

Cuencas Sedimentarias

Análisis en función de su marco tectónico

Prof. Cecilia I. Caballero Miranda

Clase Sedimentología y Estratigrafía, Ccias de la Tierra. Fac. Ciencias-UNAM

Grandes regiones de la corteza donde se acumulan sedimentos en sucesiones de cientos a miles de metros de espesor durante largos periodos de tiempo (Ma)
Su extensión llega a ser de miles a millones de km²

A pequeña escala la acumulación de sedimentos se puede explicar por cambios en el nivel base de erosión, pero a gran escala debe haber subsidencia (tectónica) que permita el depósito continuado durante la historia de cambios del nbe

Una cuenca es un espacio en el que la relación:
Aporte de sedimentos vs Espacio de acomodo

es tal que se favorece la acumulación por largos períodos

*Los sedimentos,
proviene de un área fuente*

(áreas de topografía positiva)

*.. .. y se acumulan,
en una cuenca sedimentaria*

(áreas de topografía negativa)



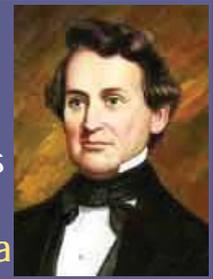
Concepto de geosinclinales

En el siglo 19 e inicios del 20 **1850's-1870's**, las cuencas sedimentarias se referían como geosinclinales

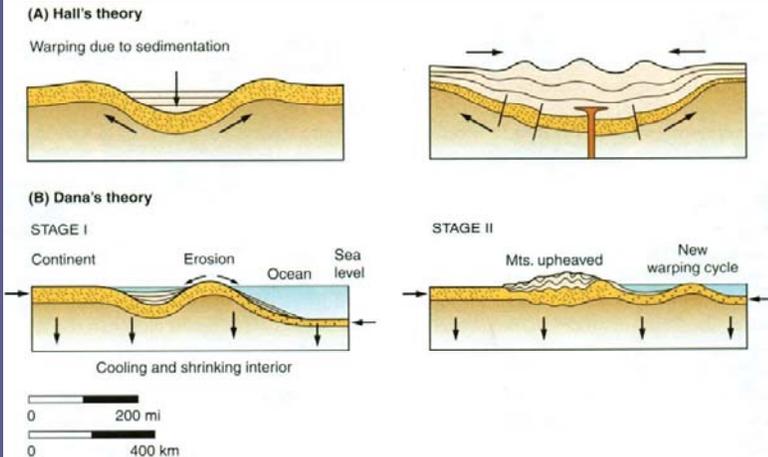
James Hall

y

James D. Dana

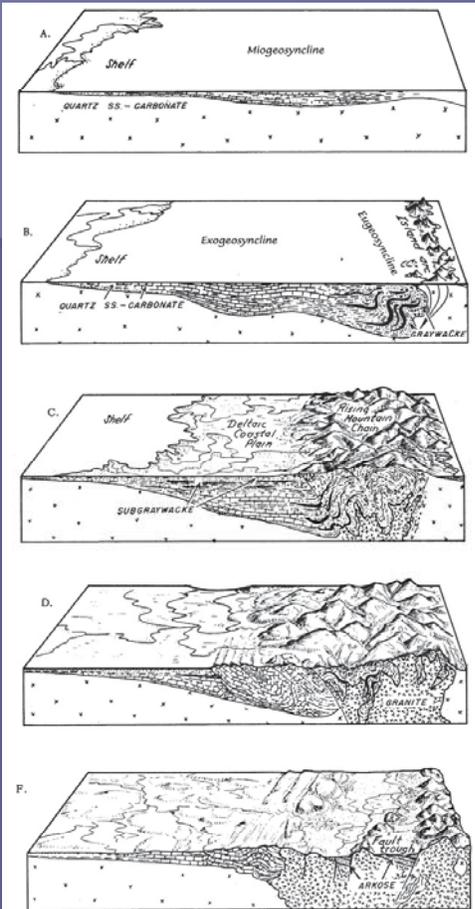


Se definían como amplias cuencas marinas alargadas contiguas a las márgenes continentales con sedimentos en grandes espesores en hundimiento progresivo que eran plegados hacia abajo y subsecuentemente deformados debido al peso de la carga sedimentaria y por el efecto del equilibrio isostático. Concepto mediante el cual se explicaba la construcción de montañas



(a) **Teoría de Hall.** Los gruesos espesores de sedimentos empujan hacia abajo a la corteza, la cual se estira y rompe, con resultado de plegar y afallar a los sedimentos y producir montañas

(b) **Teoría de Dana.** La corteza se pliega, en tanto que el interior de la tierra está relativamente frío. Los pliegues levantados se erosionan para producir sedimento que se acumula en las cuencas. Estas condiciones continuadas producen plegamiento y formación de montañas



Las 6 etapas en el desarrollo de un geosinclinal constructor de montañas (Brice, 1962).

Whitmeyer S J et al. Geosphere 2007;3:511-526

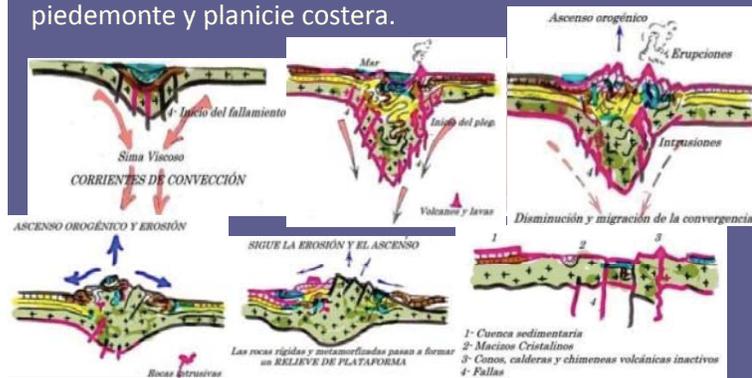
(A) **Miogeosinclinal preorogénico.** Carbonatos someros; ars de Qz; sin volcánicos; tectónica estable

(B) **Arco volcánico hacia el océano + subsidencia: Eugeosinclinal.** Sedimentos inmaduros: grauwaca (flysch), flujos lava

(C) **Emplazamiento de granitos, metamorfismo regional; compresión y plegamiento, fallamiento y levantamiento de montañas.** Subgrauvacas (molasa) en planicies costeras de deltas, ambientes marinos someros.

(D - E) **Erosión de montañas formadas**

(F) **Formación de sistemas de grabenes.** Depósitos de piedemonte y planicie costera.



Controles para la formación de cuencas sedimentarias

Los enfoques modernos consideran primeramente como controles:

A. Espacio de acomodo

Variables:

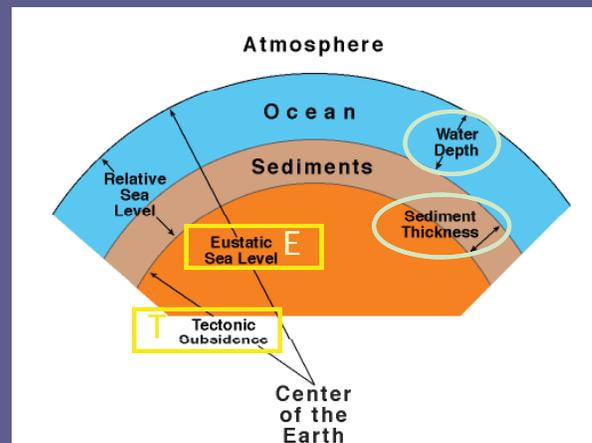
- subsidencia tectónica = T
- incremento eustático del n-mar = E
- tasa de sedimentación = S
- incremento de la profundidad del agua = W

$$T + E = S + W$$

B. Fuente de aporte de sedimentos

Variables:

- Topografía *Tectónica*
- Roca madre/material parental
- Clima / Vegetación; Condiciones químicas / bioquímicas

