

Estratigrafía de secuencias

Concepto desarrollado en décadas recientes

Implica cambios de enfoque para interpretar el desarrollo de los ambientes en el tiempo y el espacio

Acomodo de sedimentos y perfiles de equilibrio

Parasecuencias y relleno de cuencas

Secuencias deposicionales y sistemas de tractos (pasajes)

Más que basarse en correlaciones de roca empleando litología, fósiles y otras técnicas estratigráficas ó, el análisis de facies para reconstrucciones de ambientes del pasado,

La ES combina las dos aproximaciones y reconoce *paquetes de estratos*, cada uno de los cuáles fue depositado durante un *ciclo* de

cambios relativos del nivel del mar lo que implica cambios en el aporte de sedimentos.

Esta aproximación genética significa que los paquetes de estratos están unidos por superficies

cronoestratigráficas

que incluyen a las discordancias formadas durante las elevaciones y decrementos relativos del nivel del mar.

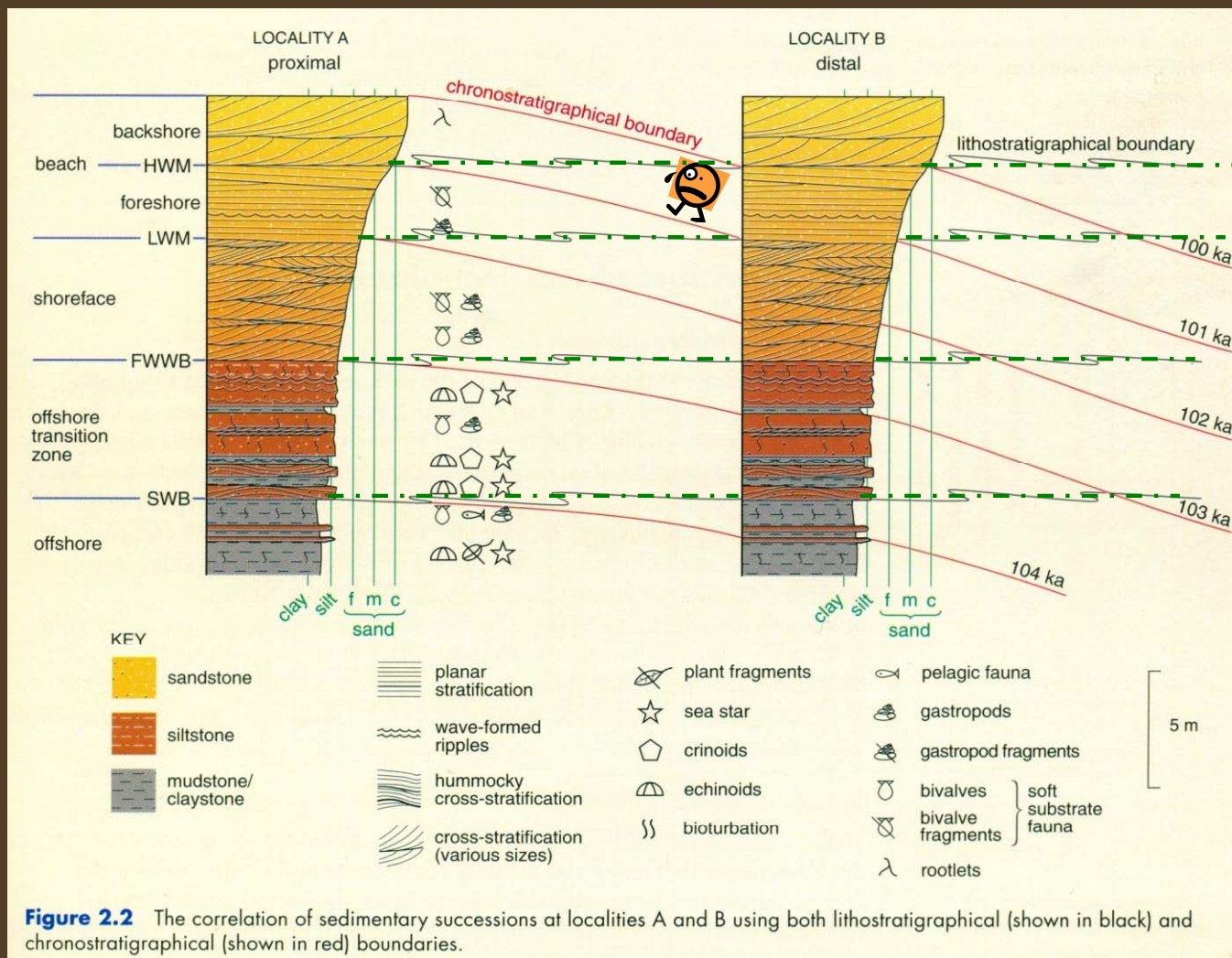


Figure 2.2 The correlation of sedimentary successions at localities A and B using both lithostratigraphical (shown in black) and chronostratigraphical (shown in red) boundaries.

Técnica originalmente desarrollada para predecir nuevas reservas de hidrocarburos, es ahora de amplio uso porque:

Intenta entender y predecir discordancias en el registro estratigráfico

Divide el registro en unidades temporales y genéticamente relacionadas, útiles para correlación y predicción de facies

Es una visión holística de la distribución de facies en tiempo-espacio

Intenta determinar la amplitud y ritmos de los cambios del n-mar en el pasado y ser un ayuda en el entendimiento de la naturaleza tanto de los procesos corticales (eg. expansión oceánica, isostasia, fallamiento) como los climáticos que operaron en el pasado

Ayuda a identificar, clasificar y entender la jerarquía de los complejos ciclos sedimentarios. Es para análisis de ciclos con duración de 10 ka a > 50 Ma

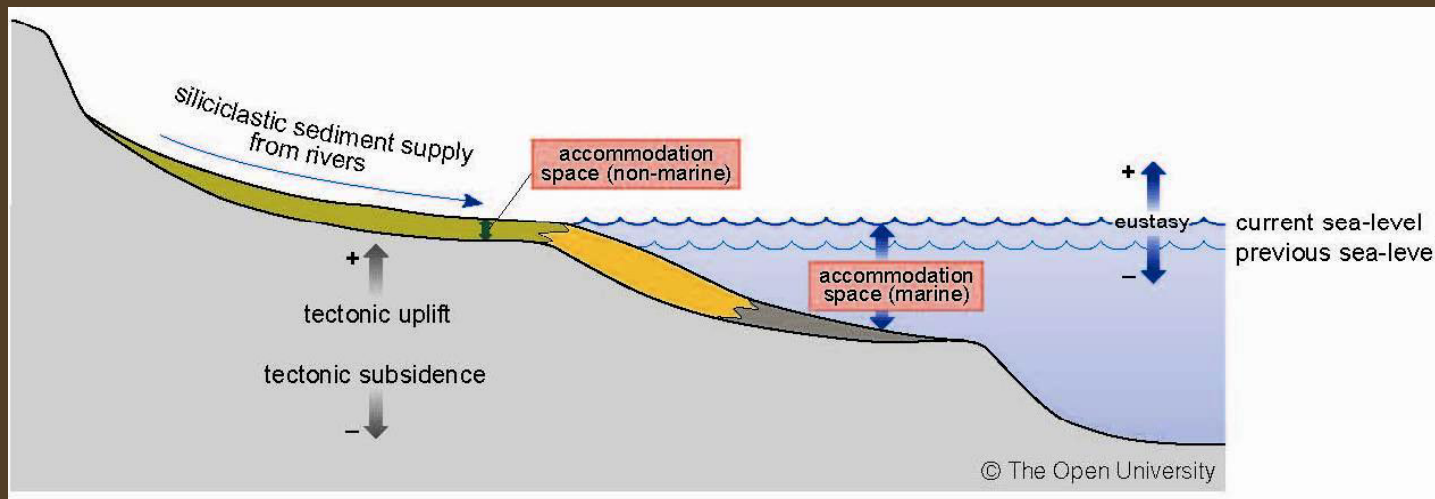
La naturaleza predictiva del modelo de las secuencias estratigráficas es una ayuda para la integración y correlación de una variedad de ambientes sedimentarios en diversas localidades

Espacio para acomodo del sedimento

Para que los sedimentos se puedan depositar se requiere:

Aporte de sedimentos y espacio para que se depositen (acomoden) sin que sean erosionados

En los ambientes marinos este espacio depende de los cambios del n-mar

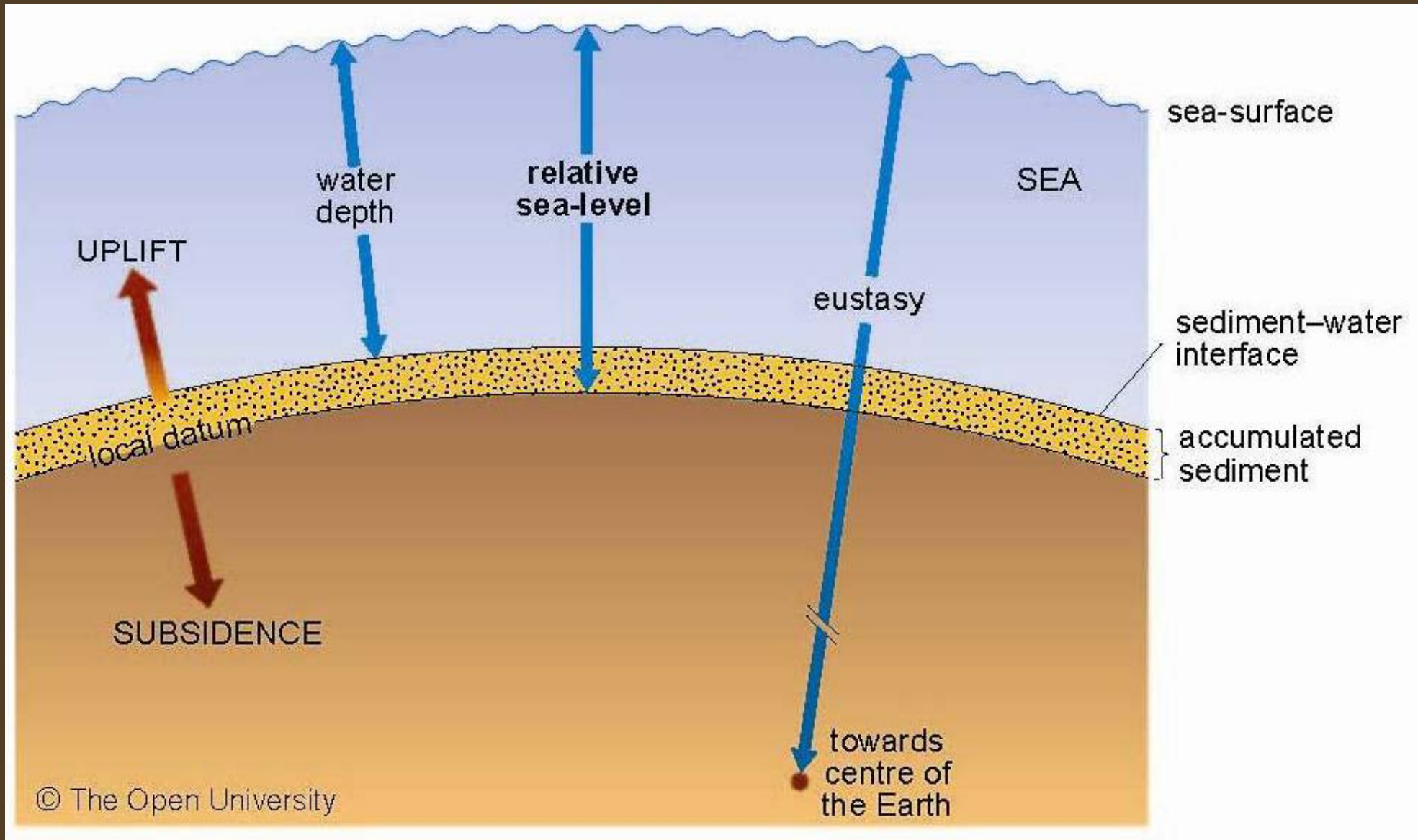


Si el espacio para el acomodo es nulo, los sedimentos se remueven y transportan hacia áreas con espacio de acomodo positivo

¿Que pasaría si el aporte de sedimento se incrementa a un ritmo $>$ que el incremento del espacio de acomodo?

El espacio de acomodo sería totalmente relleno con sedimento y habría una regresión por progradación de sedimentos (secuencia somera hacia arriba)

Términos relacionados con las fluctuaciones del n-mar empleados en ES



Cualquier cambio en la tasa de aporte de sedimento o en el espacio de acomodo produce un desbalance del equilibrio y conduce a una

Regresión o Transgresión:
salto de la línea costera hacia el mar o hacia el continente

Estos desbalances en el equilibrio se pueden analizar mediante los perfiles de equilibrio de los sistemas fluvio-aluviales (cambios en el nivel base de erosión, el nivel base de erosión final = mar) y en el perfil de equilibrio de los ambientes marinos someros

Perfil de equilibrio en sistemas fluvio-aluviales

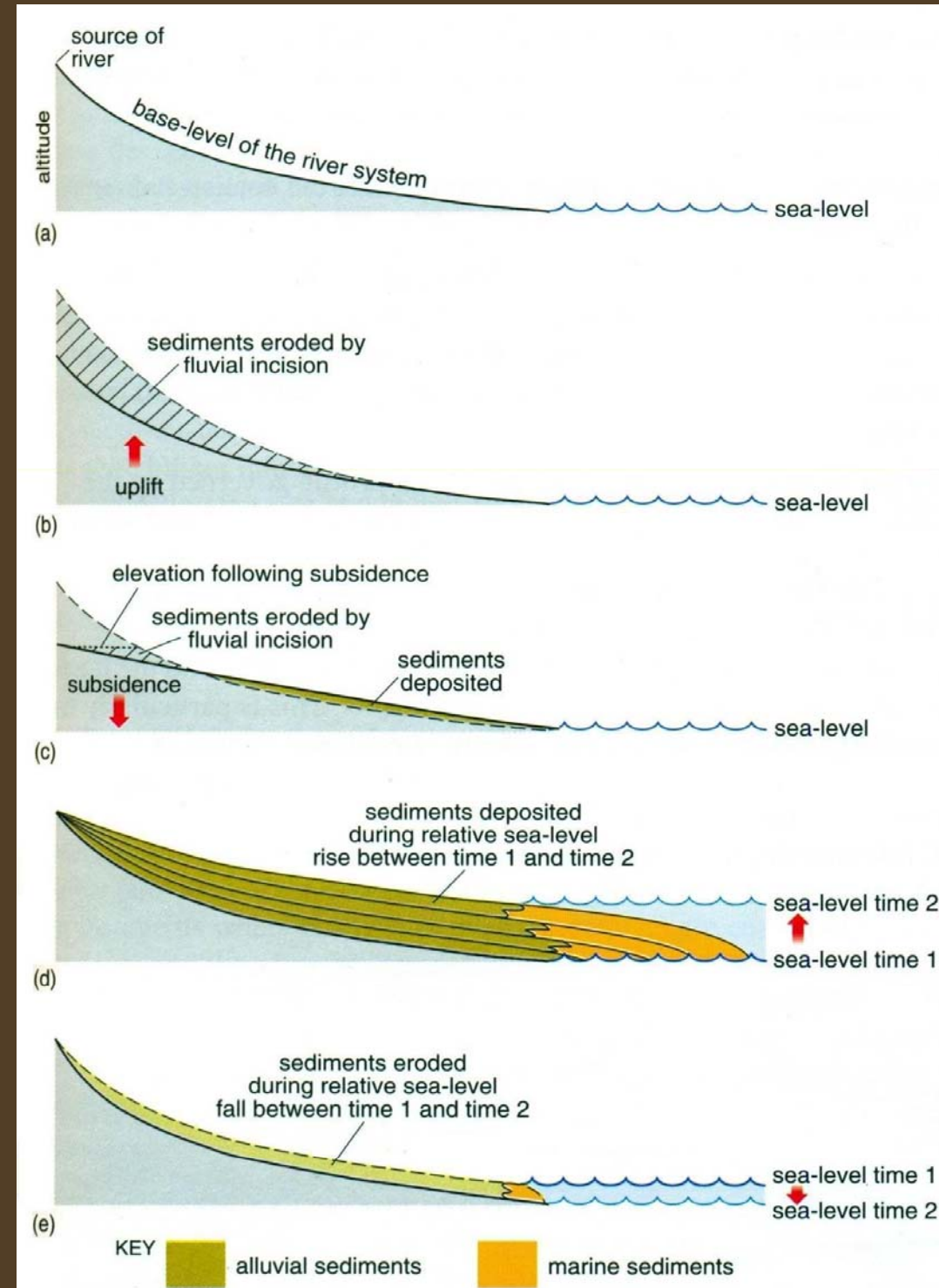
El gradiente de un río (a) se altera con: Levantamiento (b), lo que produce que los ríos se encajen y se incremente la tasa de descarga = descenso de ríos y remoción sedimentos.

