

LOS 10 (en realidad, ~ 100!) MANDAMIENTOS ESTRATIGRÁFICOS: LOS VOSOTROS DEBERÉIS Y VOSOTROS NO DEBERÉIS PARA ROCAS SILICICLÁSTICAS*

En estratigrafía, los métodos y conceptos deben basarse en la "lectura" de las rocas, pero nada está escrito en tablas de piedra! Las ideas y los conceptos cambian rápidamente, evolucionan lentamente o se descartan con el tiempo (por consenso profesional). Algunas ideas estratigráficas persisten a pesar de la evidencia posterior en contra de ellas. Se convierten entonces en "mitos", y todos sabemos que los mitos nunca mueren! Estos mitos "geológicos" tienen la tendencia a sobrevivir por décadas después de haberse comprobado que son incorrectos, o de haber sido modificados para ajustarlos a la evidencia sedimentaria que se desarrolla en ese momento. La inflexibilidad de pensamiento o la falta de voluntad para estudiar objetivamente y probar honestamente y de manera personal nuevas ideas describe a algunos científicos en todos los campos. Sin embargo, ¿no pareciera que los geólogos se aferran a ideas cuestionables por más tiempo, con más tenacidad y mayor perseverancia? Las ideas retóricas preconcebidas, los "sentimientos de las entrañas" y los "sólo que no lo creo" no son substitutos del análisis activo, intensivo y extenso de un conjunto completo de datos reales. Entonces, "dejen caer las fichas donde ellas puedan!"

- I. *Vosotros no deberéis* creer que (a) los mapas de la profundidad del agua basados en microfósiles bentónicos son válidos, *excepto* para los episodios de inundación máxima. Ellos reflejan profundidades de agua inferidas (por ejemplo, nerítico externo o medio) durante la sedimentación de secciones marinas condensadas que tienen un alto contenido orgánico y una gran diversidad y abundancia de especies microfósiles. Estos mapas batimétricos son completamente inválidos para los sedimentos depositados entre las inundaciones! Y la ausencia de fósiles no es necesariamente una prueba de ambientes "continentales". (b) *Vosotros deberéis* creer que la depositación y el transporte de sedimentos en plataformas sumergidas debe involucrar progradación de la línea de costa, transporte en ríos encajados o, raramente, flujos de densidad en cañones submarinos pre-existentes. (c) *Vosotros no deberéis* olvidar que depósitos ricos en arena, comúnmente deltáicos y/o facies costeras y sus depósitos asociados que muestran una distribución amplia tipo sábana, han sido depositados sobre plataformas sumergidas por debajo de la base del oleaje de tormenta máxima. Internamente estas "sábanas" o mantos de arena son altamente diacrónicos pero homotaxiales, y se hacen más jóvenes en dirección hacia la cuenca.
- II. *Vosotros no deberéis* considerar que (a) sistemas depositacionales deltáicos y otros sistemas de línea de costa son "continentales" en base a la ausencia de fósiles en tablas verticales (tiempo en el eje vertical) de la presencia de fósiles. Volúmenes de sedimentos marinos pueden ser "estériles" o faunísticamente suprimidos debido a la dilución de los sedimentos y/o a substratos bentónicos inhóspitos. (b) *Vosotros deberéis* creer que, sin importar si se detectan fósiles o no, los sistemas deltáicos y costeros son dominados por ambientes marinos someros y salobres que en su mayoría existen por encima de la base del oleaje de tormenta máxima, y que *no son* continentales! (c) *Vosotros no deberéis* creer que los sistemas deltaicos de nivel bajo del mar son simplemente la fase tardía de progradación deltáica sobre la plataforma continental y hacia aguas profundas más allá del borde de la plataforma. Ellos están separados en el tiempo por un episodio de caída relativa del nivel del mar, erosión y procesos de transporte y depositación de flujos de densidad en aguas profundas. Los deltas de plataforma continental pueden progradar sobre rampas de agua somera a las que infrayacen deltas estabilizados de nivel bajo del mar, hasta cuando el aumento de la profundidad del agua termina la regresión en dirección a la cuenca.
- III. *Vosotros no deberéis* olvidar que (a) el espesor de las parasecuencias progradacionales (es decir, el translapo sísmico basal) refleja profundidades de agua equivalentes (+ descompactación). Las parasecuencias son prueba absoluta de origen acuático somero. Recuerden, las parasecuencias no se