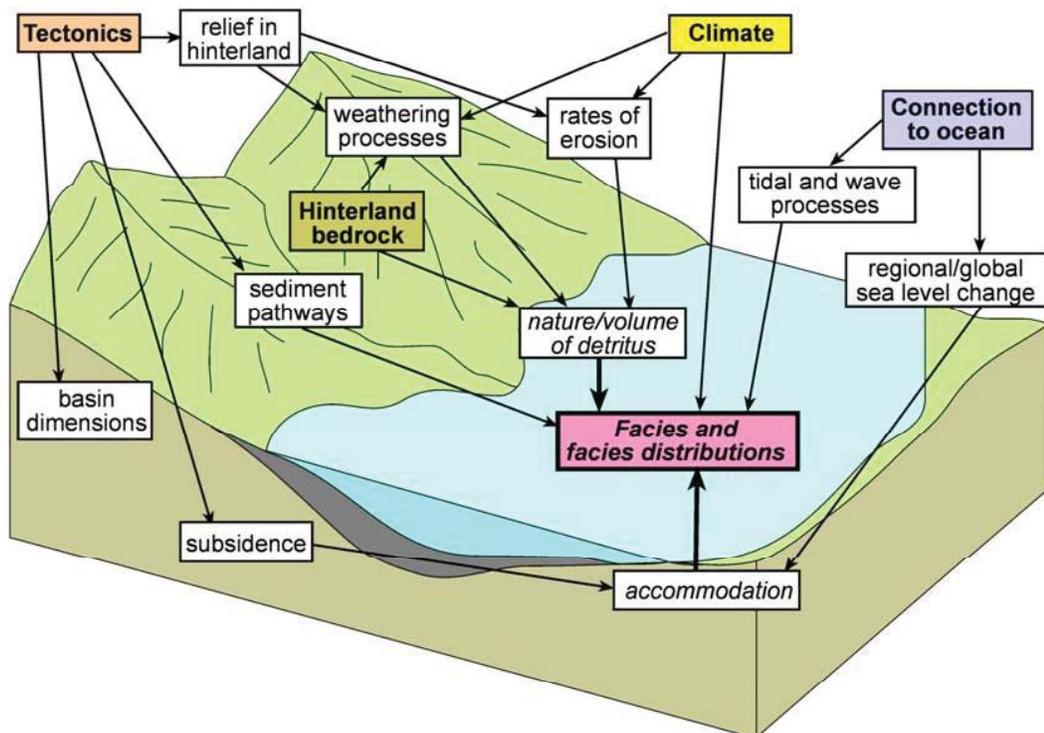


Los mecanismos en que ocurren estos controles se enmarcan en la dinámica de la Tectónica de Placas

5

24-2

Controls on the facies of deposits in sedimentary basins



Gary Nichols
Sedimentology
& Stratigraphy

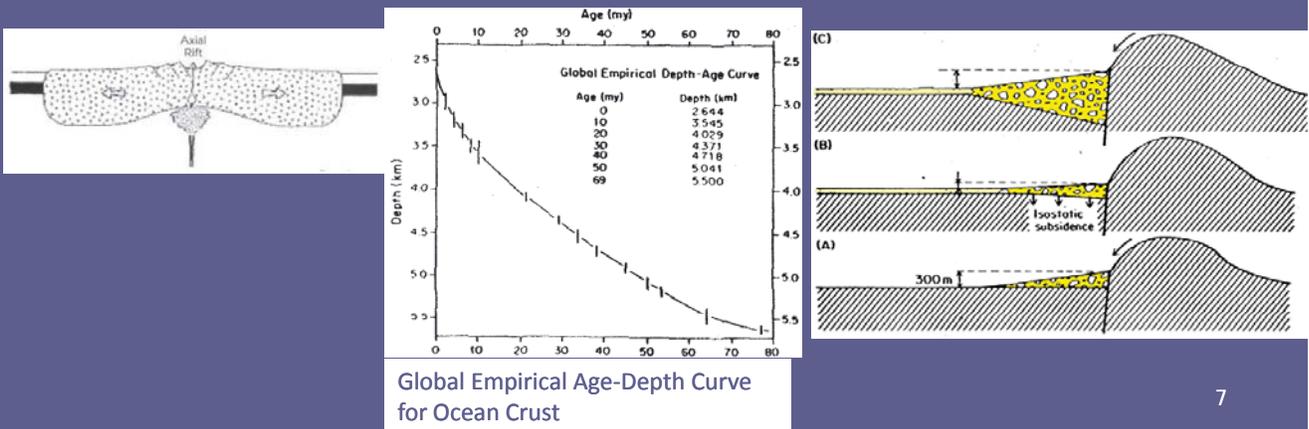


WILEY-BLACKWELL

6

Mecanismos de subsidencia

1. Adelgazamiento cortical (extensión). *Anomalía térmica del manto, fallamiento normal (grabenes)*
2. Subsidencia térmica (engrosamiento del manto listosférico). aprox de 1-10cm/1ka vs levantamiento (puntos calientes) 20cm/1ka
3. Efecto de carga (sedimentaria, volcánica, hielo/agua)
4. Apilamiento tectónico (carga tectónica)



Mecanismos de subsidencia desglosados

(tomado de: *Principles of Sedimentology and Stratigraphy; Boggs, 2014*)

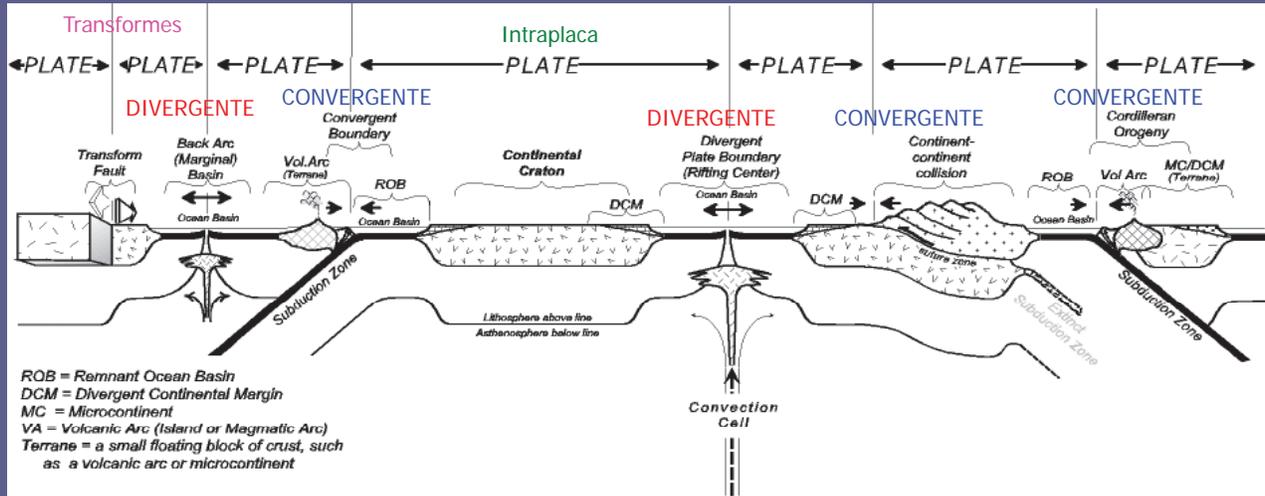
TABLE 1 Possible mechanisms of crustal subsidence

Crustal thinning 1.	extensional stretching, erosion during uplift, and magmatic withdrawal
Mantle-lithospheric thickening 2.	cooling of lithosphere following either cessation of stretching or heating due to adiabatic melting or rise of asthenospheric melts
Sedimentary and volcanic loading 3.	local isostatic compensation of crust and regional lithospheric flexure, dependent on flexural rigidity of lithosphere, during sedimentation and volcanism
Tectonic loading 4.	local isostatic compensation of crust and regional lithospheric flexure, dependent on flexural rigidity of underlying lithosphere, during overthrusting and/or underpulling
Subcrustal loading:	lithospheric flexure during underthrusting of dense lithosphere
Asthenospheric flow	dynamic effects of asthenospheric flow, commonly due to descent or delamination of subducted lithosphere
Crustal densification	increased density of crust due to changing pressure/temperature conditions and/or emplacement of higher-density melts into lower-density crust

Source: Dickinson, 1993; Ingersoll and Busby, 1995.