Una subsidencia (c), ocasiona erosión y depósito reajustandose el sistema con un nuevo perfil más plano.

(d) Si el n-mar aumenta también se altera el perfil de equilibrio, cambia la línea costera, los canales de río se rellenan hay deposito que no se remueve en zona litoral (>espacio acomodado) y el perfil se hace más plano

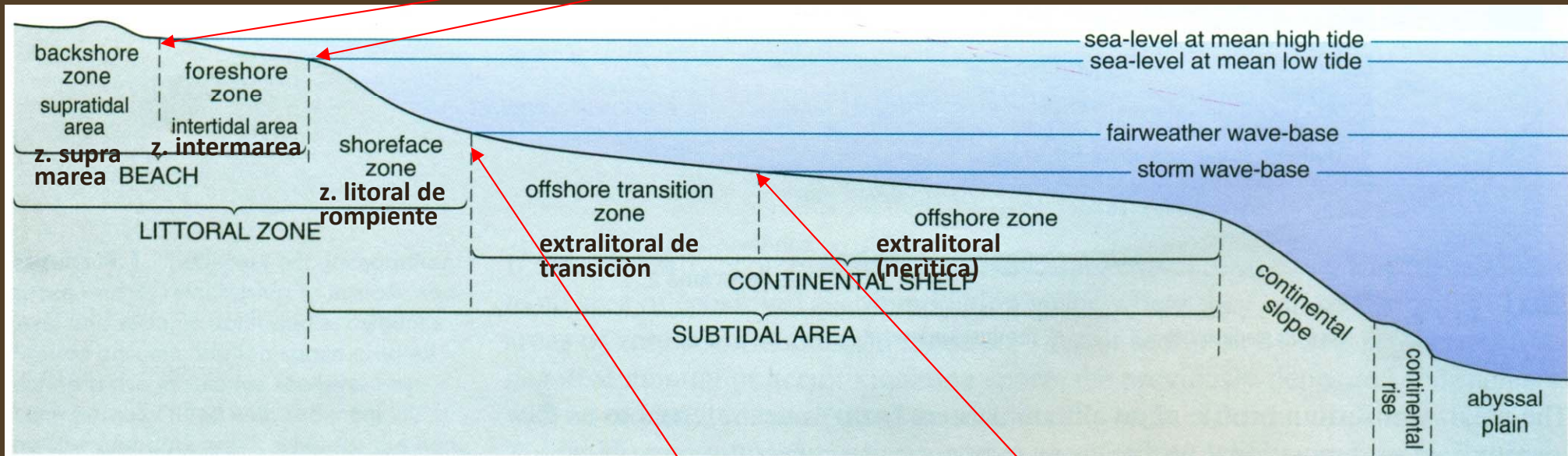
(e) Cuando el n-mar baja los ríos se encajan y el sedimento aluvial previo se erosiona, escaso deposito marino

Concepto de nivel base de erosión



Perfil de equilibrio en ambientes marinos someros

Está gobernado por la posición de los niveles de alta y baja marea que delimitan las zonas de supramarea e intermarea



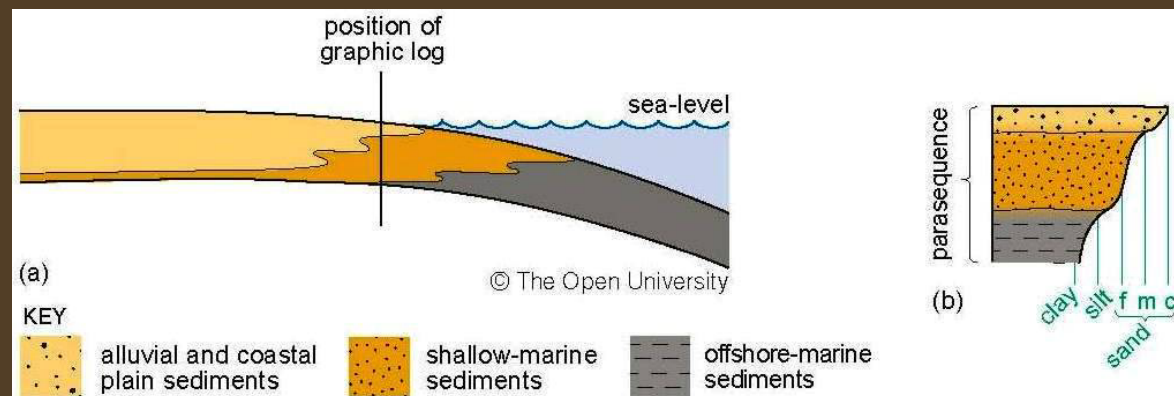
Y por los niveles inferior de alcance del oleaje y del oleaje por tormentas que delimitan las zonas litoral de extralitoral de transición y extralitoral

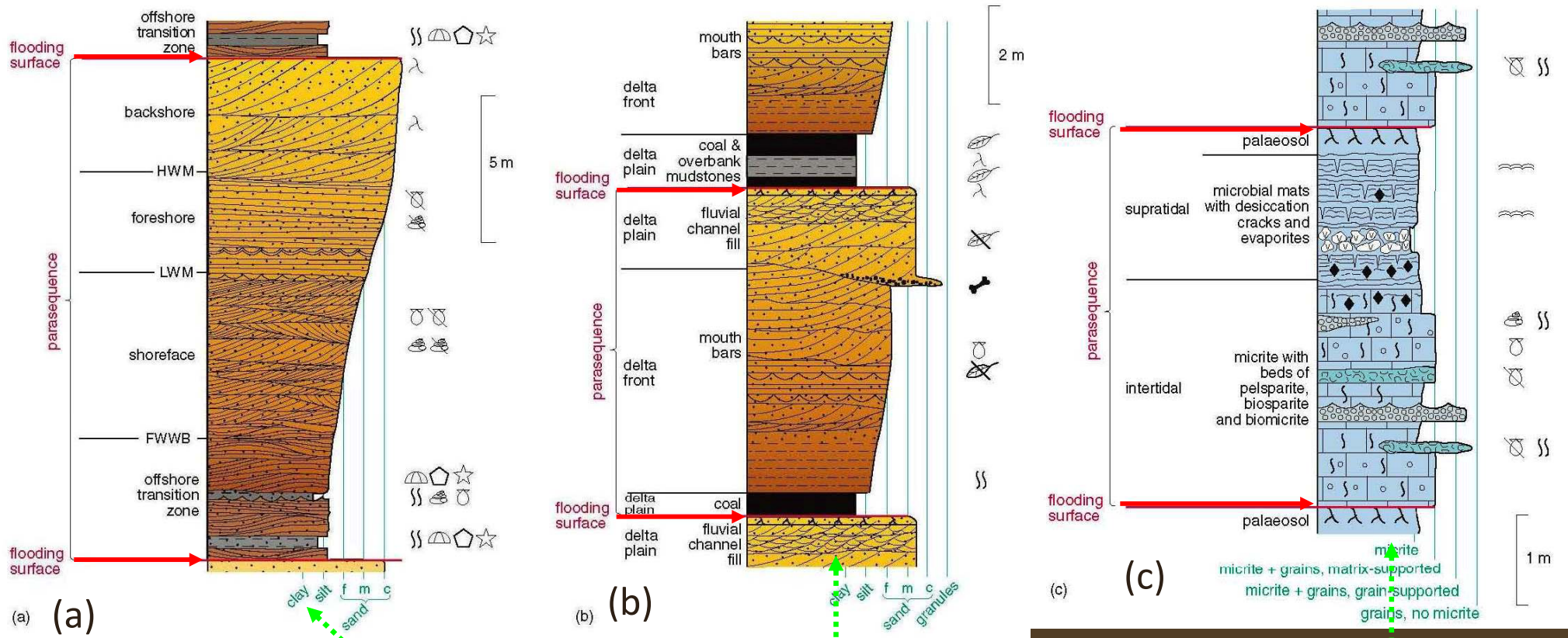
Relleno de cuencas y parasecuencias

Los cambios relativos en el n-mar, el aporte de sedimentos y su espacio de acomodo varían en diferentes escalas de tiempo

La secuencia estratigráfica de base a cima de más pequeña escala que resulta de oscilaciones de corto término en el balance entre aporte de sedimentos y su acomodo es una **parasecuencia**

Es una sucesión de rocas genéticamente relacionadas limitada por superficies de cambios del n-mar, que corresponde con depósitos concordantes progresivamente someros hacia su parte superior. Si la tasa de aporte de sedimento se mantuviese constante, los sedimentos progradarían la cuenca hasta el relleno de los espacios de acomodo disponibles.





KEY			
	sandstone		bivalves
	siltstone		bivalve fragments
	mudstone/claystone		bioturbation
	coal		gastropods
	cross-stratification (various orientations)		gastropod fragments
	planar stratification		echinoids
	hummocky cross-stratification		crinoids
	wave-formed ripples		bioturbated micrite
	plant fossils		laminated micrite with microbial mats and desiccation cracks
	plant fragments		peloidal limestone
	rootlets		bioclastic limestone
	vertebrate remains		stromatolites
	sea star		evaporite crystals (gypsum and anhydrite)
			evaporite nodules (anhydrite)

Parasecuencias de:

a) Sucesión siliciclástica de planicie costera

b) Sucesión deltaica

c) Sucesión de rampa carbonatada inter a supramarea

Todas limitadas por superficies de cambio del n-mar: flooding surfaces (superficies de inundación = discordancias)

Extensión vertical y lateral de parasecuencias

¿Que pasaría si durante el depósito de la sucesión somera hacia arriba hubiese un incremento en la tasa de creación de espacio de acomodo?

El incremento en el espacio de acomodo causaría una transgresión, la sucesión somera hacia arriba se terminaría

El espesor de una parasecuencia es entonces muy variable de < 1m a algunas decenas de m

La extensión lateral varia de decenas a cientos de km, dependiendo de la geometría del área de depósito y las particulares características del sistema sedimentario

Granulometría

La mayoría de las parasecuencias se hacen más gruesas hacia arriba, aunque algunas se hacen más finas [secuencias de estuario o planicies de marea lodosas]. En cualquier caso se hacen más someras hacia arriba

¿Por qué las partes profundas no se encuentran hacia arriba preservándose como sedimentos transgresivos?

Cuando hay incremento de profundidad en mares someros, el oleaje transporta el sedimento hacia la costa, quedando atrapado en áreas proximales hasta la siguiente fluctuación del n-mar.

Si el n-mar vuelve a subir, el sedimento previamente atrapado se remueve hacia la costa

Al subir el n-mar, los arroyos antes proveedores de sedimento, no se encajan, ni erosionan, ni producen más sedimento, ya que el mar los va inundando.

Procesos que pueden producir parasecuencias asimétricas:

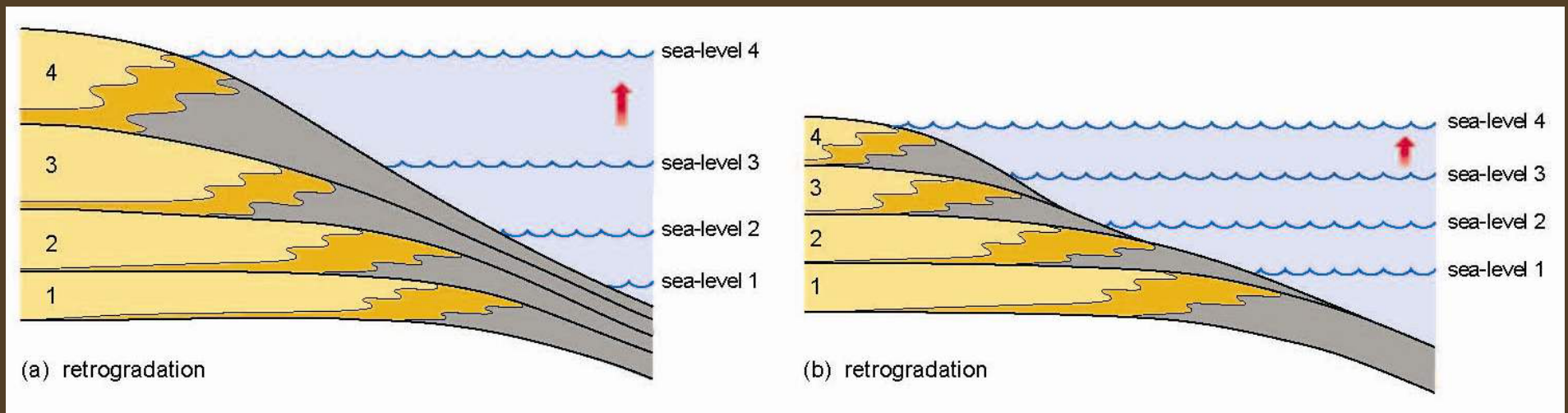
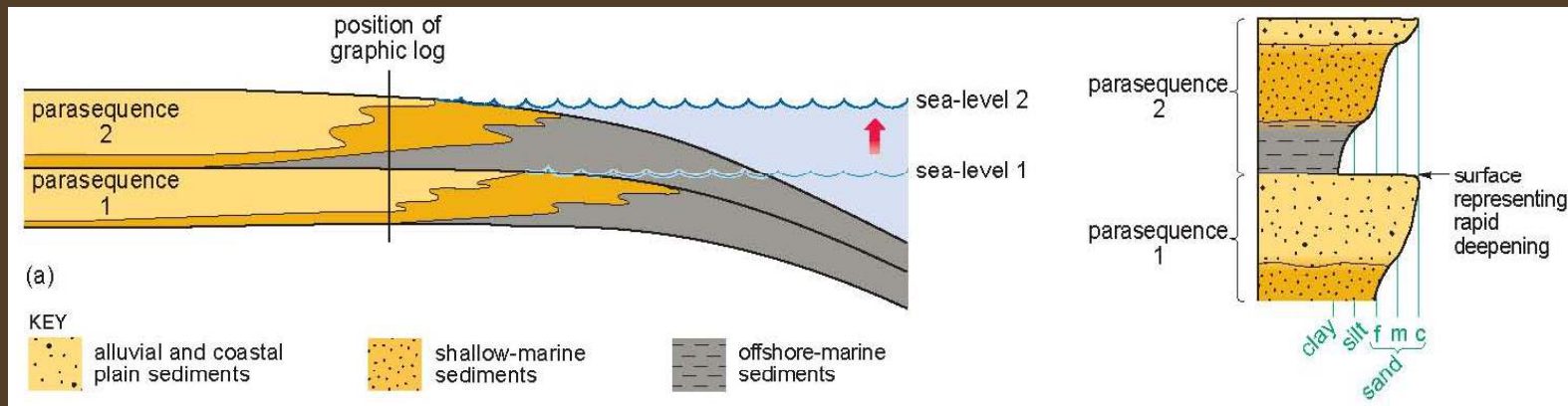
Depósito en cuenca de subsidencia debido a falla,

Depósito en cuenca con elevaciones eustáticas del n-mar

Depósito en cuenca de subsidencia debido a compactación de sedimentos.