depositan por debajo de la base del oleaje de tormenta máxima. (b) *Vosotros deberéis* recordar que las parasecuencias son elementos fundamentales de las litofacies marinas de aguas someras que forman conjuntos de sistemas relacionados, pero que, bajo condiciones de tasas de aporte de sedimento altas y tasas de subsidencia bajas, secuencias de frecuencia alta (<3er. orden) pueden reemplazar las parasecuencias, especialmente en sistemas progradacionales de nivel bajo en la parte tardía de la caída del nivel del mar, lo cual da como resultado una "secuencia compuesta". (c) *Vosotros deberéis* recordar que en el registro de rocas, las secuencias que se forman en mundos de invernadero y de *glaciares* son idénticas, lo cual indica que los ciclos de frecuencia alta probablemente son compuestos de dos o más procesos globales. Es decir, una secuencia del Cretácico no es diferente de una secuencia del Pleistoceno, lo que sugiere la vieja metáfora: "Si aves del Pleistoceno y del Cretácico tienen plumaje idéntico, un largo pico amarillo y graznan y caminan como un pato, probablemente son patos".

IV. *Vosotros no deberéis* creer que (a) los flujos ricos en granos de arena y las facies de flujos turbidíticos se originaron por derrumbes de facies deltáicas distales o facies de borde preexistente de plataforma continental durante niveles altos del mar o durante transgresión, respectivamente. Típicamente de grano más grueso que el de las facies de nivel alto del mar, ellos se originaron en ríos encajados y en deltas de borde de plataforma continental durante caídas relativas del nivel del mar. (b) *Vosotros deberéis* creer que, donde estén presentes, las facies de turbiditas entejadas no son el resultado de derrumbes al azar! En lugar de esto, ellas descansan sobre discordancias tipo 1 de 4º y de 5º orden dentro de complejos progradantes de nivel bajo del mar de 3er. orden. (c) *Vosotros deberéis* recordar que una superficie transgresiva y un conjunto de sistemas relacionados están superpuestos directamente sobre complejos progradantes, pero que superficies tipos 1 y transgresivas separan las facies progradantes de alto nivel del mar de las facies transgresivas superpuestas. (d) *Vosotros no deberéis* creer que en cuencas marinas los sedimentos arenosos pueden ser transportados directamente desde los ríos hasta ambientes de substrato marino. Los sedimentos fluviales de carga del fondo deben depositarse durante un tiempo finito en una cuña de agua dulce antes de que puedan mezclarse con agua marina más densa y llegar a formar parte de sistemas de transporte de corrientes marinas o de densidad. (e) *Vosotros deberéis* recordar que las incisiones erosivas de nivel bajo del mar en el borde de la plataforma continental se rellenan durante el ascenso temprano relativo del nivel del mar; estos rasgos no deben confundirse con *cañones* submarinos, los cuales reflejan erosión durante un largo tiempo y preservación de espacio disponible preexistente durante condiciones de tasas bajas de aporte de sedimento.

V. *Vosotros deberéis* daros cuenta que (a) puede haber poca diferencia si las discordancias o las superficies de máxima inundación se usan como límites de secuencia, siempre y cuando uno entienda el origen y el significado de cada superficie. Pero es de una importancia seria que los estratígrafos reconozcan que todo el registro sedimentario, tanto marino como el cercano a la costa, está compuesto por secuencias cíclicas que necesitaron una frecuencia alta (<3 ma) de caídas relativas del nivel del mar. (b) *Vosotros deberéis* recordar que si las superficies de inundación se seleccionan como límites, la secuencia que resulta contiene un hiato importante de erosión y no-depositación, y que la superficie tiene importancia diagenética (especialmente en rocas carbonáticas), y que la correlación de las facies de arenisca de aguas someras, de nivel alto del mar y transgresivas, con las facies de arenisca de aguas profundas de nivel bajo del mar afuera de la plataforma continental, simplemente porque las dos están presentes entre el mismo par de secciones marinas condensadas, es altamente cuestionable. Las secciones condensadas son ~superficies cronológicas, pero las areniscas entre las dos superficies de máxima inundación no son necesariamente equivalentes en tiempo, y se pueden hacer correlaciones erróneas si uno no reconoce que cuando las facies de arenisca de afuera de la plataforma continental se están depositando, la plataforma adyacente estaba expuesta subaéreamente; de aquí que la sedimentación sobre la plataforma y fuera de la plataforma fué temporalmente única y marca la posición estratigráfica de las areniscas de flujos de densidad. (c) *Vosotros deberéis* recordar que aunque las superficies de inundación son más fáciles de reconocer y de seguir en sísmica y en registros de pozo, esto no es justificación para ignorar las discordancias subaéreas y submarinas mayores.