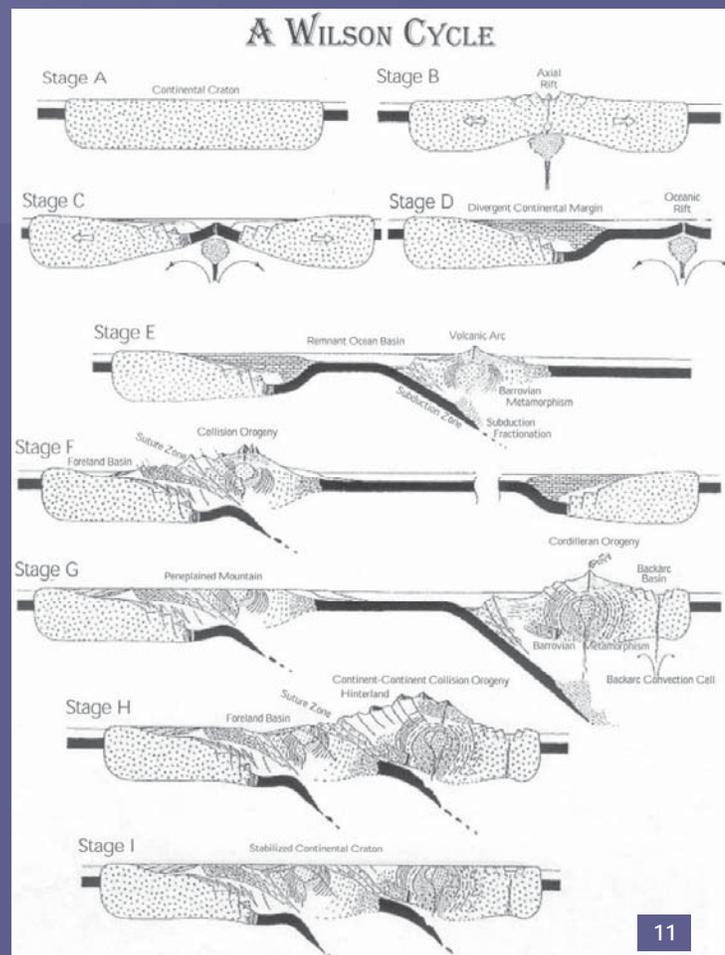
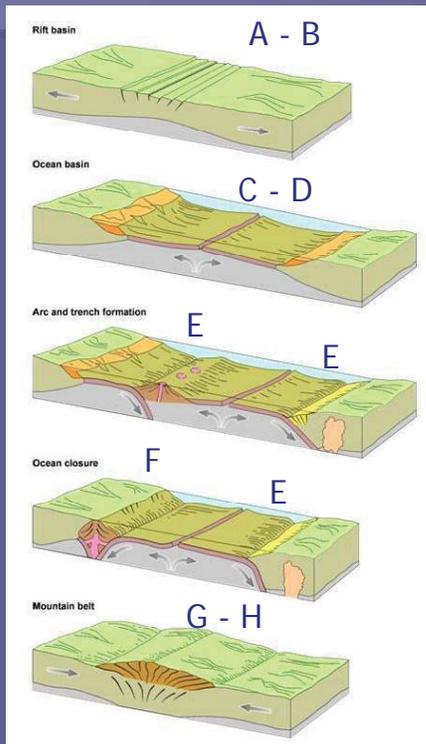
Mecanismos en el marco de la dinámica de la Tectónica de Placas

Los movimientos de las placas, aunque con marcado desplazamiento lateral, tienen una componente vertical: regiones de engrosamiento y adelgazamiento cortical con incremento de topografía (c. continental) y zonas de subsidencia



		Subsidence Mechanisms		
		Dominant	Important	Minor
Basin Types		Crustal Thinning	Mantle-Lithospheric Thickening	Sedimentary and Volcanic Loading
DIVERGENT	Terrestrial Rift Valleys	Dominant	Minor	Minor
	Proto-Oceanic Rift Troughs	Dominant	Minor	Minor
	Continental Rises and Terraces	Minor	Minor	Minor
INTRAPLATE	Continental Embankments	Minor	Minor	Minor
	Intracratonic Basins	Minor	Minor	Minor
	Continental Platforms	Minor	Minor	Minor
	Active Ocean Basins	Minor	Minor	Minor
	Oceanic Islands, Aseismic Ridges/Plateaus	Minor	Minor	Minor
CONVERGENT	Dormant Ocean Basins	Minor	Minor	Minor
	Trenches	Minor	Minor	Minor
	Trench-Slope Basins	Minor	Minor	Minor
	Fore-arc Basins	Minor	Minor	Minor
	Intra-arc Basins	Minor	Minor	Minor
	Back-arc Basins	Minor	Minor	Minor
	Retro-arc Foreland Basins	Minor	Minor	Minor
	Remnant Ocean Basins	Minor	Minor	Minor
	Peripheral Foreland Basins	Minor	Minor	Minor
	Piggyback Basins	Minor	Minor	Minor
TRANSFORM	Foreland Intermontane Basins	Minor	Minor	Minor
	Transtensional Basins	Minor	Minor	Minor
	Transpressional Basins	Minor	Minor	Minor
	Transrotational Basins	Minor	Minor	Minor
HYBRID	Intracontinental Wrench Basins	Minor	Minor	Minor
	Aulacogens	Minor	Minor	Minor
	Impactogens	Minor	Minor	Minor
Successor Basins	Minor	Minor	Minor	

Apertura y cerrado de cuencas oceánicas y creación de corteza continental en los diferentes entornos /estadios de la Tectónica de Placas



Interrogantes en el estudio de cuencas sedimentarias

- ¿Cuál era la clase y proporciones de los sedimentos que rellenaron la cuenca?
- ¿Cuáles eran las fuentes de sedimento y cuáles los medios de transporte para llenar los diferentes sitios de la cuenca?
- ¿Cuál fue la historia del llenado de la cuenca?

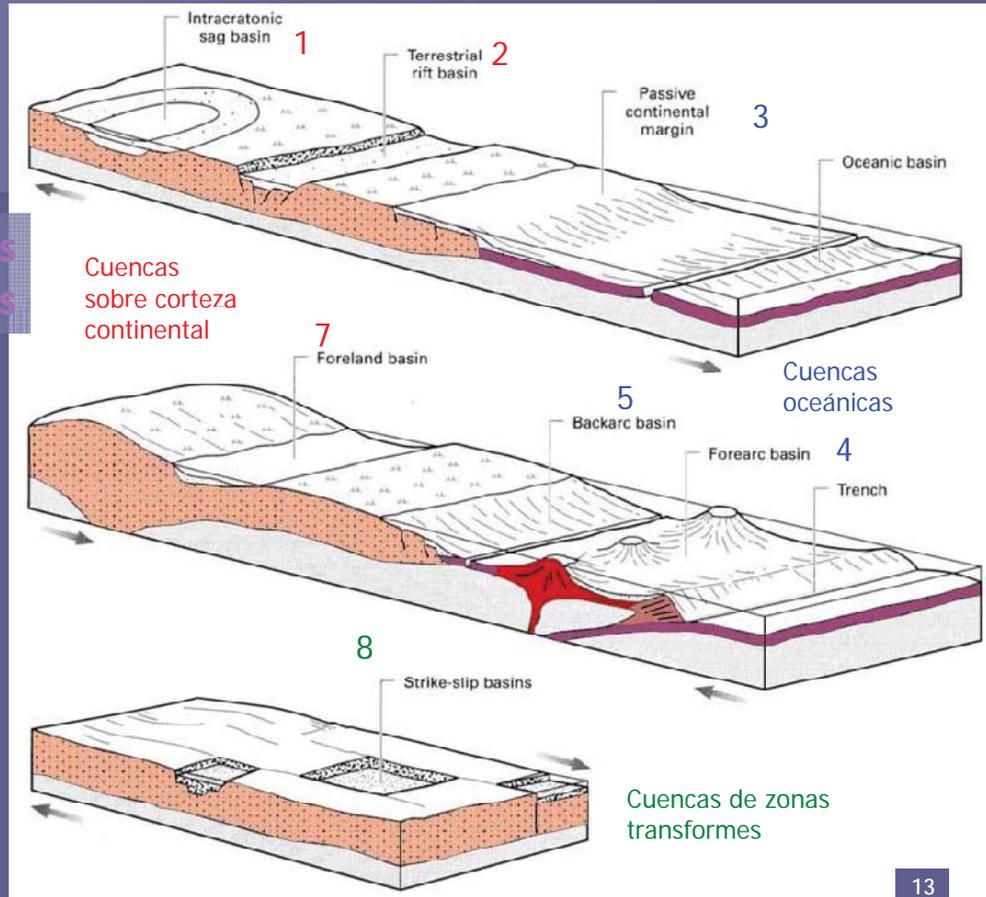
Ritmos de depósito, Rocas fuente, Inferencias climáticas,

- ¿Cómo era el tamaño y forma de la cuenca? y cómo se modificaron estas dimensiones conforme la cuenca se fue llenando?
- ¿Cómo puede ser identificada la geometría original de la cuenca considerando la deformación subsecuente?
- ¿Cuál era o el tipo de corteza: oceánica o continental, sobre el que se desarrollo la cuenca?
- ¿Cuál era el marco tectónico de la cuenca?