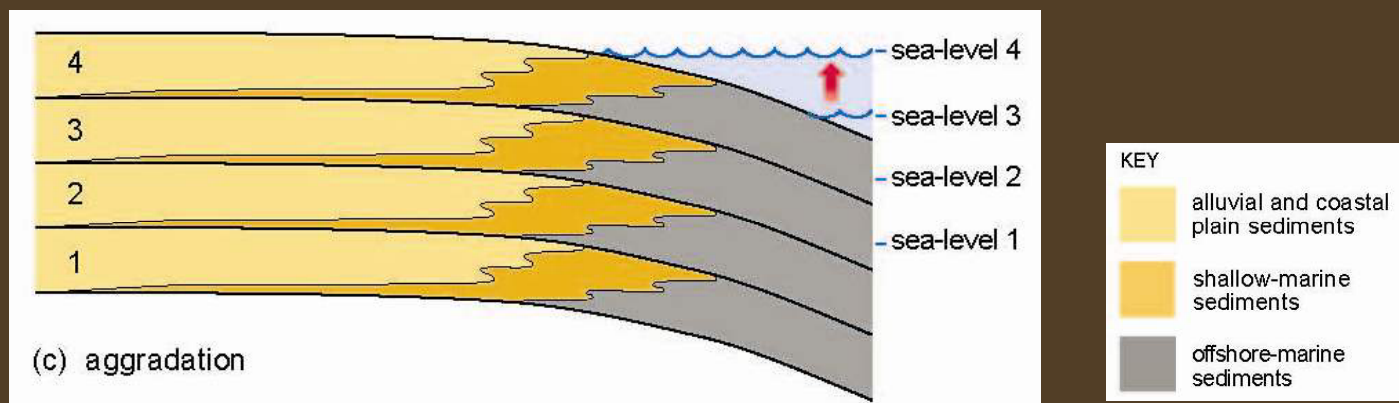
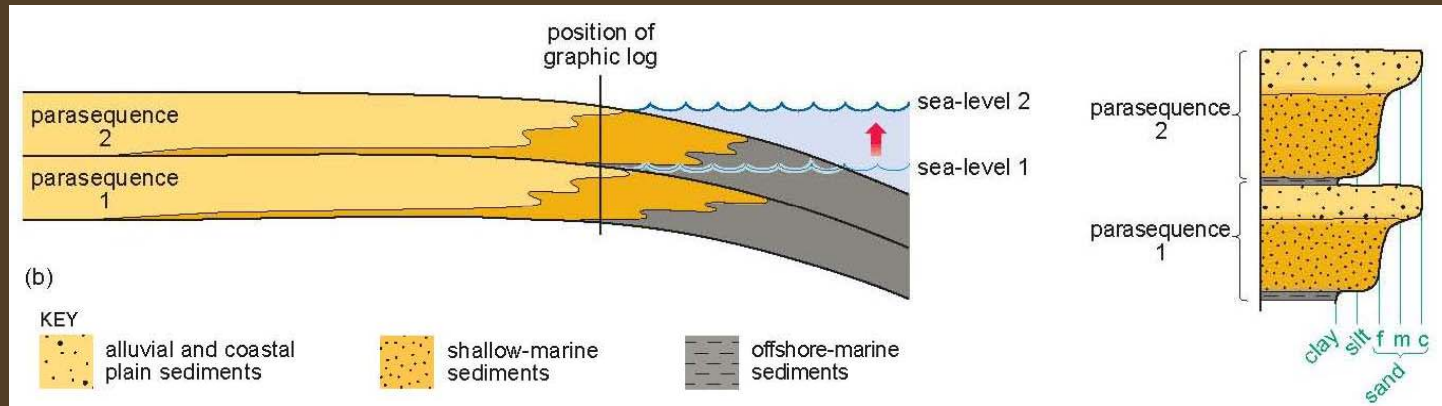
Parasecuencias y patrones de retrogradación

incremento en espacio de acomodo > aporte de sedimentos



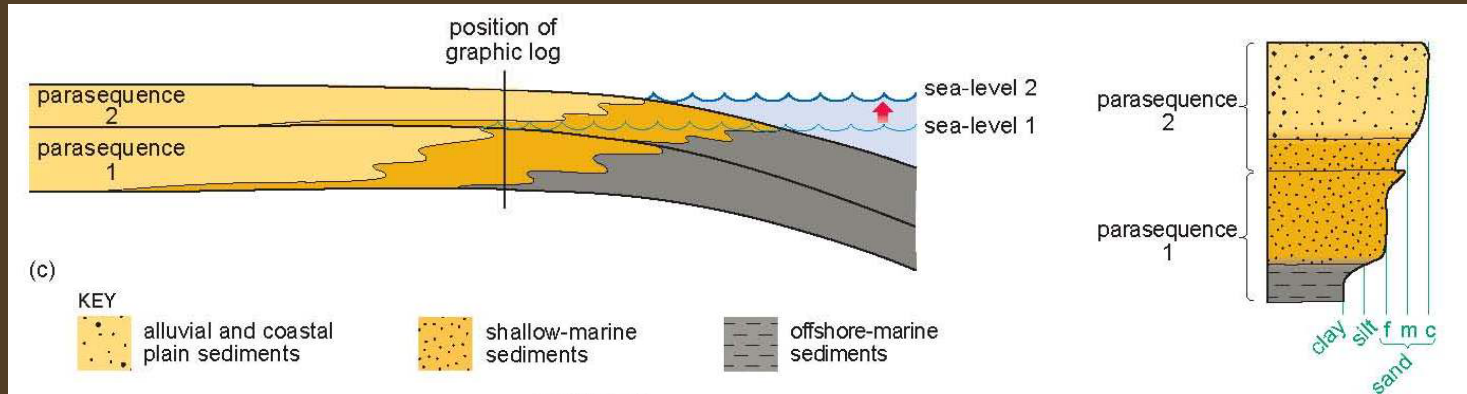
Parasecuencias y patrones de agradación

incremento en espacio de acomodo = aporte de sedimentos

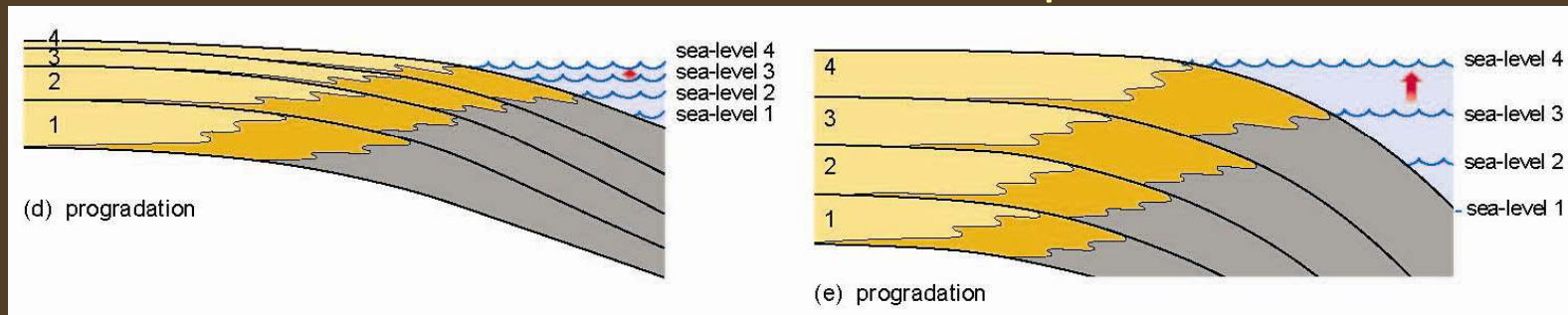


Parasecuencias y patrones de progradación (1)

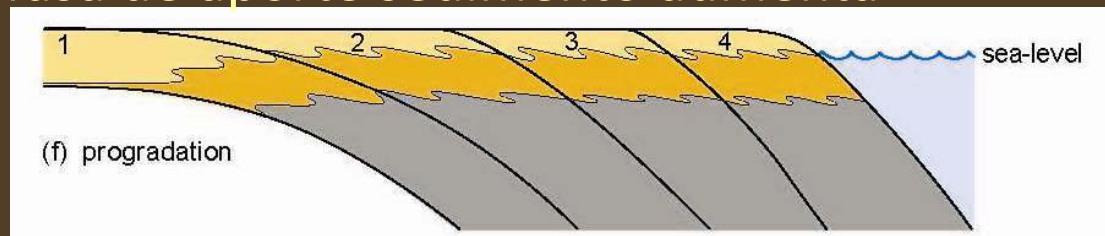
incremento en espacio de acomodo < aporte de sedimentos



incremento en espacio de acomodo es cte
Tasa de aporte sedimento aumenta



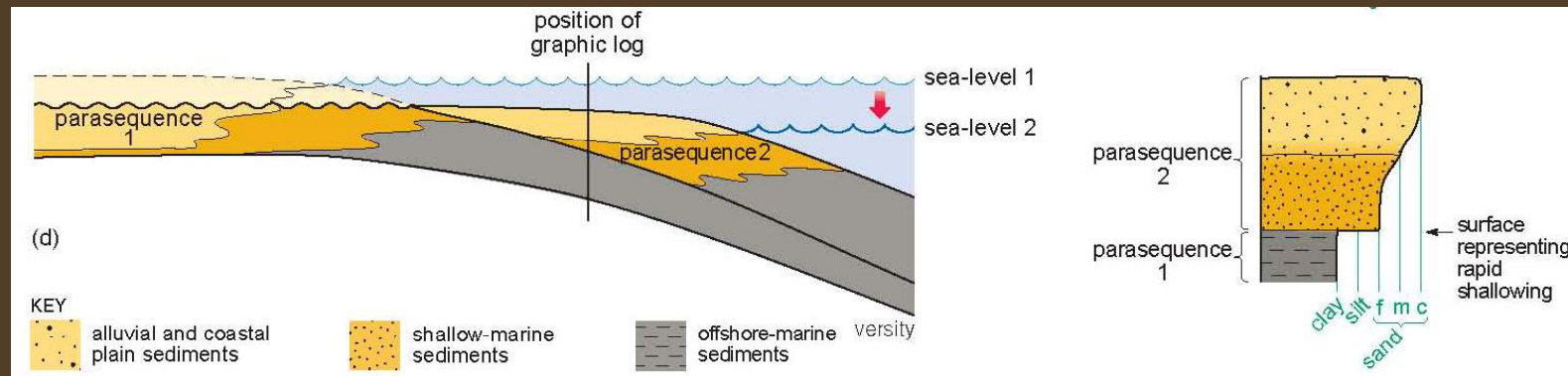
incremento en espacio de acomodo es nulo
Tasa de aporte sedimento aumenta



Parasecuencias y patrones de progradación (2)

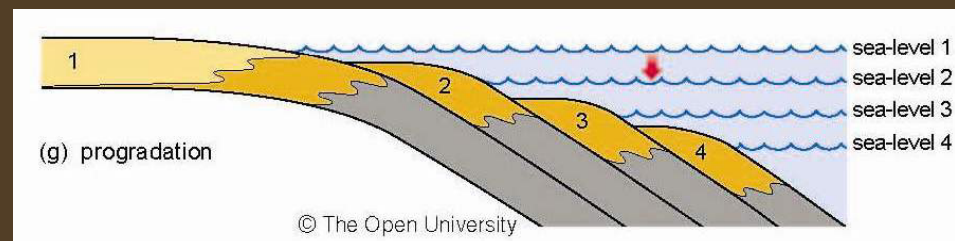
decremento en espacio de acomodo

Tasa de aporte sedimento es cte



decremento en espacio de acomodo

Tasa de aporte sedimento aumenta



Regresión forzosa

Secuencias deposicionales y sistemas de tractos (pasajes)

Una secuencia deposicional está compuesta por una sucesión de parasecuencias. Cada una representa un ciclo de cambio en la balanza entre espacio de acomodo y aporte de sedimento.

Son de la siguiente escala más grande y de más larga duración que las parasecuencias. Su espesor varía de pocos metros a decenas o cientos

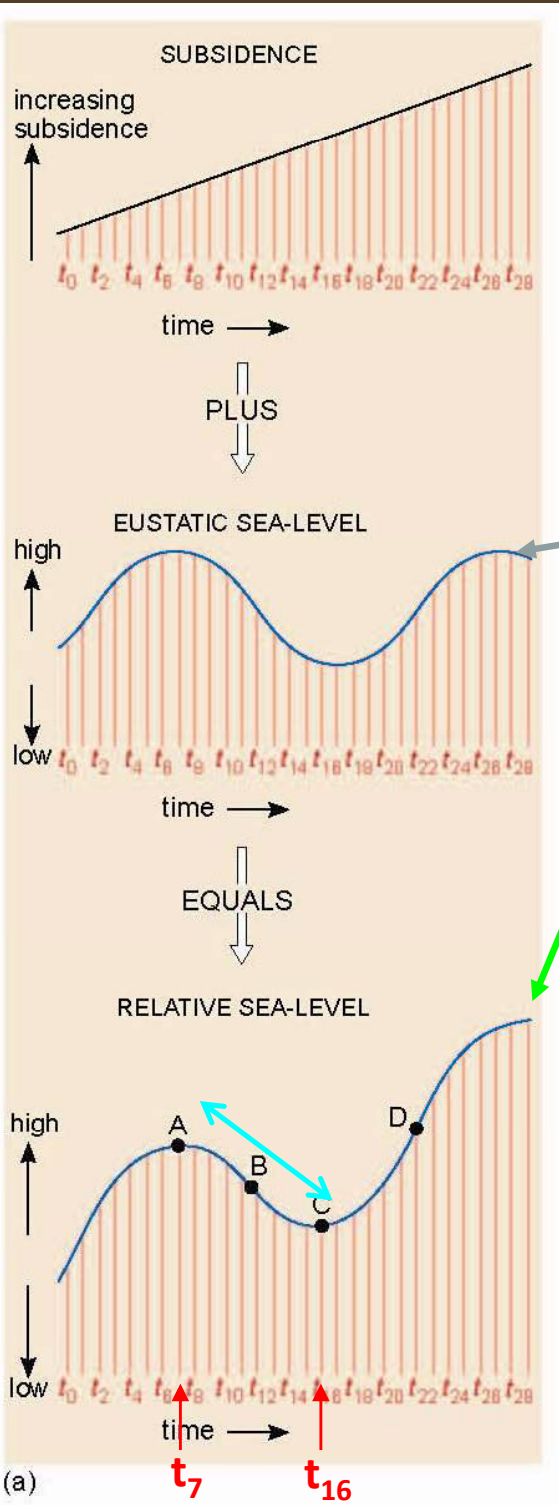
Son resultado de los cambios ya sea eustático del n-mar o subsidencia/levantamiento o del aporte de sedimento o de una combinación

Cada una se compone por sistemas de tractos (hasta 4).

