International Commission on Stratigraphy (ICS). *Episodes* 19: 77-81.
- Riccardi, A.C., 2005. Bioestratigrafía y Geocronología del límite inferior del Calloviano en América del Sur. 2do Simposio Argentino del Jurásico, Buenos Aires, Resúmenes, pp. 12-13.
- Riccardi, A.C., Leanza, H.A., Damborenea, S.E., Manceñido, M.O., Ballent, S.C y Zeiss, A., 2000. Marine Mesozoic Biostratigraphy of the Neuquén Basin. *Zeitschrift für Angewandte Geologie, Sonderheft SH 1*: 103-108.
- Salvador, A. (ed.), 1994. *International Stratigraphic Guide*. Second Edition. The International Union of Geological Sciences and The Geological Society of America, Inc.
- Valencio, S.A., Cagnoni, M.C., Ramos, A.M., Riccardi, A.C. y Panarello, H.O., 2005. Chemostratigraphy of the Pliensbachian, Puesto Araya Formation (Neuquén Basin, Argentina). *Geologica Acta* 3(2): 147-154.
- Walsh, S.L., 2001. Notes on geochronologic and chronostratigraphic units. *Geological Society of America, Bulletin* 113: 704-713.
- Walsh, S.L., Gradstein, F.M. y Ogg, J.G., 2004. History, philosophy, and application of the Global Stratotype Section and Point (GSSP). *Lethaia* 37: 201-218.
- Zalasiewicz, J., Smith, A., Brenchley, P., Evans, J., Knox, R., Riley, N., Gale, A., Gregory, F.J., Rushton, A., Gibbard, P., Hesselbo, S., Marshall, J., Oates, M., Rawson, P. y Trewin, N., 2004. Simplifying the stratigraphy of time. *Geology* 32: 1-4.