Análisis de Cuencas sedimentarias en el marco de la dinámica de la Tectónica de Placas

Cuencas sedimentarias

en el marco de las diferentes etapas /dominios tectónicos identificados en la dinámica de la Tectónica de Placas

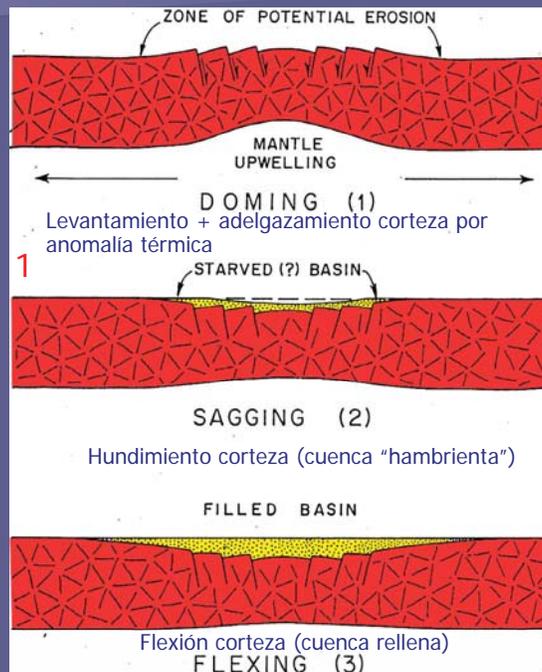


Cuencas intra-placa (intracratónicas)

Stage A / Etapa A del Ciclo Wilson

1. Cuencas Intra-placa (Sag) :
Subsidencia
Térmica/Isostática/???

Ej. Paleozoico Cuenca de Michigan; Cuenca de Illinois

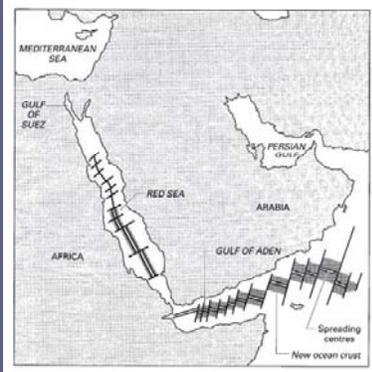


Cuencas de Rift y proto-oceánicas

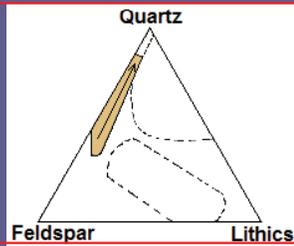
2. Cuencas de rift:

Anomalía térmica, adelgazamiento y extensión cortical (grabens)

Ej. moderno: provincia de Pilares y cuencas -Basin and Range- (USA-México)



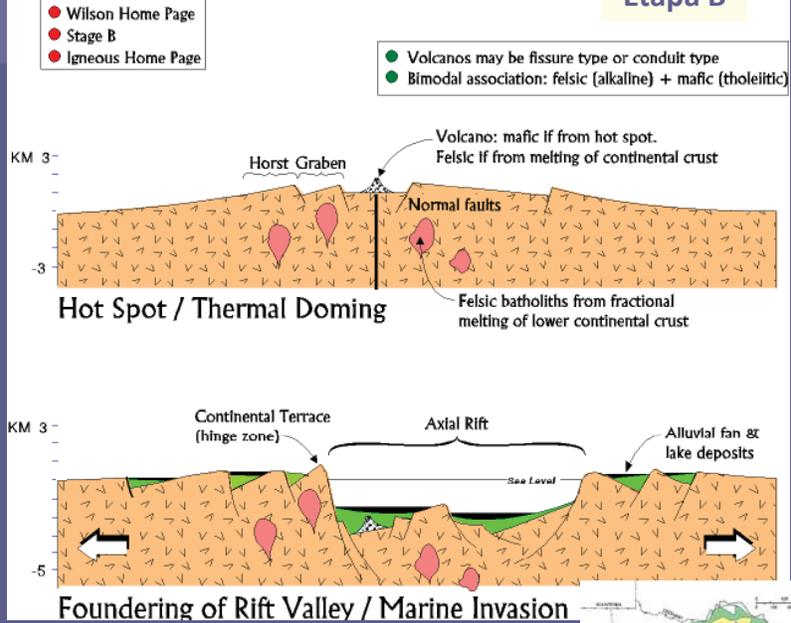
Composición y dirección de maduración (flecha) del relleno de sedimentos del graben a través del tiempo



FIRST TWO STAGES IN THE RIFTING PROCESS

STAGE B IN WILSON CYCLE

Etapa B



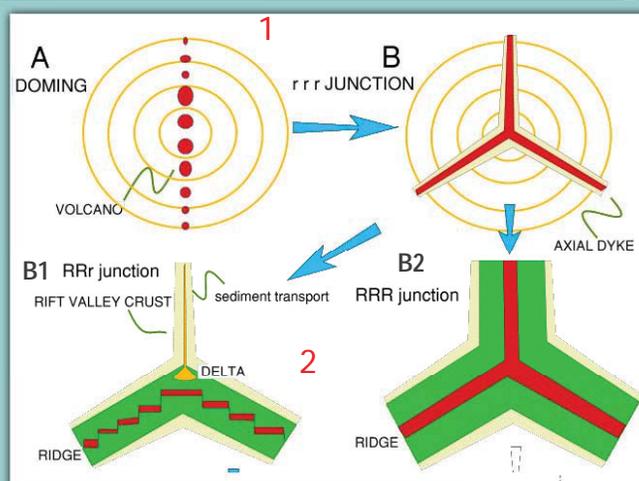
Cuencas proto-oceánicas
Ej. moderno: Mar Rojo Ej. Proterozoico: Keweenaw Rift – (al S de Grandes Lagos, USA)



Tipos de anomalías térmicas y rifting

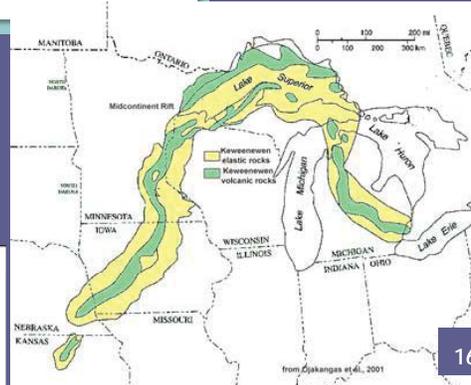
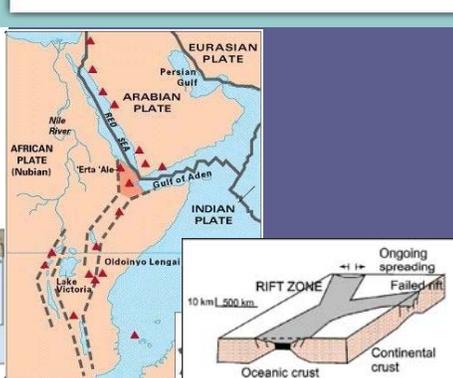
Domos. - Formación de volcanes por una pluma del manto

Triple junction en la que 2 brazos de rift evolucionan en una corteza oceánica y el 3º "aborta" su desarrollo: **Aulacógeno**



Triple Junctions

Triple Junction en la que los brazos desarrollan océanos



Segmentos de rift fallidos

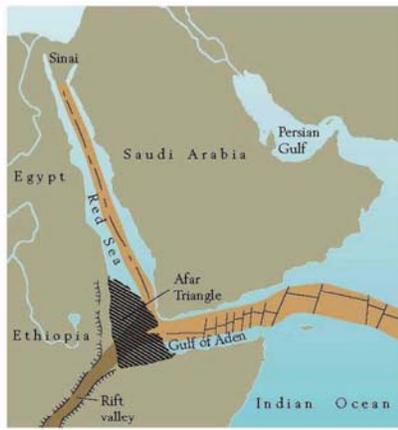


FIGURE 9-2 A three-armed rift along the northeastern margin of Africa. Two of the arms represent new oceans: the Red Sea and the Gulf of Aden. The third is beginning to break the continent of Africa apart along Africa's famous rift valleys. The Afar Triangle (cross-hatched area) is a small region of oceanic crust that has been elevated to become land.