Cada tracto representa una parte específica en el ciclo de cambios de la balanza entre espacio de acomodo vs. sedimento.

Cada tracto se compone por al menos 1 parasecuencia

Es posible que por diversas condiciones, algún sistema de tractos no haya desarrollado o preservado



funcionamiento de los cambios del n-mar durante una subsidencia - levantamiento del n-mar

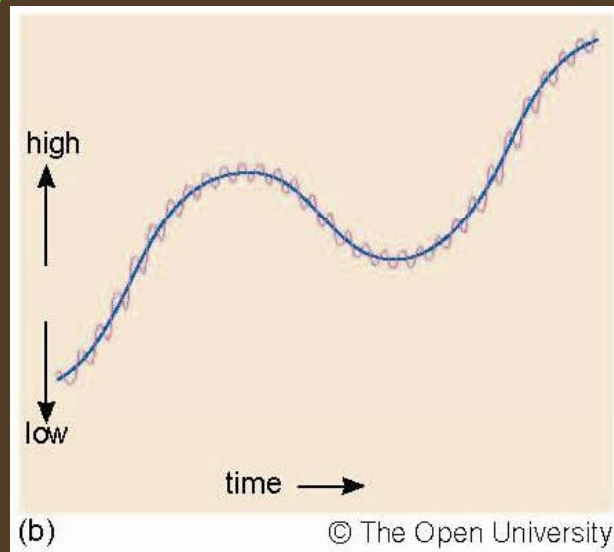
Curva del n-mar relativo por subsidencia uniforme.

Curva sinusoidal de cambios eustáticos del n-mar considerando equilibrio de espacio acomodo-aporte sedimento.

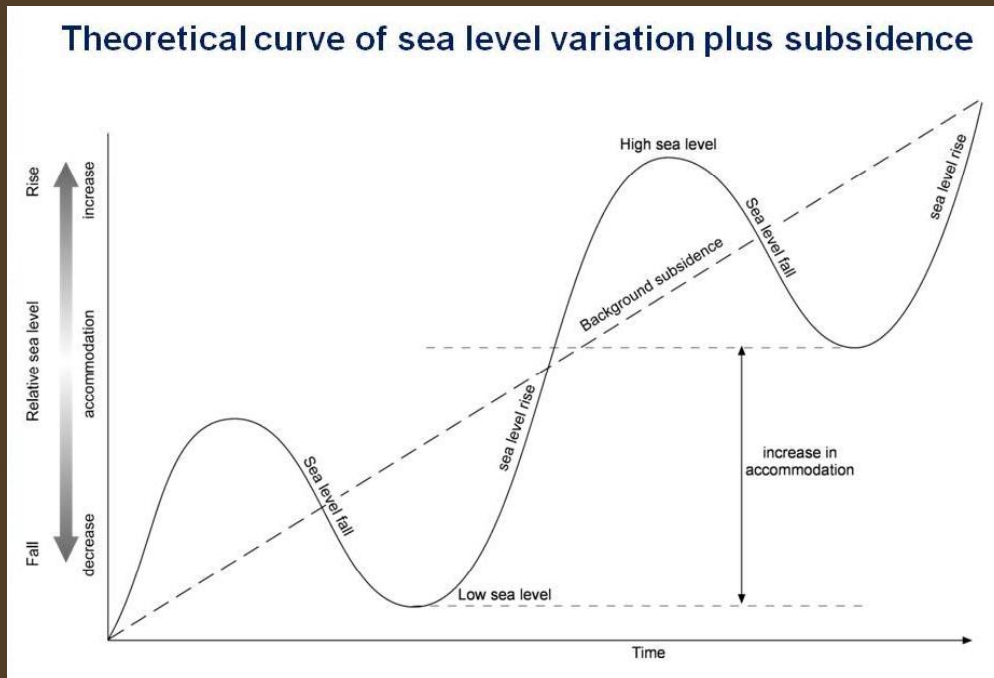
Curva sinusoidal de la suma de las anteriores.

Adición de curva más compleja que muestra la relación de equilibrio de acomodo-aporte de parasecuencias.

El descenso del n-mar lleva aquí a: regresión forzada.



Secuencias deposicionales y sistemas de tractos (pasajes)



SISTEMAS de TRACTOS ALTOS
HIGHSTAND SYSTEM TRACT (HST),

límites de secuencias
sequence boundary (SB),

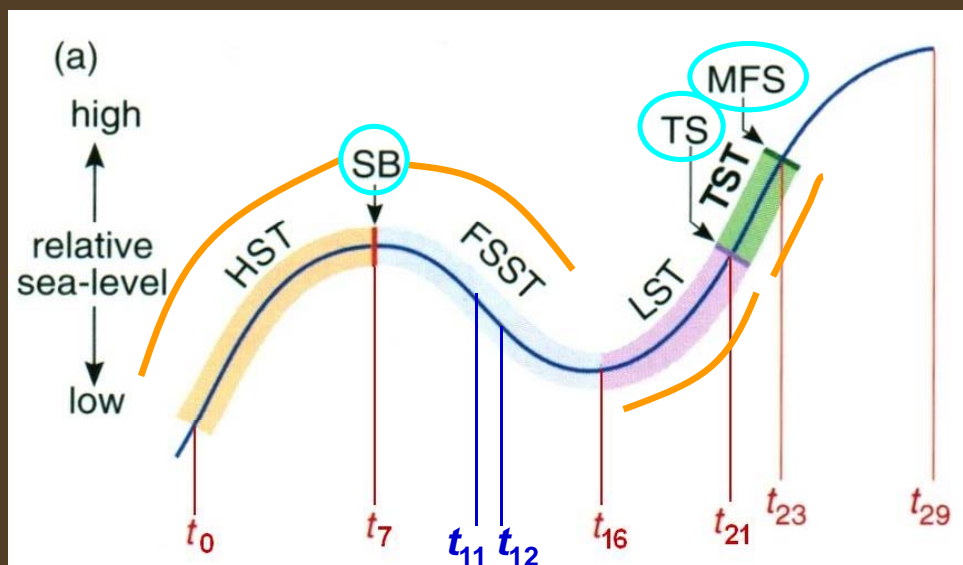
DESCENSO de SISTEMAS de TRACTOS
FALLING STAGE SYSTEM TRACT (FSST),

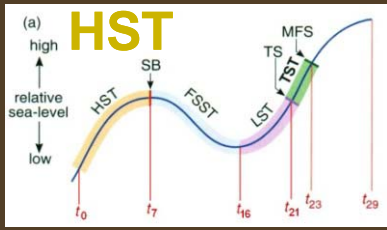
SISTEMAS de TRACTOS BAJOS
LOWSTAND SYSTEM TRACT (LST),

superficies transgresivas
transgressive surface (TS),

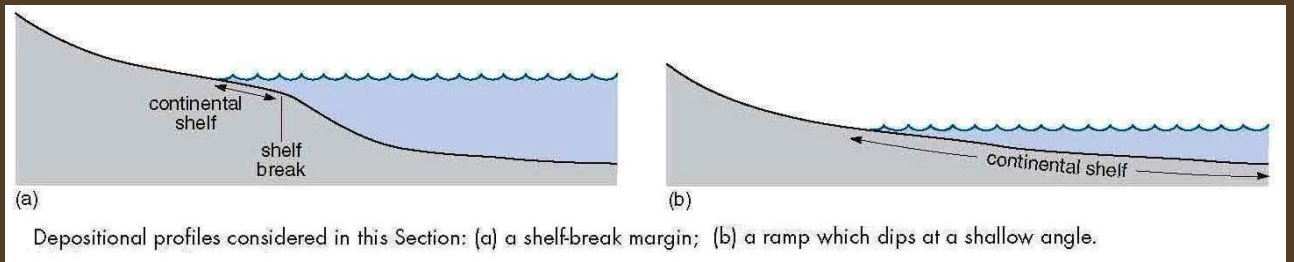
SISTEMAS de TRACTOS TRANSGRESIVOS
TRANSGRESIVE SYSTEM TRACT (TST)

superficies de máxima inundación
maximum flooding surface (MFS)

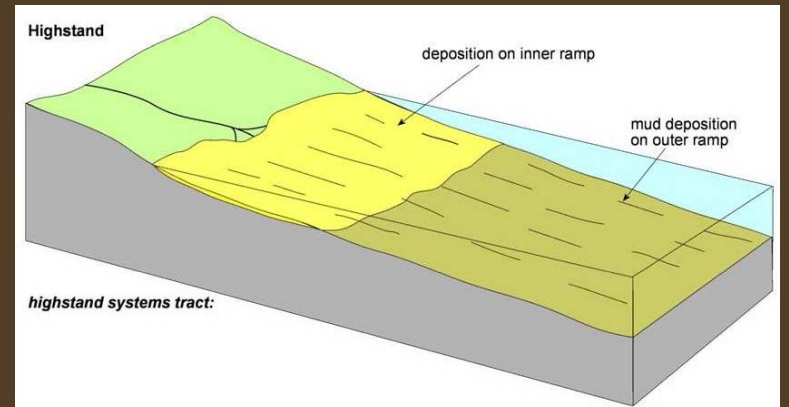
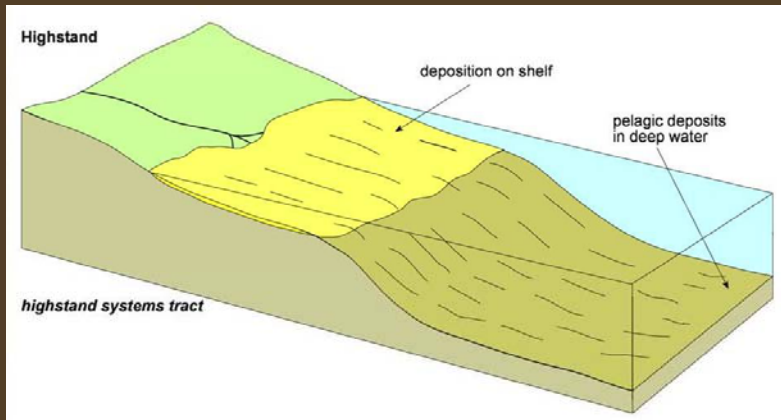




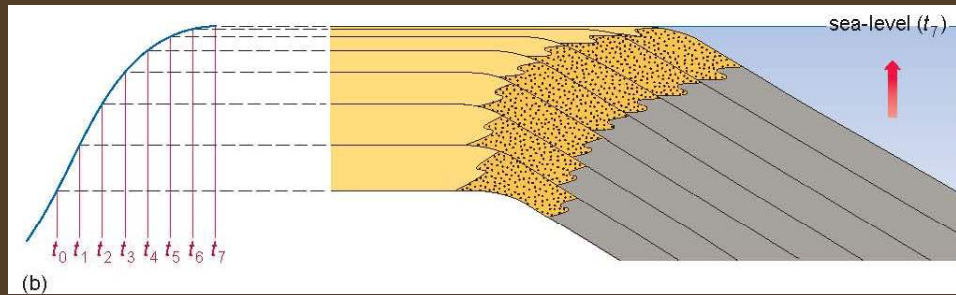
SB
HST
 MFS



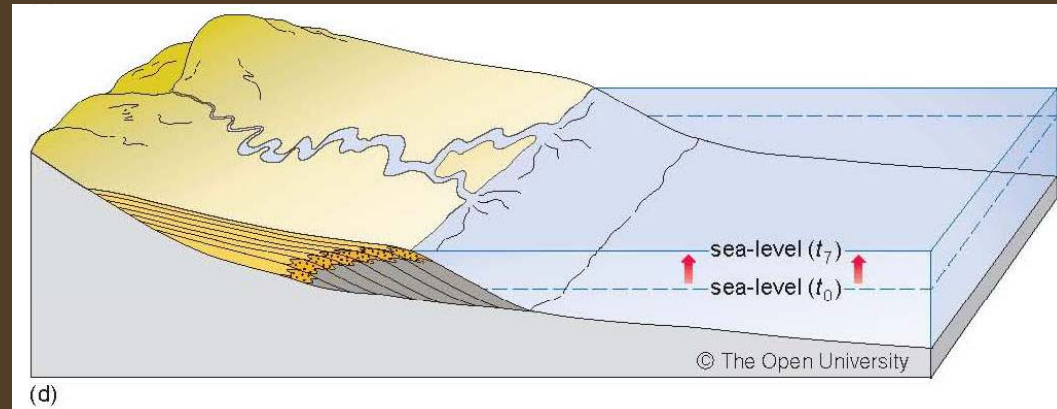
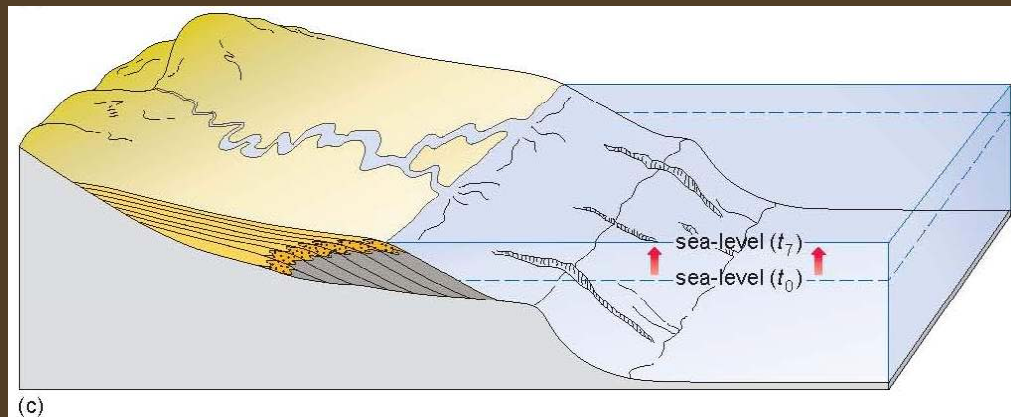
Inicio.-
 incrementa el
 n-mar relativo
 a una tasa máx.
 después de
 una: MFS
Fin.- el mar
 alcanza su máx.
 nivel relativo: SB