VI. *Vosotros no deberéis* creer que (a) las "facies de guijarros" dentro de lutitas marinas requieren necesariamente un levantamiento tectónico (tipo yo-yo) y que son de origen fluvial! Facies

"pseudoclásticas" de distribución amplia, fosfáticas delgadas, ricas en chert, sideríticas o glauconíticas y altamente fosilíferas se forman *in situ* por procesos autigénicos o biogénicos en ambientes euxínicos en cuencas profundas, en el talud y sobre plataformas inundadas en ausencia de fuentes de sedimentos siliciclásticos. (b) *Vosotros no deberéis* olvidar que el *traslapo marino* es un fenómeno agradacional (de relleno) que sucede normalmente por debajo del borde de la plataforma continental y que tiene aportes por conducto de flujos de densidad; por otra parte, el traslapo de la costa debe suceder cuando cualquier sistema costero siliciclástico prograda sobre una plataforma continental en hundimiento o en una cuenca que se hunde. *Los desplazamientos hacia abajo del traslapo de la costa* pueden reconocerse por las facies costeras más proximales o fluviales que descansan directamente sobre facies costeras más distales y/o facies neríticas (lo cual viola la ley de Walthers).

- VII. *Vosotros no deberéis* creer que (a) discordancias fuertemente erosivas, especialmente discordancias angulares, reflejan *solamente* levantamiento tectónico. Ellas reflejan "predominio tectónico". Sin embargo, el tiempo cuando empezó la erosión fué determinado por la componente de alta frecuencia de la caída relativa que puso en contacto por primera vez al nivel de base erosivo con los sedimentos. La erosión varía entre el predominio de la frecuencia alta (global?) hasta el predominio de la frecuencia baja tectónica, pero *los dos factores* pueden operar para resaltar o suprimir la erosión. (b) Sin embargo, los ciclos globales de segundo orden en la cuenca pueden ser perturbados por evolución tectónica diacrónica local. La fragmentación de Gondwana generó ciclicidad global de frecuencia baja (*en promedio*), pero las cuencas marginales individuales de Gondwana pueden ser ligeramente diacrónicas (por ejemplo, la familia norteamericana promedio tiene 2 1/2 niños!).
- VIII. *Vosotros no deberéis* creer que (a) la inundación máxima sucede durante el nivel máximo de las aguas (del mar) (excepto en su tina o bañera!). Ella sucede durante la *tasa* máxima de ascenso relativo del nivel del mar. Además, la superficie de inundación máxima no es sincrónica universalmente, y su edad máxima puede variar dentro de una cuenca, lo cual depende del aporte de sedimento vs. las tasas de acomodo sedimentario. (b) *Vosotros deberéis* recordar que las discordancias tipo 1 pueden ser el resultado de tectonismo global de alta frecuencia (por ejemplo, "dentelleos") en centros de subducción o de esparcimiento de la corteza, ciclos orbitales y solares y sus ciclos climáticos resultantes (es decir, glaciaciones), así como también tectonismo global de frecuencia más baja y tectonismo local en la cuenca. La demostración de un sincronismo eustático de todas estas superficies a resoluciones de $< \sim 300,000$ años continúa siendo retórica, pero sucesiones de secuencias similares distribuidas globalmente y magnitudes de erosión a escala de la resolución con nanofósiles son evidencia fuerte de eustacia. Y debido a que la calidad de los datos sísmicos ha mejorado un orden de magnitud desde 1970, las discordancias se han vuelto relativamente fáciles de identificar y de trazar, especialmente cerca de los bordes de la plataforma continental y transversalmente a valles excavados.
- IX. *Vosotros no deberéis* creer que (a) las regresiones de la línea de costa requieren necesariamente una *caída* relativa del nivel del mar. Las regresiones típicamente suceden durante pausas o durante ascensos relativos del nivel del mar cuando las tasas de aporte de sedimento exceden las tasas de creación de espacio disponible para la sedimentación (si no fuera así, los conjuntos de parasecuencias progradacionales no se preservarían!). *Vosotros deberéis* recordar que (b) el *espacio disponible para la sedimentación* es la suma algebraica del tectonismo actual (y el pre-existente) y los ciclos relativos de frecuencia alta, y que su interrelación con las tasas de aporte de sedimento determinan la progradación, la agradación, la retrogradación o la erosión. *Vosotros deberéis* recordar que (c) a frecuencias altas ($< \sim 3$ ma) el aporte de sedimento ejerce un efecto mínimo sobre el nivel relativo del mar, pero su interacción con las tasas de creación de espacio disponible determina la profundidad del agua y los movimientos laterales de la línea de costa. (d) *Vosotros deberéis recordar*, sin embargo, que a frecuencias más bajas ($> 3-5$ ma) el aporte de sedimento (y el rebote isostático que le sigue) sí acelera la subsidencia, las fallas de crecimiento, el diapirismo y el levantamiento y, por consiguiente, afecta las tasas de creación de espacio disponible y el nivel relativo del mar.
- X. *Vosotros no deberéis* dudar que (a) existió una superficie subaérea tipo 1 (por ejemplo, paleosuelos) en la cima de conjuntos de parasecuencias progradacionales de nivel alto del mar, y que ella coincide con el encajamiento fluvial y la ulterior depositación de sedimentos de relleno de valle. Facies fluviales