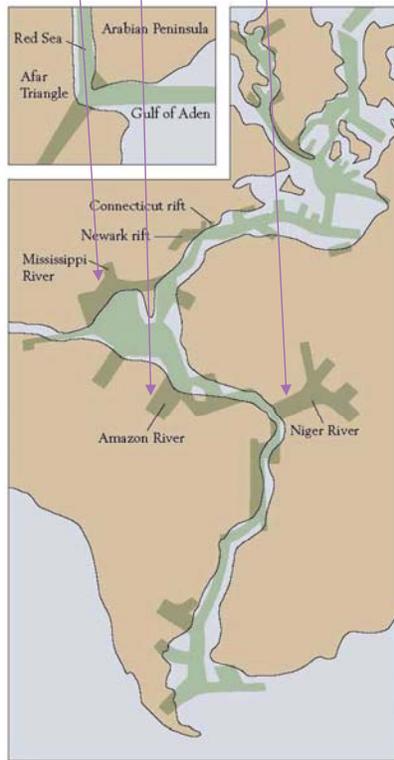
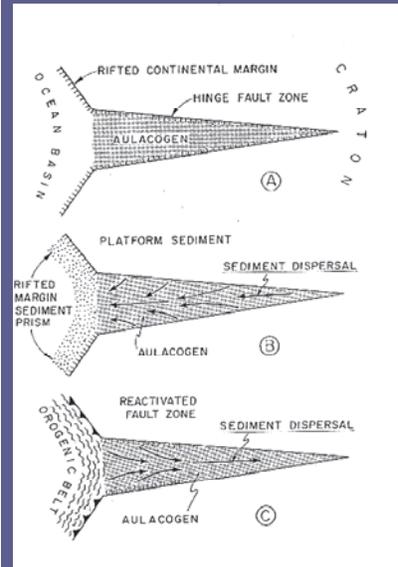


FIGURE 9-3 Ancient three-armed rifts become apparent when we reassemble the continents now bordering the Atlantic Ocean. Many of these rifts contributed two arms to the spreading zone that became the Mid-Atlantic Ridge. (After K. C. Burke and J. T. Wilson, *Sci. Amer.*, August 1976. © 1976 by Scientific American, Inc. All rights reserved.)

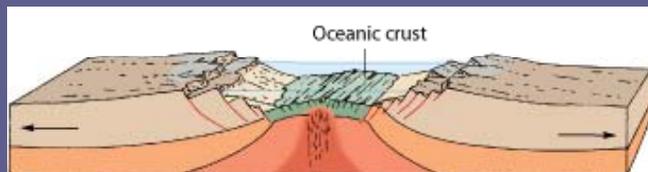
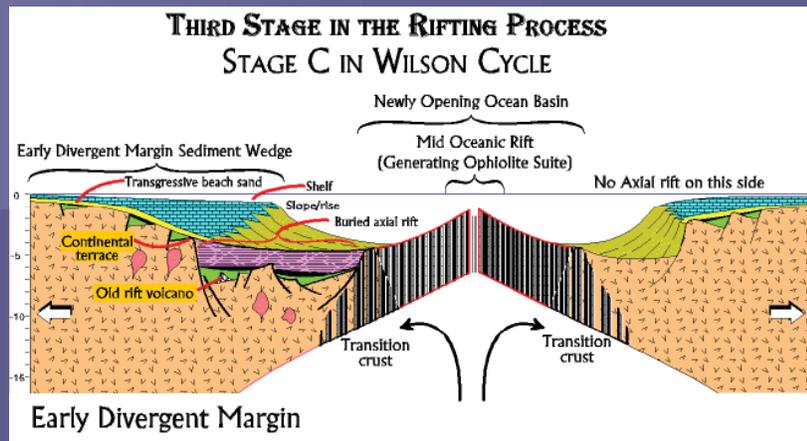
Aulacogenos

Subsidencia térmica/isostática
ej. Paleozoico Anadarko Basin (en Texas/Oklahoma USA); "Embahamiento" del Mississippi; Golfo de México

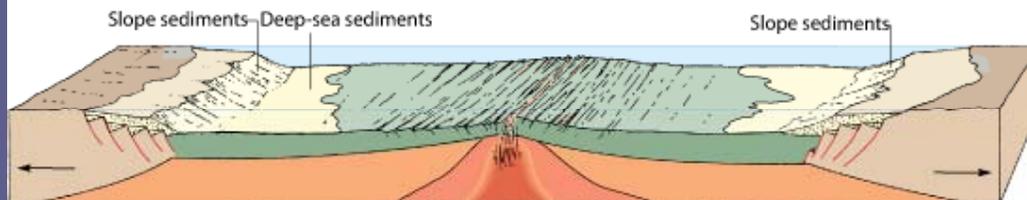


3. Cuencas en Rifts oceánicos

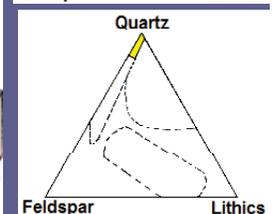
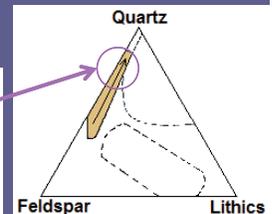
Formación de nueva cuenca oceánica y margen continental divergente temprano
Subsidencia térmica e isostática (carga de sedimentos)
Ej. El océano Atlántico



Etapa C



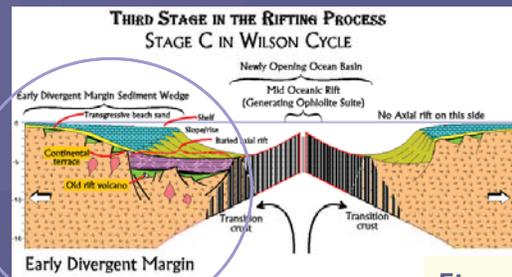
Etapa D



Rifts oceánicos

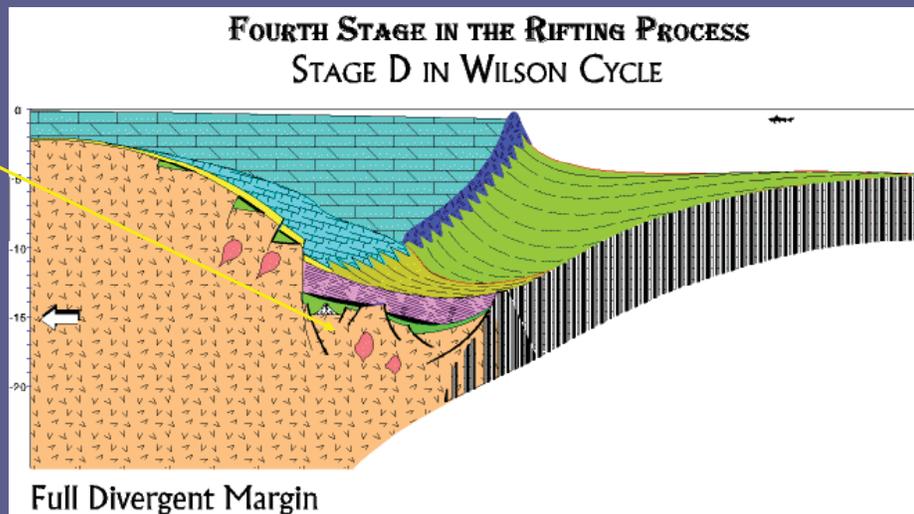
A. Margen continental divergente

Depósitos de plataforma transgresiva (modelo carbonatado con arrecifes de barrera), talud y pie de talud (turbiditas)



Etapa C - D

Ej. margen E de Norteamérica



19

B. Cuenca oceánica.

subsistencia térmica

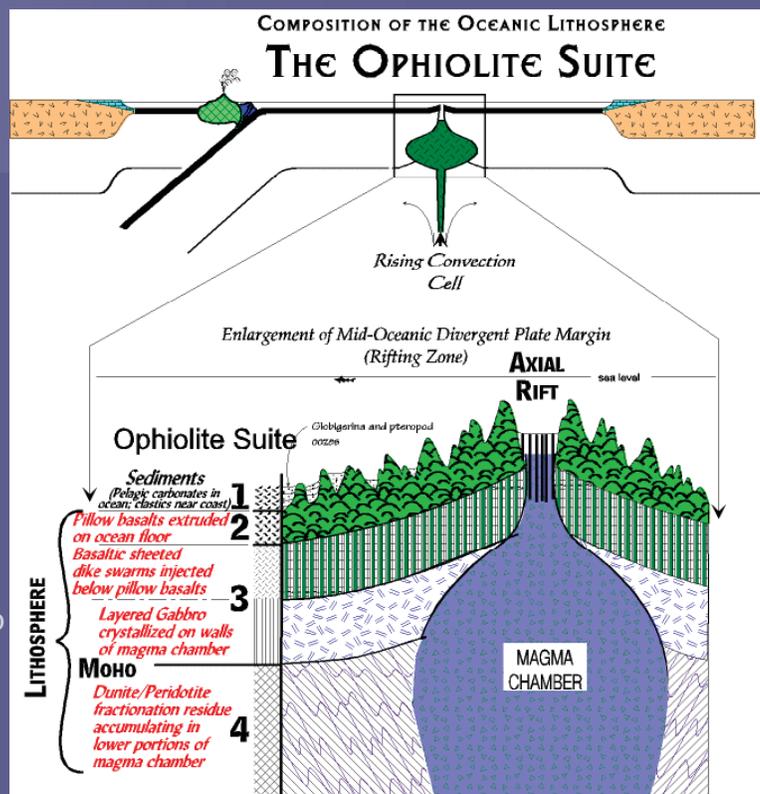
Secuencia de:

ofiolitas, sedimentación pelágica.