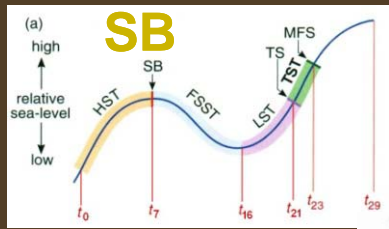


- alluvial and coastal plain sediments
- shallow-marine sediments
- offshore-marine sediments



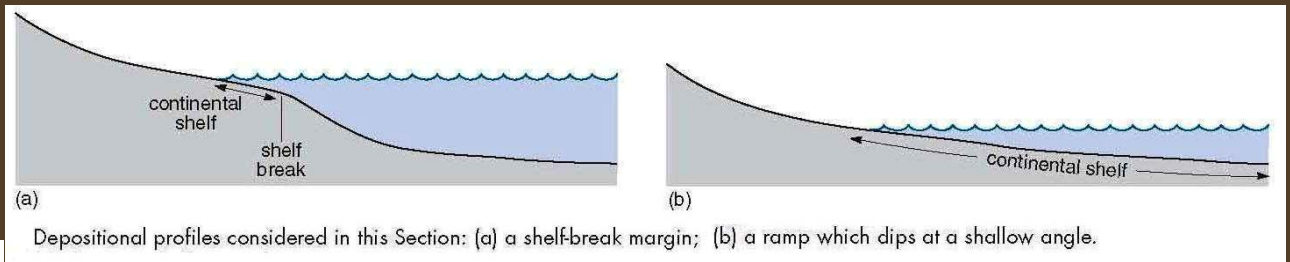
Elevación del n-mar
 con tasa estable a
 ligero decremento





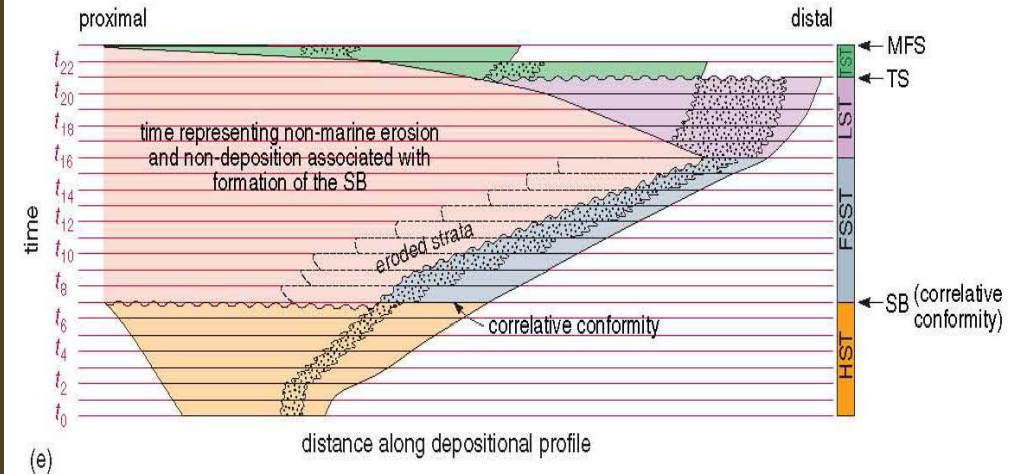
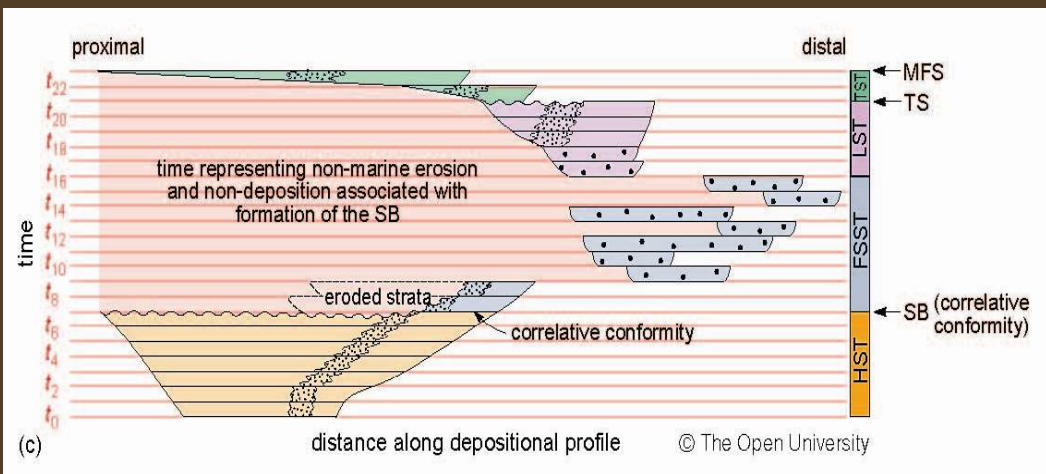
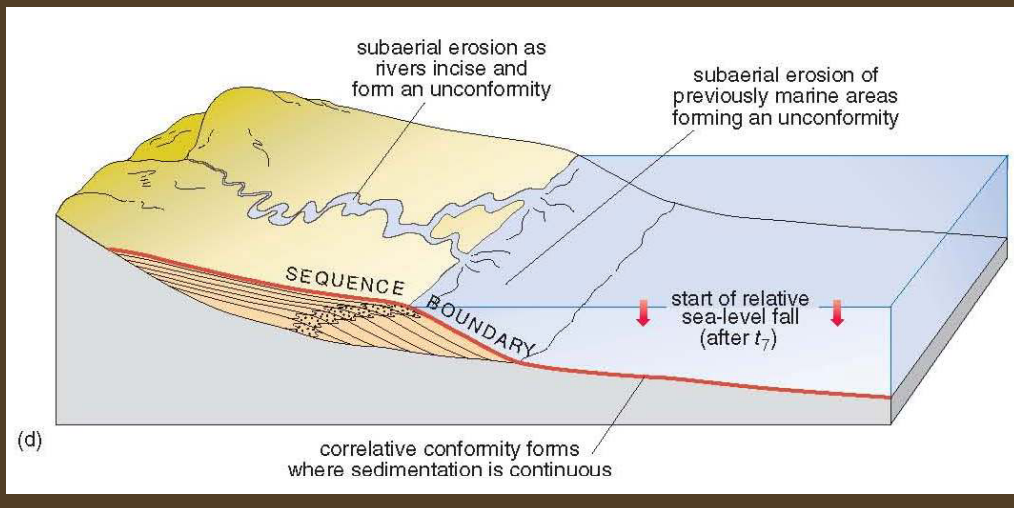
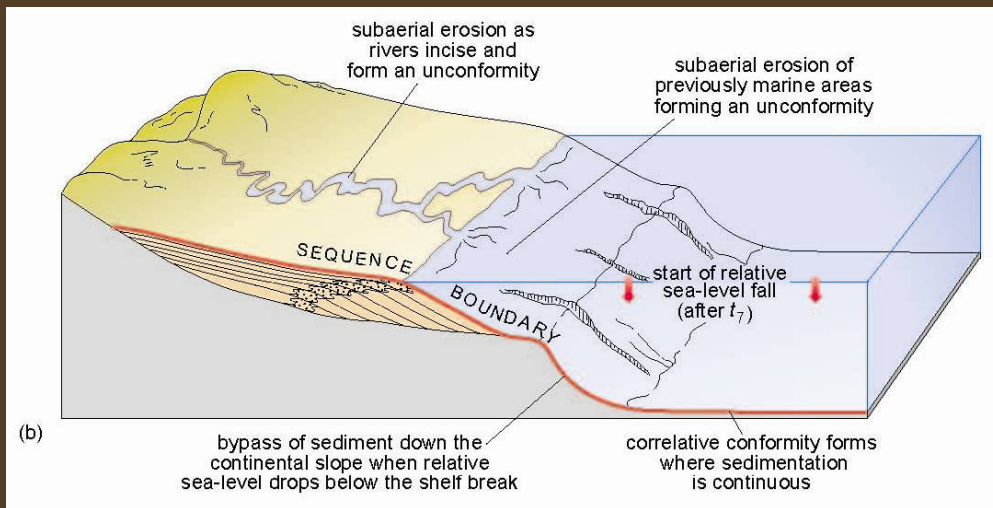
SB

- KEY
- sequence boundary
 - alluvial and coastal plain sediments
 - shallow-marine sediments
 - offshore-marine sediments
 - submarine fan sediments



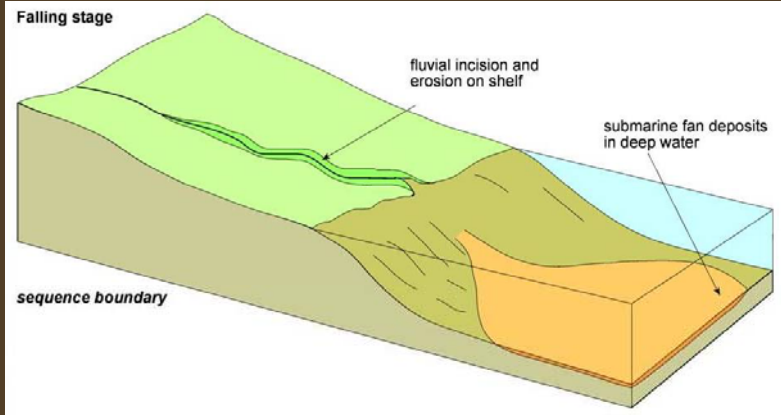
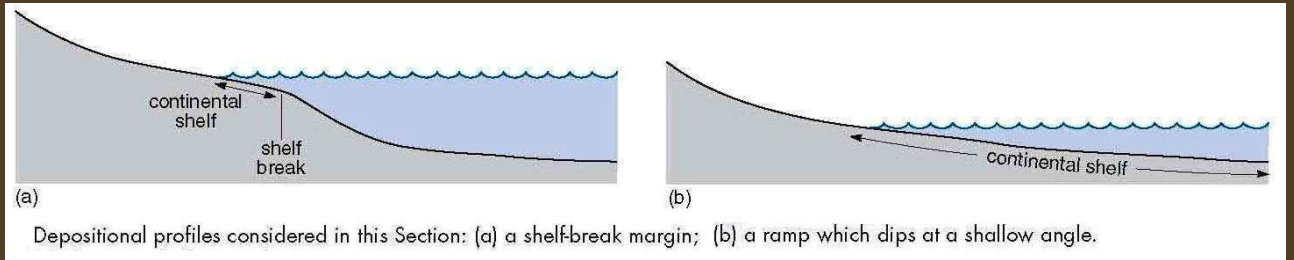
Depositional profiles considered in this Section: (a) a shelfbreak margin; (b) a ramp which dips at a shallow angle.

En el límite de una secuencia se: Inicia el descenso del n-mar relativo



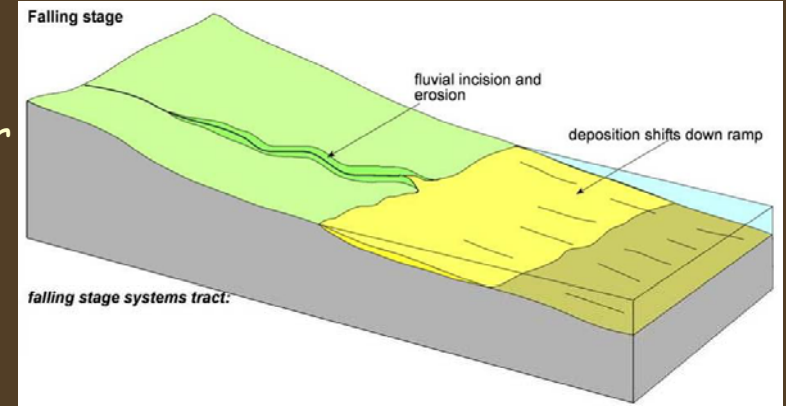


FSST

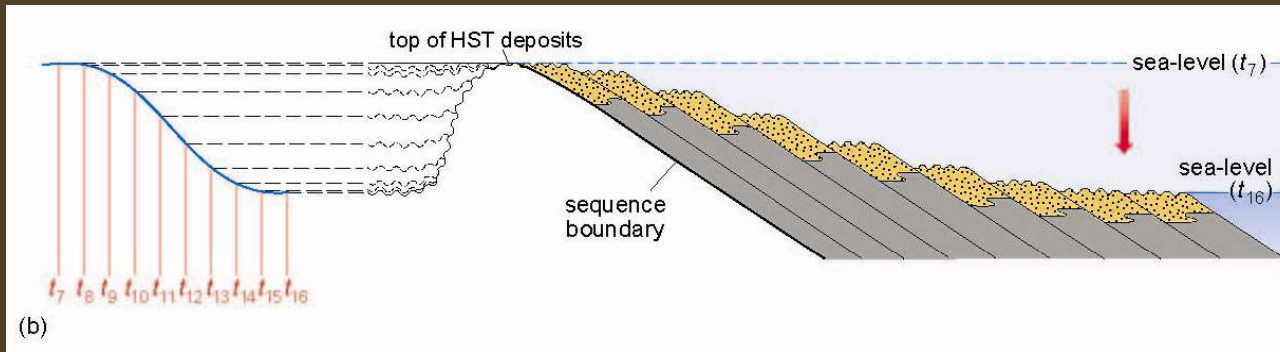


Inicio.- con la caída del n-mar relativo a partir de una: SB

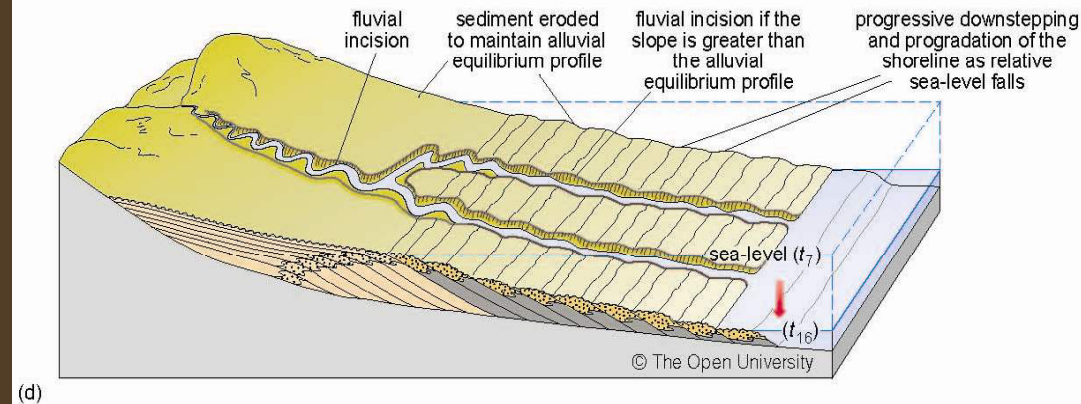
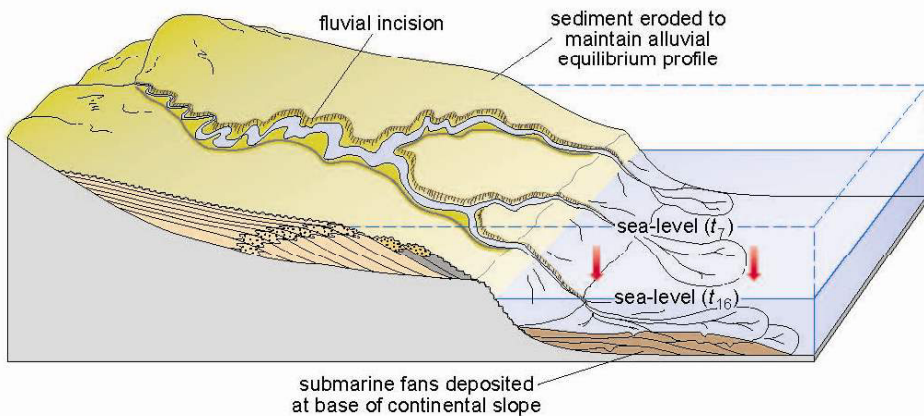
Fin.- en el min. n-mar relativo