proximales de relleno de canal con base abrupta que descansan sobre conjuntos relacionados de sistemas deltaicos distales, o inclusive sobre conjuntos de sistemas relacionados pre-existentes, prueban un desplazamiento hacia abajo del traslapo de la costa que fué el producto de una caída relativa del nivel del mar. (b) *Vosotros no deberéis* olvidar que los canales distributarios con diques naturales se depositaron durante un ascenso relativo del nivel del mar y que los canales distributarios son incapaces de erosionar mucho por debajo del nivel del mar. (c) *Vosotros no deberéis* extrapolar lateralmente a través de facies marinas costeras distales la base discordante de un valle erosivo del ciclo anterior! Las facies de relleno de valle constituyen reservorios excelentes, pero tambien pueden interceptar y saltar inundaciones secundarias alrededor de los reservorios.

Transcrito en piedra

En una noche negra y lluviosa

Bajo temor de muerte,

De una Voz fuerte,

Detrás de una maleza incendiada,

Sobre el Monte Bonnell

El 26 de noviembre de 2001

L. Frank Brown, Jr. (Moisés)

**P.D. Si esta copia del borrador escrito en piedra por Moisés es roto con furia o es encendido por una maleza incendiada,, usted puede devolverlo para obtener un reemplazo actualizado.. Y recuerden,, estratígrafos, no tengamos más de ese viejo baile pecaminoso alrededor de esos antiguos becerros de oro míticos! (firmado) -- DIOS*

Traducción por Edgar H. Guevara, 6/16/2003; Edición por Patricia Montoya y Ramón H. Treviño 6/17/03

Glosario Corto de términos de **estratigrafía de secuencias**

depositional system – sistema sedimentario

distributary channel levee – dique natural de canal distributario

downlap (surface) – superficie basal de progradación; traslapo de la base o basal

entrenched rivers – ríos encajados

incised valley – valle inciso o socavado

incised valley fill – relleno de valle inciso o socavado

lowstand systems tract – conjunto de sistemas de nivel bajo del mar; tracto de sistemas de nivel bajo del mar

onlap – traslapo (marino)

pebbly facies – facies de guijarro

sequence stratigraphy – **estratigrafía de secuencias**

shelf edge – borde de la plataforma continental

shingled turbidites – turbiditas entejadas

slope fan – abanico de talud

storm wave base – profundidad de las olas de tormenta

systems tract – conjunto de sistemas sedimentarios relacionados; tracto de sistemas sedimentarios