Se preserva por anomalías estructurales en trozos de corteza cabalgantes sobre otras secuencias

Secuencia ofiolítica (de arriba hacia abajo):

1. Sedimentos pelágicos (carbonatados/silíceos) a clásticos
2. Basaltos almohadillados: piso oceánico
 - 3a. Complejo de diques basálticos
 - 3b. Gabro estratificado cristalizado en paredes de cámara magmática
4. Rs. ultramáficas Dunita/ Peridotita fracción residual del fondo de cámara magmática



20

Márgenes Convergentes

(etapas E-H de ciclo de Wilson).

+ Orógenos (arcos) por colisiones

Oceano / Oceano (Etapa E)

Oceano / Continente (Etapa F)

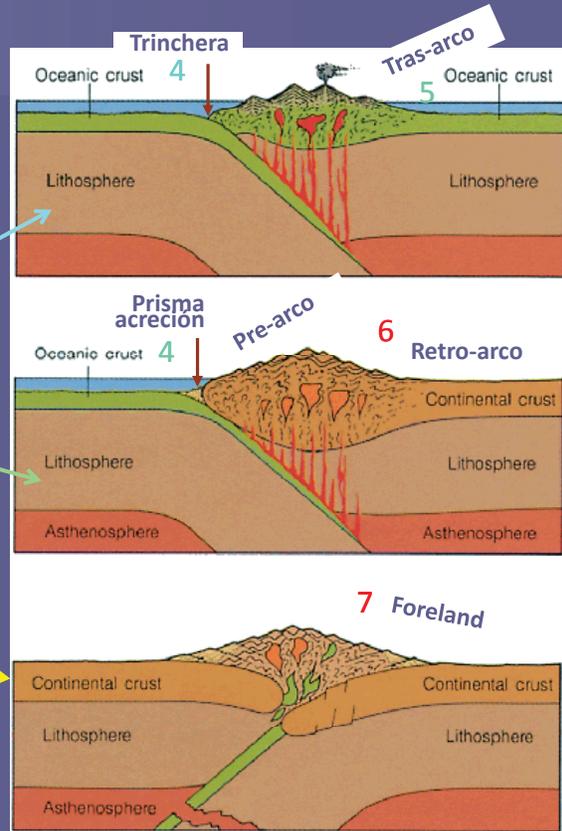
Continente / Continente (Etapa H)

O-O: La CO más fría y densa se hunde, la menos densa desarrolla un arco volcánico (CC incipiente). Se forma una cuenca tras arco

O-C: La CO se hunde, la placa de CC se engrosa. Atrás del arco en CC se puede formar una cuenca de retroarco

C-C: Desaparece CO previa y CC se superengrosa. Cese de subducción inicio de delaminación. En placa que antes se hundía se forma cuenca de antepais

Diferencias en comportamiento isostático = diferencias en subsidencia



Márgenes Convergentes

Cuencas de

4) Pre-arco, 5) Tras-arco, 6) Retro-arco, 7) Antepais

+ Subsistencia mecánica: carga sedimentaria y apilamiento tectónico
+ El tipo de relleno de sedimento depende del sitio

Elementos:

Trinchera (E y G)

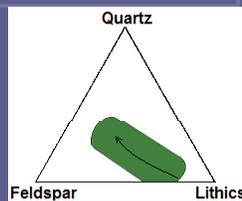
Prismas de Acreción (E y G)

Cuenca Pre-Arco (E y G)

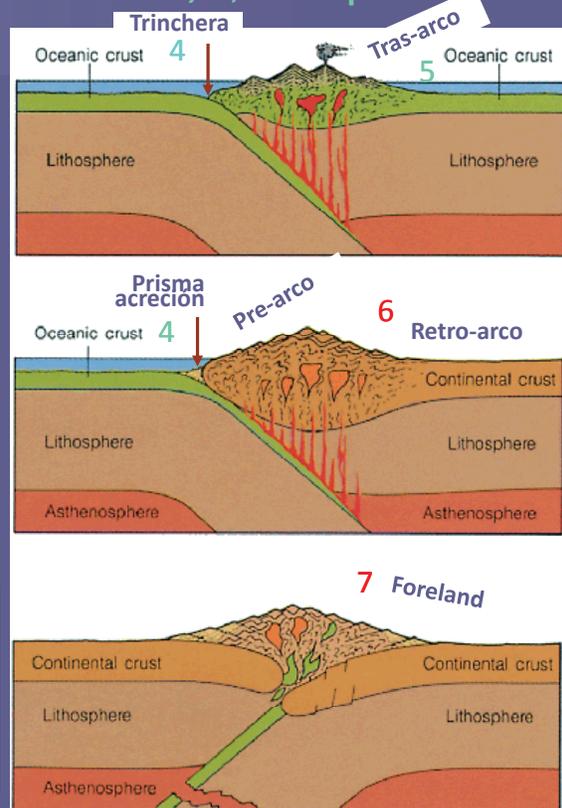
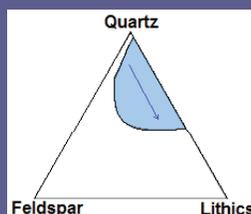
Arco volcánico (E)/ Arco magmático (G)

Cuencas Tras-arco / Retro-arco / Foreland

Areniscas derivadas de terrenos con arcos volcánicos



Areniscas derivadas de orógenos reciclados



(etapas E

(etapas G

(etapas F y H

Márgenes Convergentes Oceáno / Oceáno

Cuencas Pre-arco – mar marginal

Trinchera: muy profunda (>10Km), y angosta.

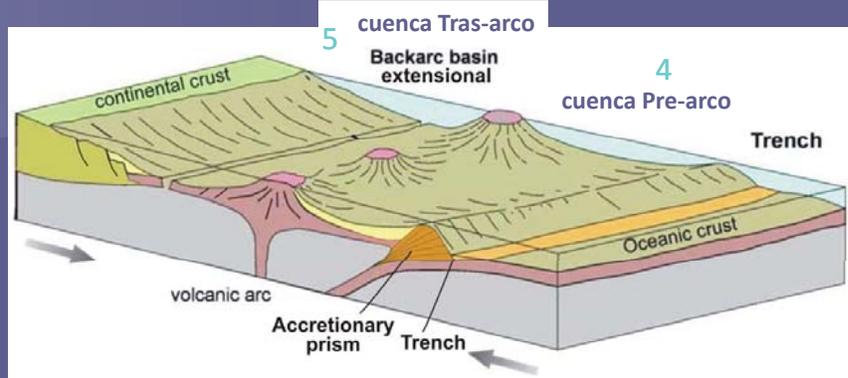
Ej. moderno Islas Marianas;
Ej. Paleozoico Antler Orogenic Belt???, Nevada

Arco Volcánico

El arco se encuentra mas cerca de la trinchera cuando el slab de corteza oceánica subduce con fuerte pendiente (cortezas mas frías y viejas) y más lejos cuando subduce con menor inclinación (cortezas mas calientes y juvenes). Lo que influye en la amplitud de la cuenca Pre-arco. Composición RsVolc: Basálticas-andesíticas alcalinas

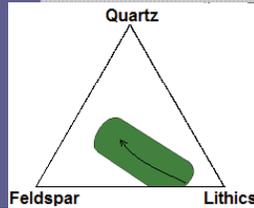
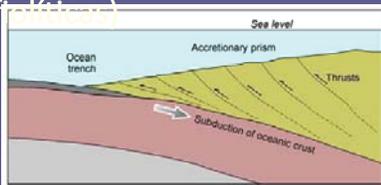
Prisma de acresión