- KEY to FSST sediments**
- shallow-marine sediments
 - offshore-marine sediments
 - submarine fan sediments



Descenso del n-mar (hasta regresión forzada)

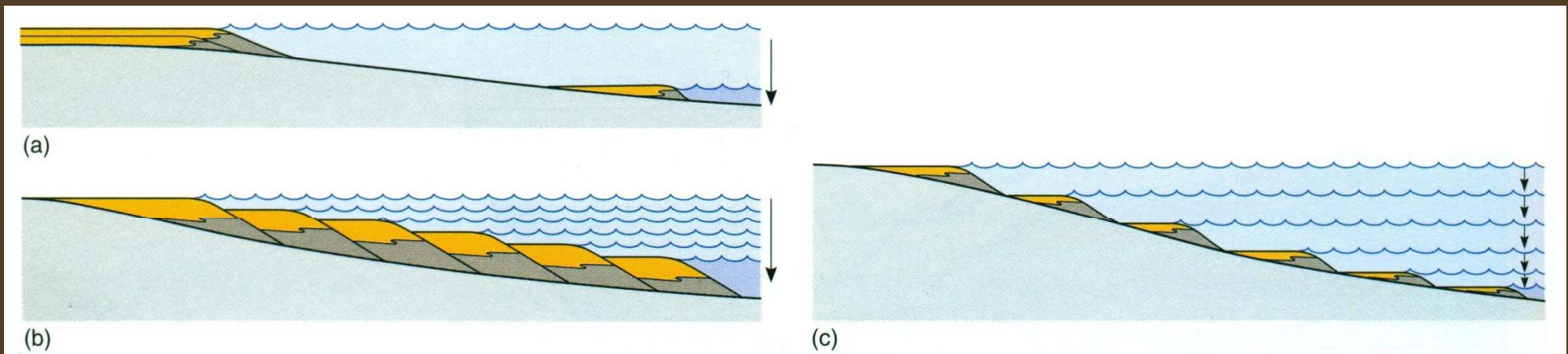
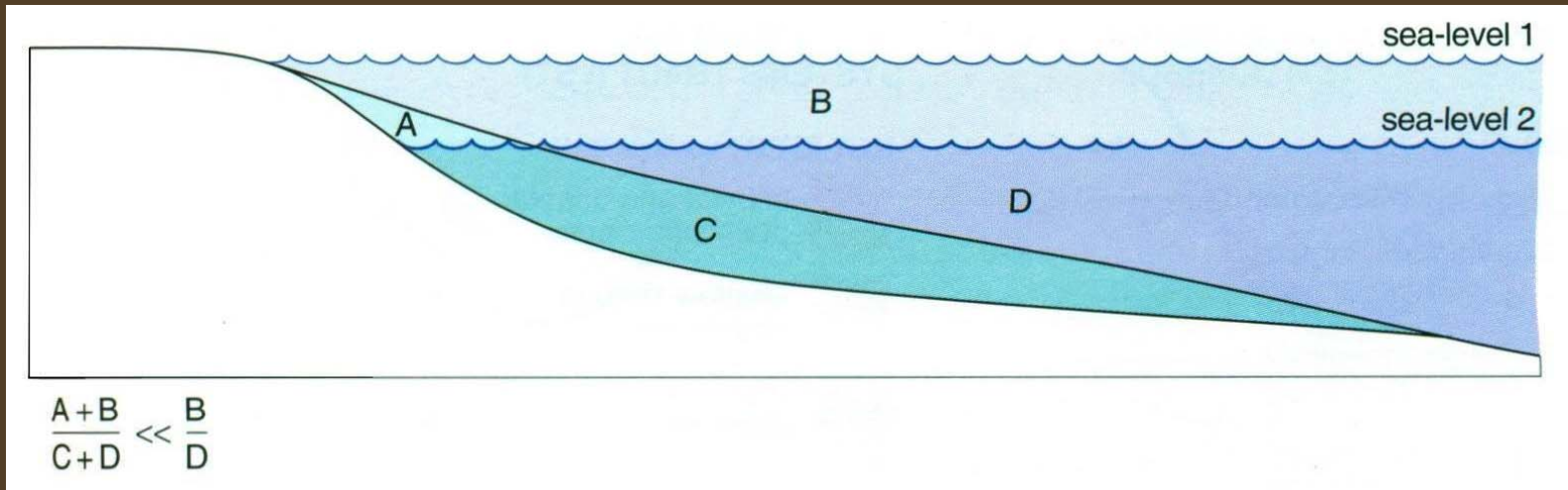




FSST

¿Qué ocurre de más importancia en este tracto?

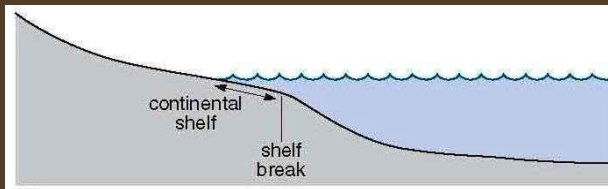
Pérdida en el espacio de acomodo debido a caída del n-mar



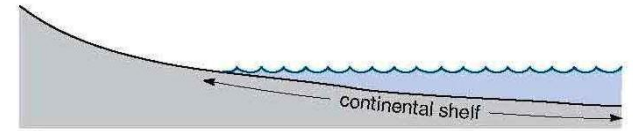
Diferentes escenarios durante una caída en el sistema de tractos (FFST).



LST

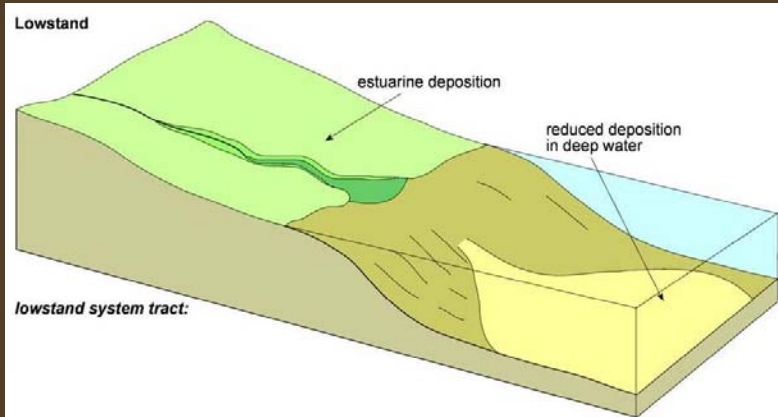


(a)



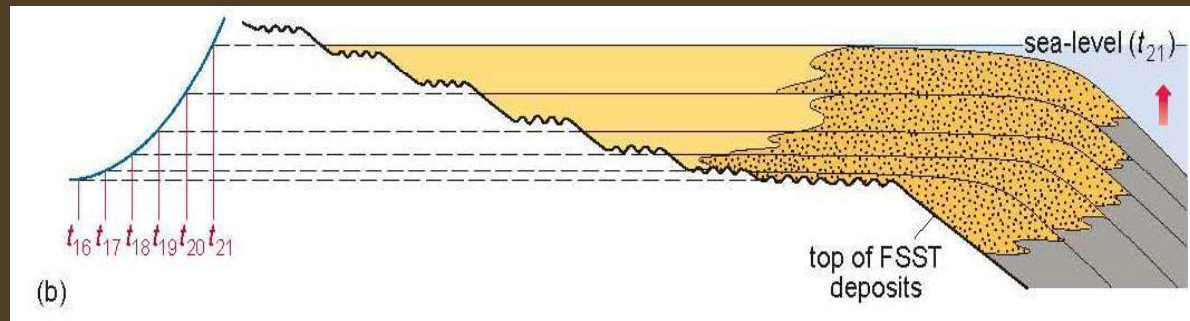
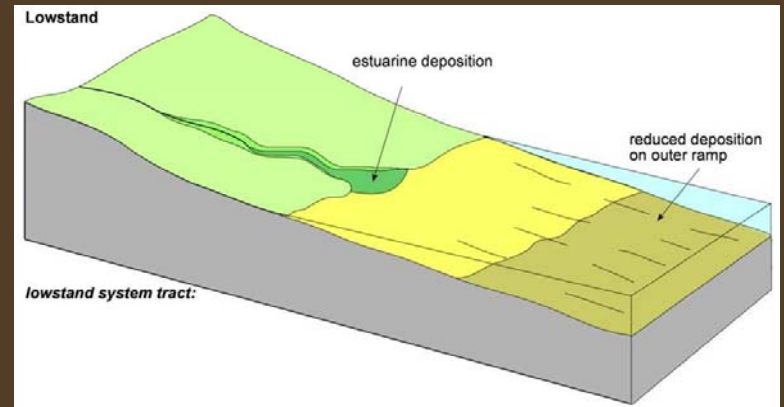
(b)

Depositional profiles considered in this Section: (a) a shelfbreak margin; (b) a ramp which dips at a shallow angle.

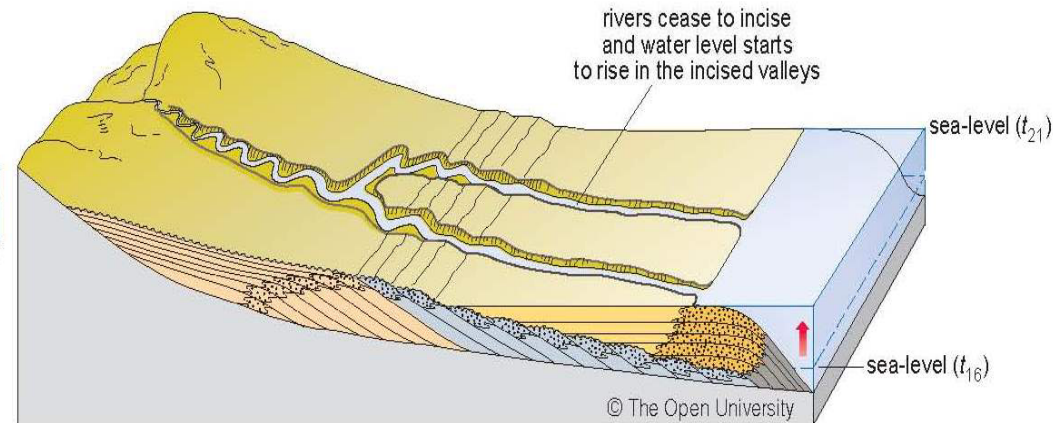
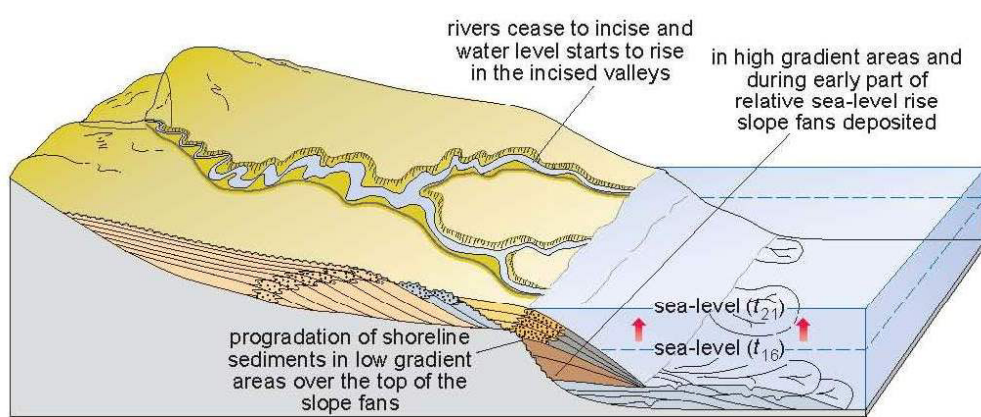


Inicio.- cuando el n-mar relativo está en su mínimo

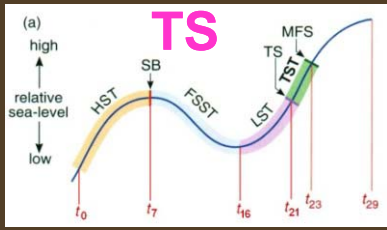
Fin.- cuando hay una elevación pronunciada del n-mar relativo: TS



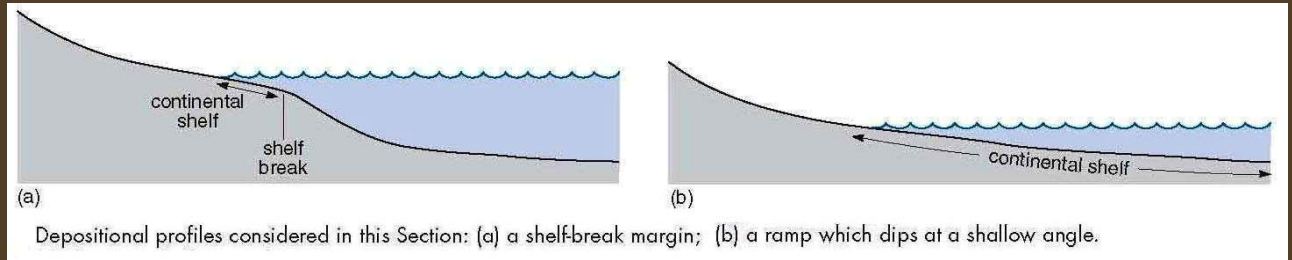
La elevación del n-mar es con tasas iniciales muy bajas a constantes



(c)