Contiene sedimentos depositados en el mar marginal en etapas previas: mar profundo cerca de rift oceánico (secuencias ofiolíticas)



Tipo de depósitos en cuencas pre-arco

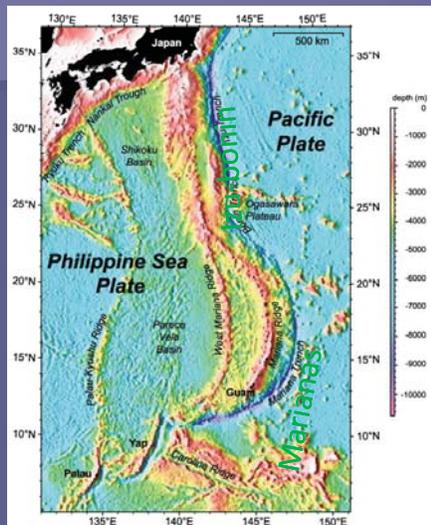
Siliciclásticos con líticos someros a profundos ricos en material volcánico; arrecifes locales (etapas tempranas), turbiditas en talud, coladas de lava cerca del arco



Composición de clásticos derivados del arco en cuenca pre-arco

Márgenes Convergentes Cuencas extensionales

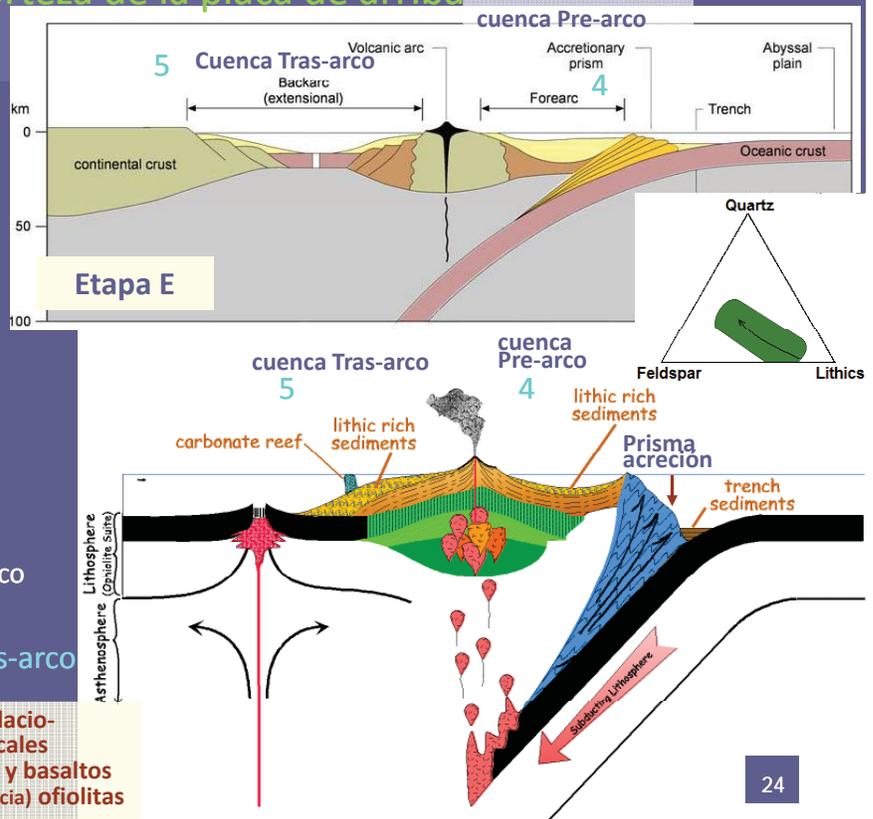
Se forman cuando la subducción es más rápida que la compresión, lo que hace se "estire" la corteza de la placa de arriba

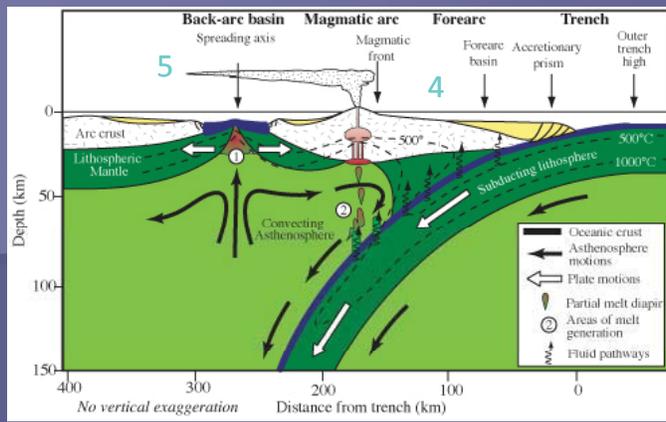


Ej.: sistema de arco-trinchera Pacifico
W: Izu-bonin - Marianas

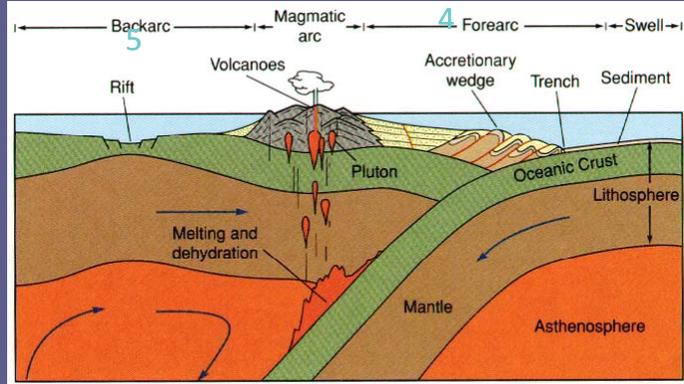
Tipo de depósitos en cuencas tras-arco

Líticos ricos en material volcánico, intercalaciones con productos volcánicos; arrecifes locales (etapas tempranas), Rs.V.: basaltos toleíticos y basaltos andesíticos alcalinos (dependiendo procedencia) ofiolitas

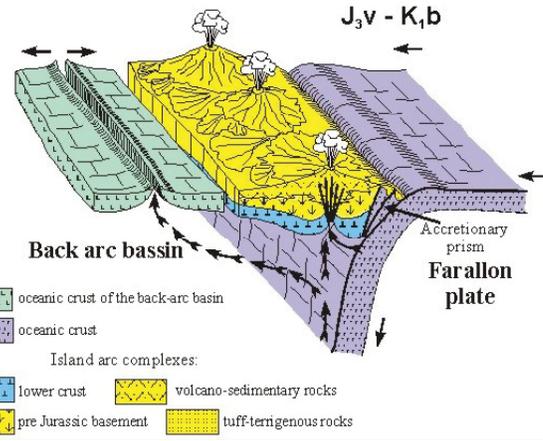




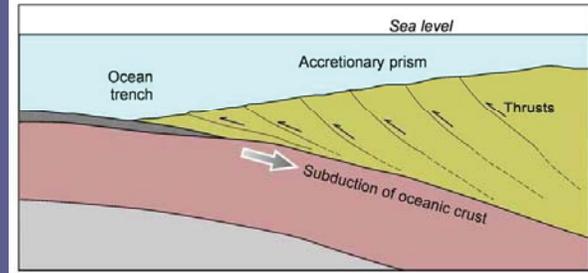
Tipos de cuenca pre-arco



Las cuencas fore-arc son de poco espesor y subsidencia si el prisma de acreción es pequeño; si este prisma es mayor la subsidencia de la cuenca pre-arco y espesor de sedimentos son mayores



Prismas de acreción



Sedimentos de la placa que subduce que quedan atrapados en el borde de la placa superior. Aquí pueden quedar atrapadas secuencias ofiolíticas, depósitos pelágicos, turbiditas de abanico abisal ["melanges"]