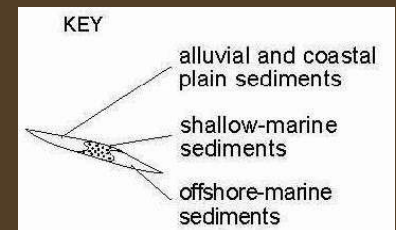
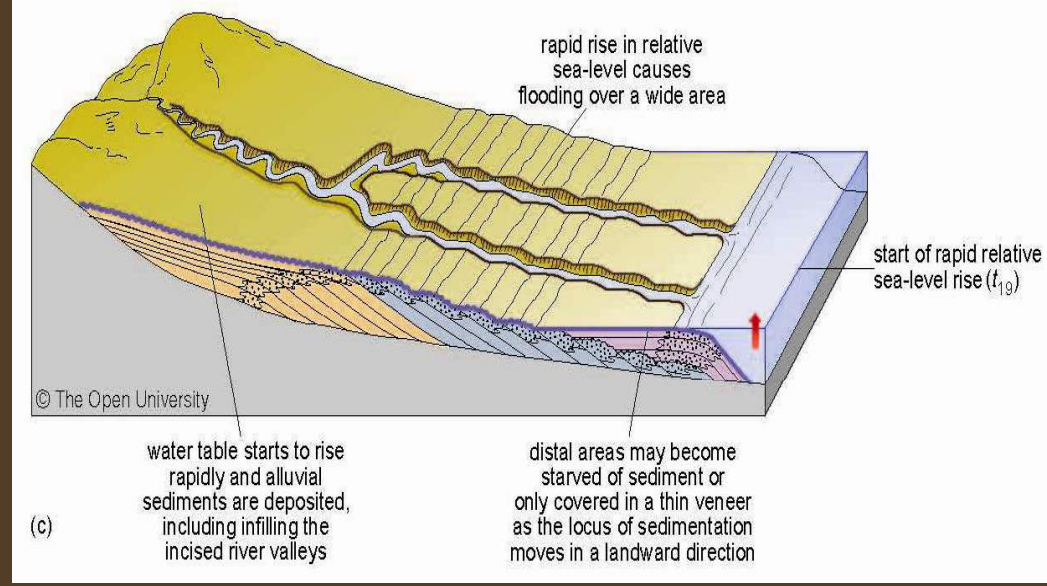
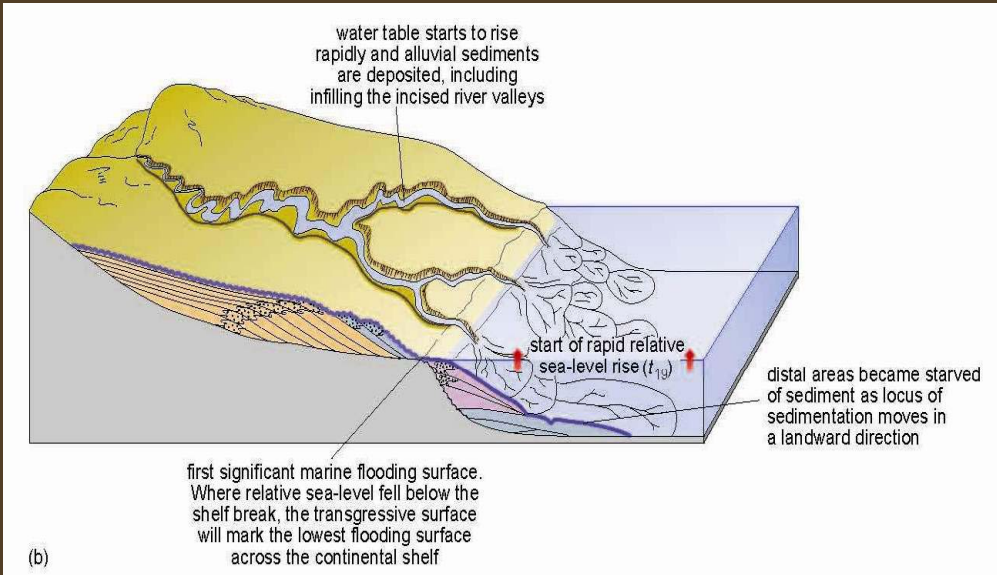


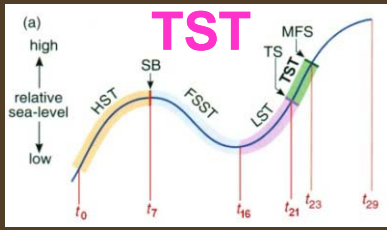
TS



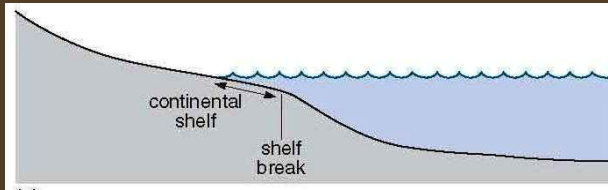
¿Cuándo ocurre la superficie transgresiva?: es el momento donde hay una pronunciada elevación del n-mar relativo

Se inicia el incremento en las tasas de elevación del n-mar

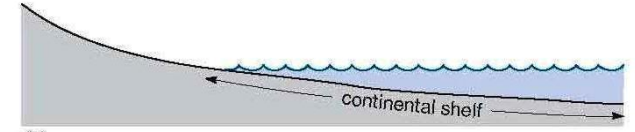




TST

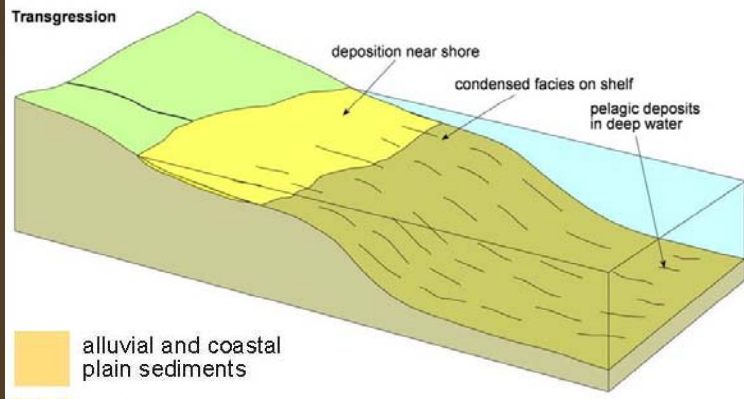


(a)



(b)

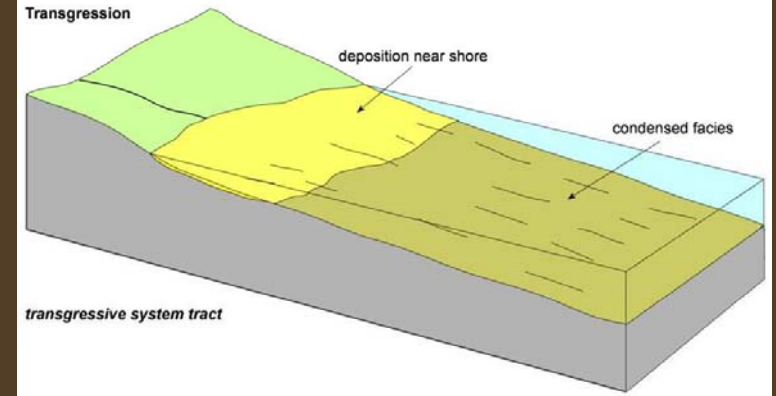
Depositional profiles considered in this Section: (a) a shelfbreak margin; (b) a ramp which dips at a shallow angle.



- alluvial and coastal plain sediments
- shallow-marine sediments
- offshore-marine sediments

Inicio.- después de un pronunciado aumento del n-mar relativo: TS

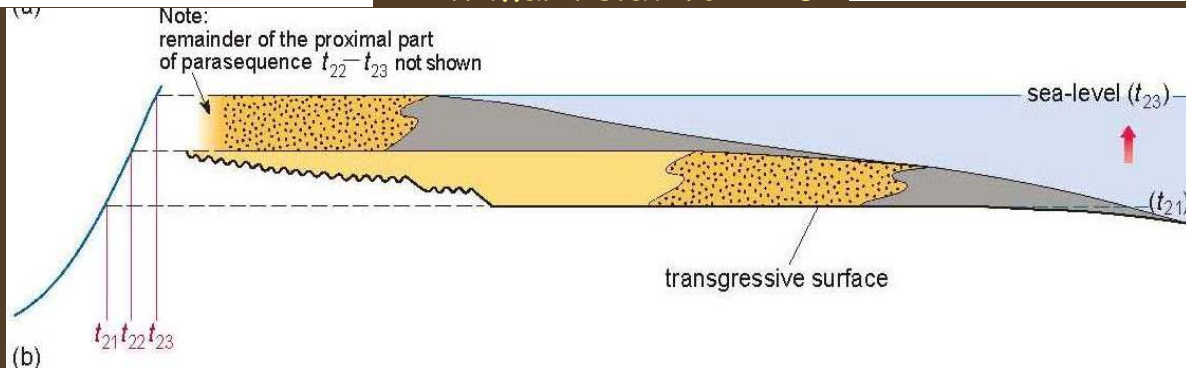
Fin.- cuando se alcanza la máxima tasa de elevación del n-mar relativo: MFS



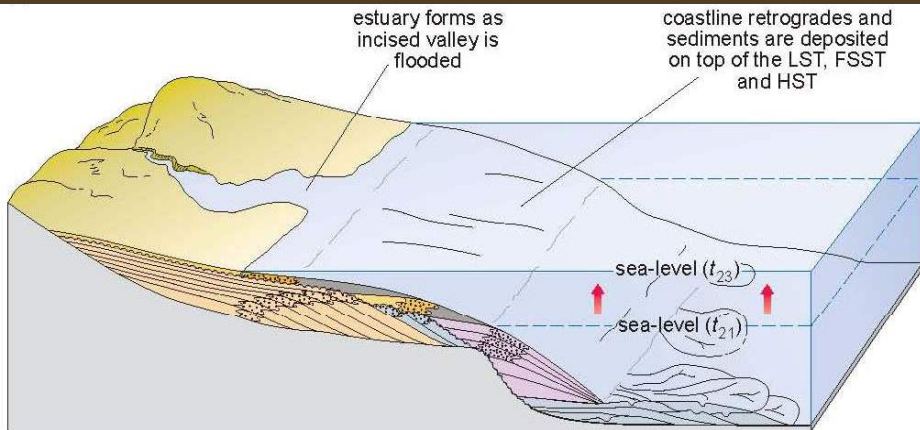
transgressive system tract

Elevación del n-mar con tasas que se incrementan

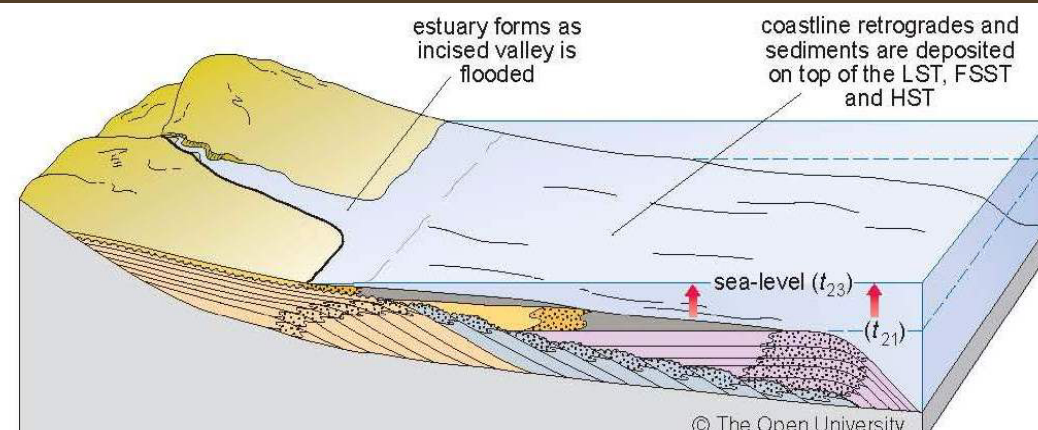
- KEY
- alluvial and coastal plain sediments
 - shallow-marine sediments
 - offshore-marine sediments



(b)

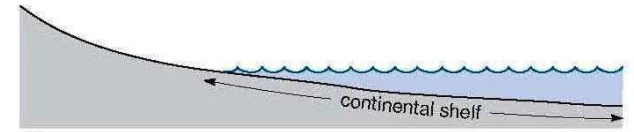
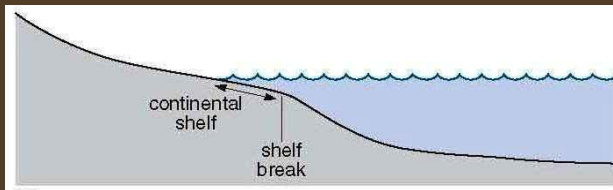


(c)



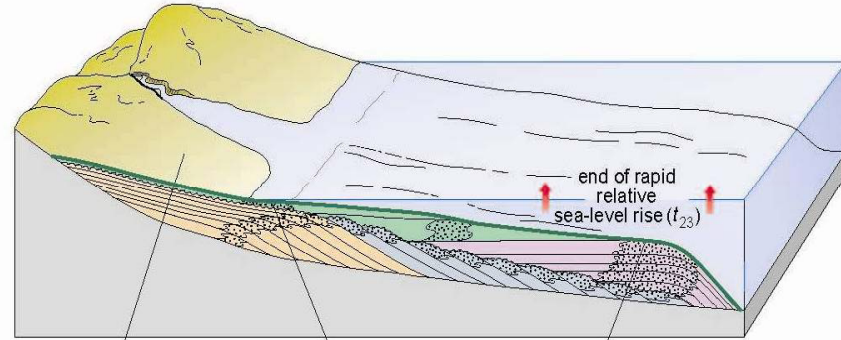
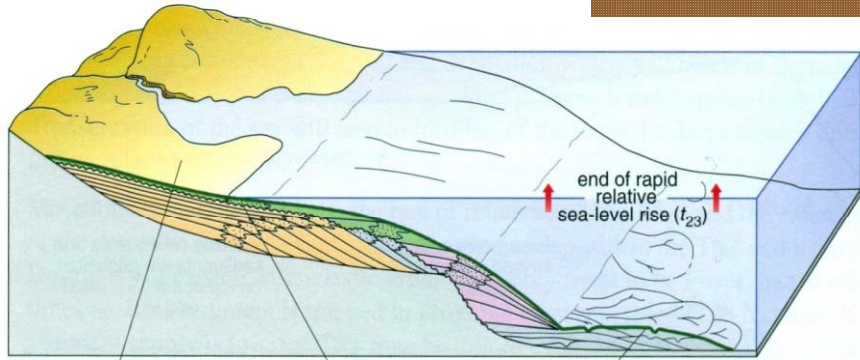
(d)

MFS



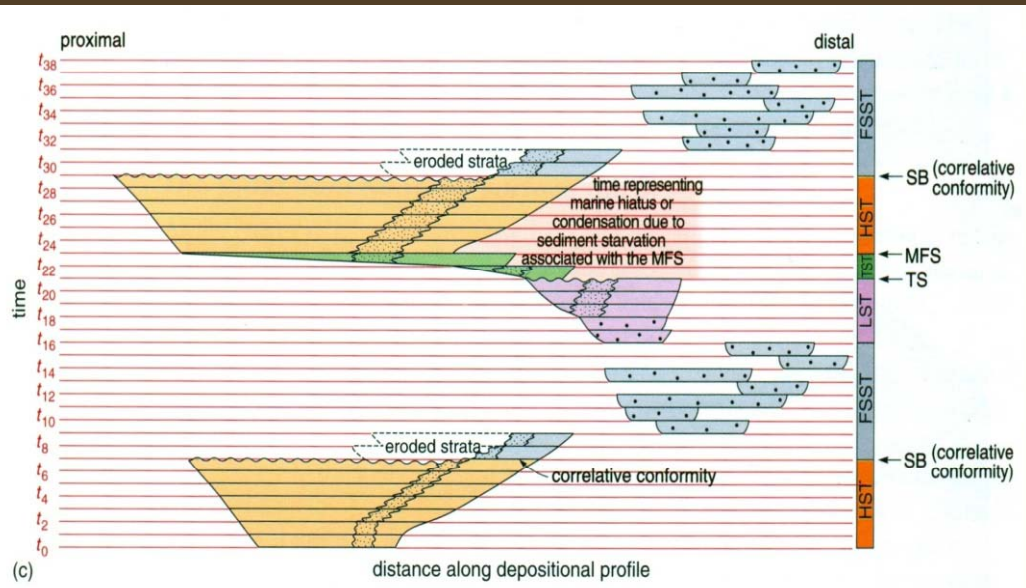
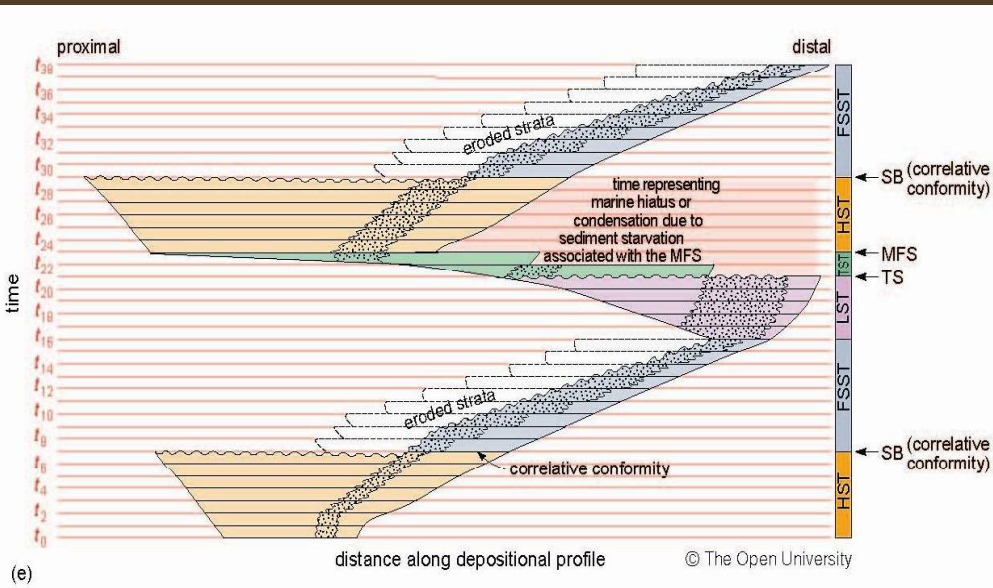
Depositional profiles considered in this Section: (a) a shelf-break margin; (b) a ramp which dips at a shallow angle.

Inicio.- A partir de la max. tasa de elevación del n-mar relativo



(d)

Fin.- cuando se da el máximo nivel del n-mar relativo



Formación de tractos, límites / superficies en un ciclo de secuencias estratigráficas

SB

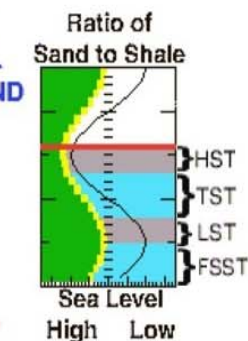
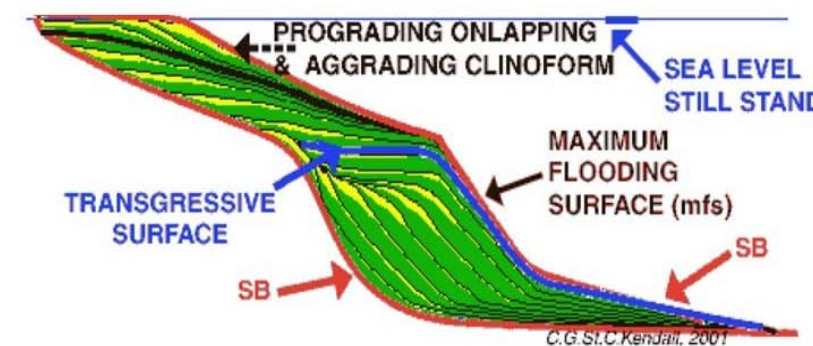
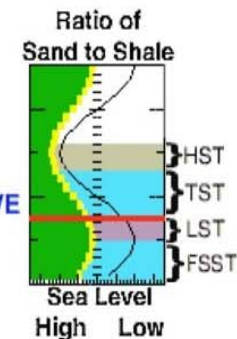
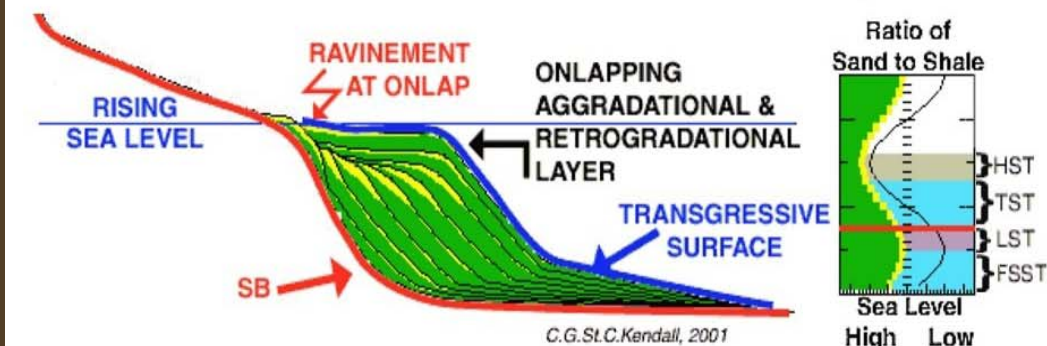
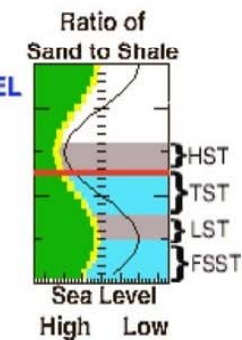
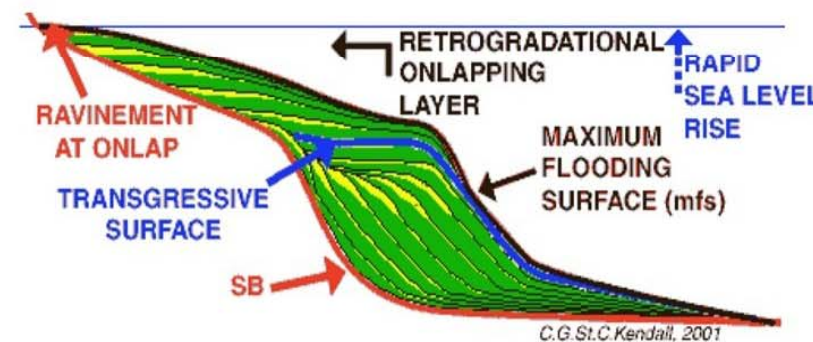
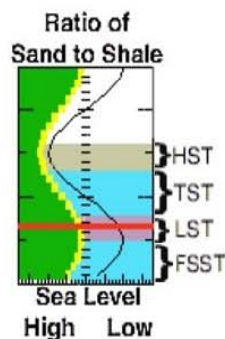
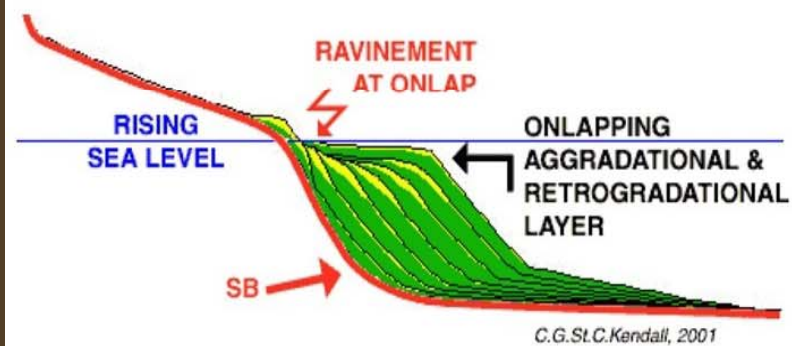
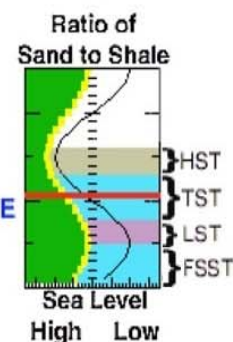
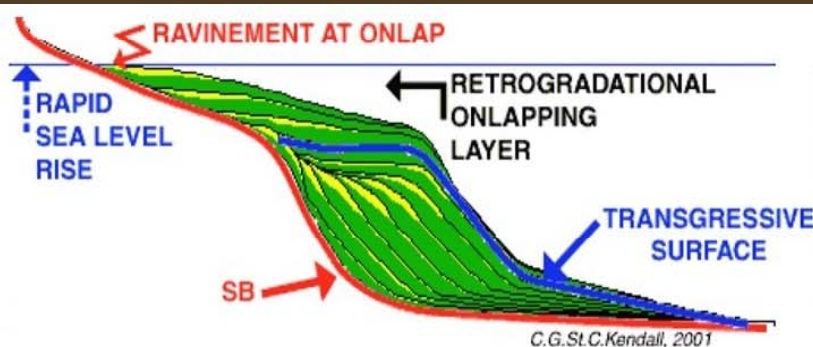
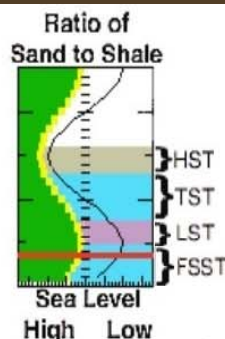
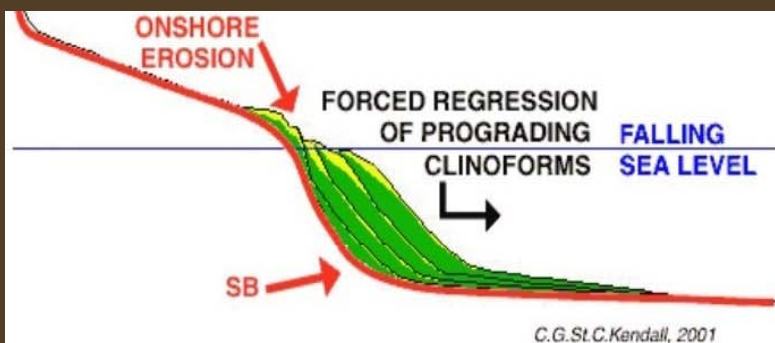
FSST

LST

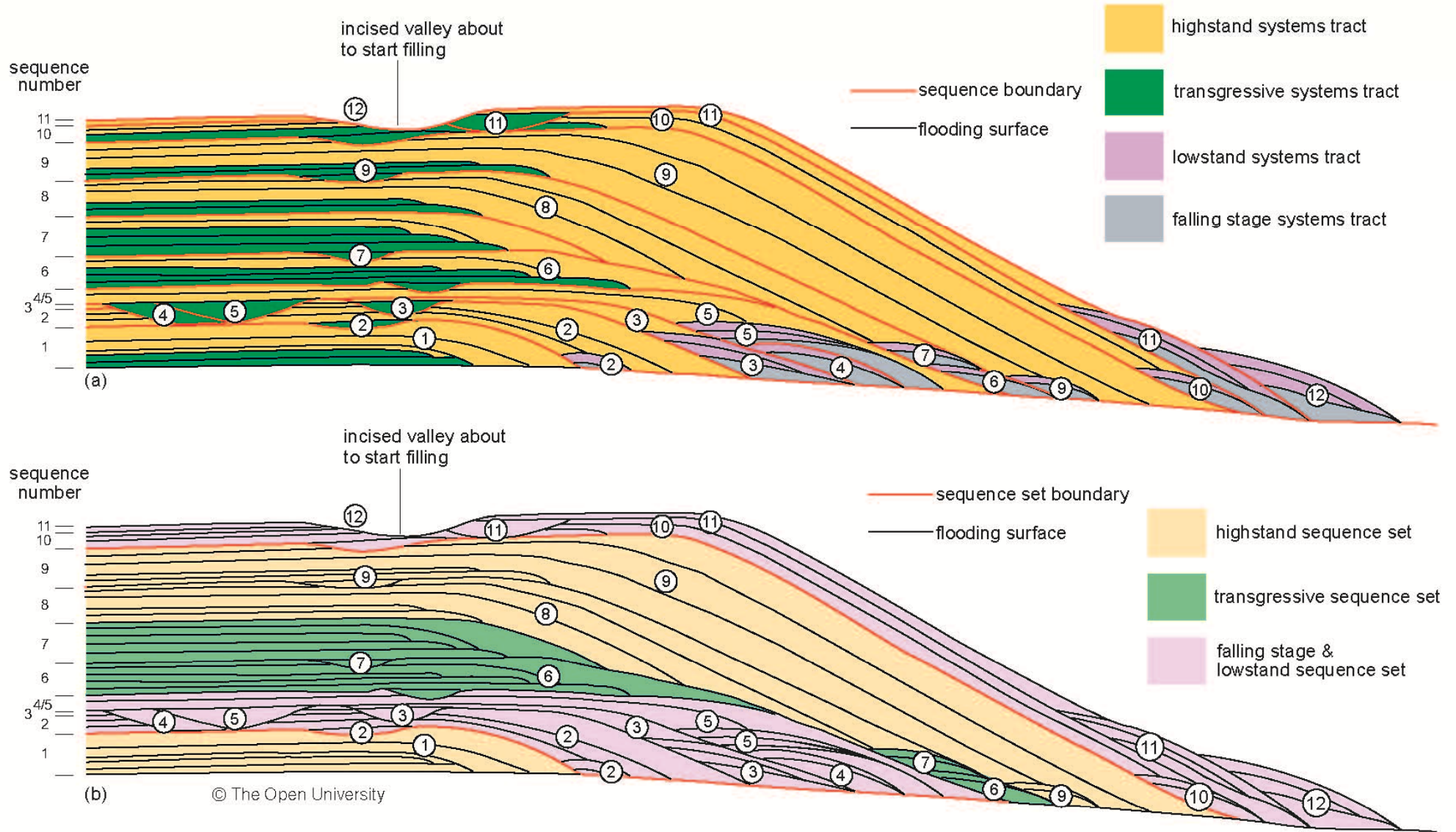
TS

TST

HST



Identificación de los trectos y límites / superficies de secuencias



Fuentes bibliográficas

Coe, A.L. (Ed.), 2003. The Sedimentary Record of Sea-level Change. Cambridge University Press, Cambridge.

Nichols, G., 2009. Sedimentology and Stratigraphy. Wiley-Blackwell
2nd. Edition