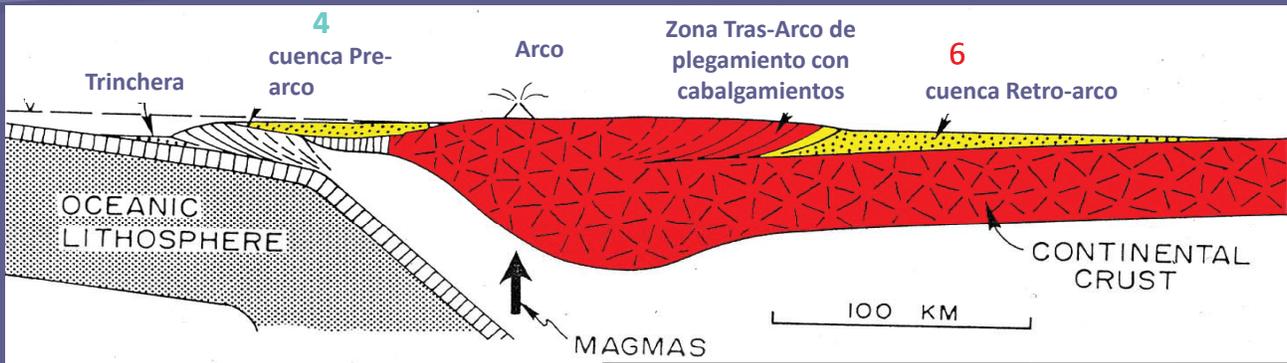
Márgenes Convergentes

Océano / Continente

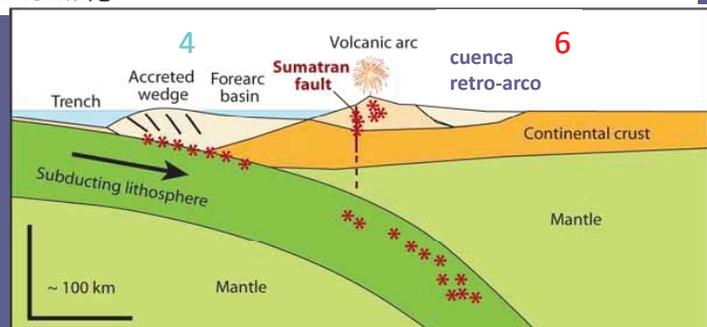
Orogenos por colisiones

Cuencas pre-arco Secuencia Great Valley, Mesozoico California; Puget Trough Neogeno, Oregon/Washington

Cuencas retro-arco. Formadas por subsidencia mecánica debido al peso de la carga sedimentaria. Ej. Rocky Mountain (Montañas Rocallosas) interior occidental de USA



Al principio son sedimentos fluviales, costeros y marinos someros provenientes de rocas diversas (arkosas y conglomerados; cuarzoarenitas, litarenitas). Carbonatos restringidos. La posterior subsidencia permite depósitos mas profundos hasta el relleno de la cuenca con sedimentos cada vez mas someros



Márgenes Convergentes

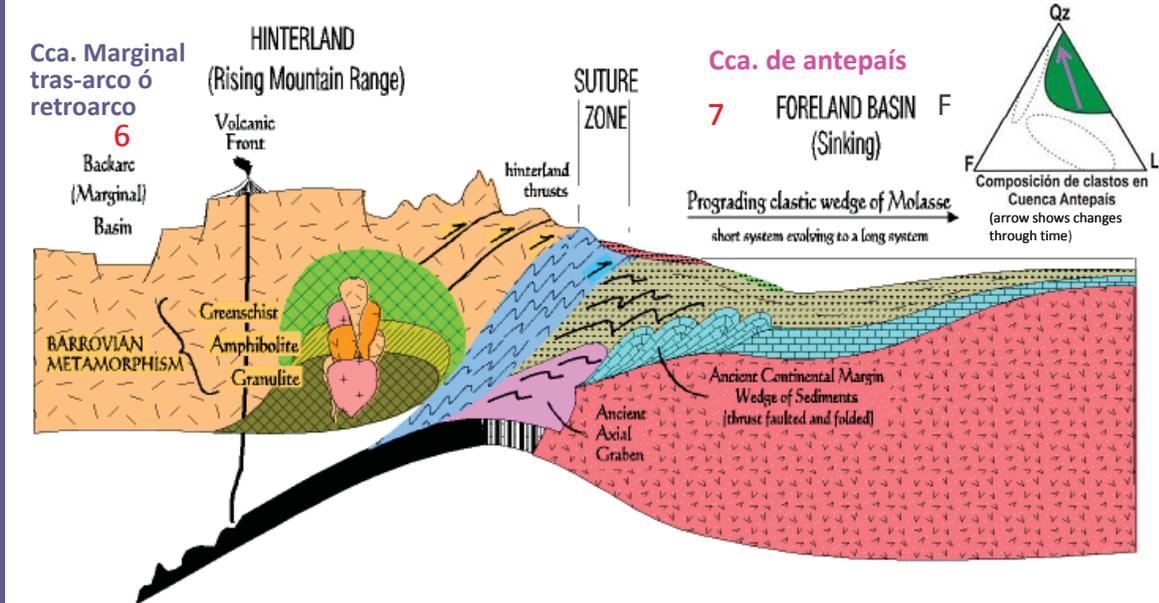
Orogenos por colisiones **Continente / Continente** (Suturas)

Cuencas periféricas de antepaís [foreland basins]; formadas por subsidencia debido a apilamiento tectónico y carga sedimentaria

Depósitos de Molasa ("Molasse"). Ej. depósitos de Deltas Catskill (Devónico).

En Néogeno, los Himalaya, colinas Siwalik

DETAILED FEATURES OF A CONTINENT-CONTINENT COLLISION OROGENY



27

Márgenes Transcurrentes

Cuencas Transtensionales:

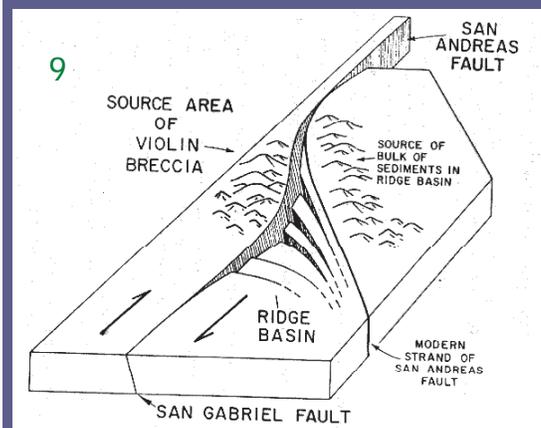
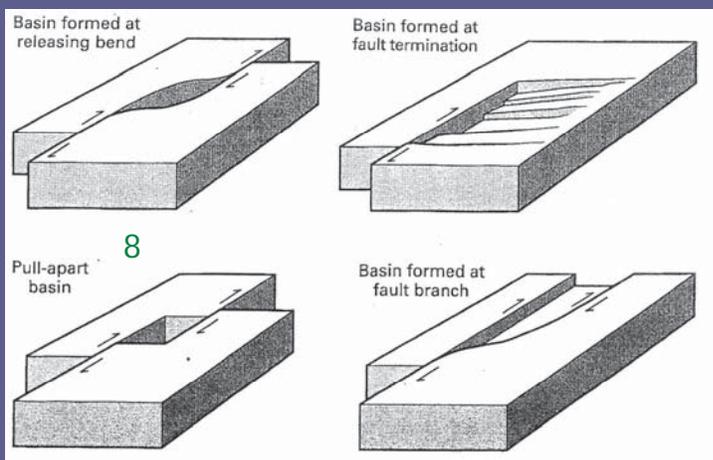
Subsidencia mecánica y térmica / levantamiento

Salton Trough (Neogeno; So CA, del sistema de fallas San Andres Fault, USA)

Cuencas Trans-presionales :

Subsidencia Mecánica /Levantamiento

Ridge Basin (Neogeno; So CA, Sistema de Fallas San Andres, USA)



28

Síntesis de tipos de cuencas

Cuencas continentales por adelgazamiento cortical (etapa B de ciclo Wilson):

1. Intracratónica de hundimiento
2. Cuencas de rift continental
3. Cuenca oceánica de margen divergente (etapa C y D de ciclo Wilson)
 - a. proto-oceánica (etapa C) + Zona de plataforma-talud continental
 - b. de océano bien desarrollado (etapa D) + Zona de mar profundo

Cuencas de margen convergente: oceánicas y continentales

4. Cuenca pre-arco [-Cca. Oceánica remanente] (en placa q subduce)
5. Cuenca tras-arco (en placa q NO subduce) *CO vs CO* (etapa E de cW)
6. Cuenca retroarco (retroarc) (en placa q NO subduce) *CO vs CC* (etapa G de cW)
7. Cuenca antepais (foreland) (en placa q subduce) *CC vs CC* (etapa F ó H de cW)

Cuencas en márgenes transcurrentes

8. Cuencas transtensionales (ej. Pull-apart bssins)
9. Cuencas transpresionales

29

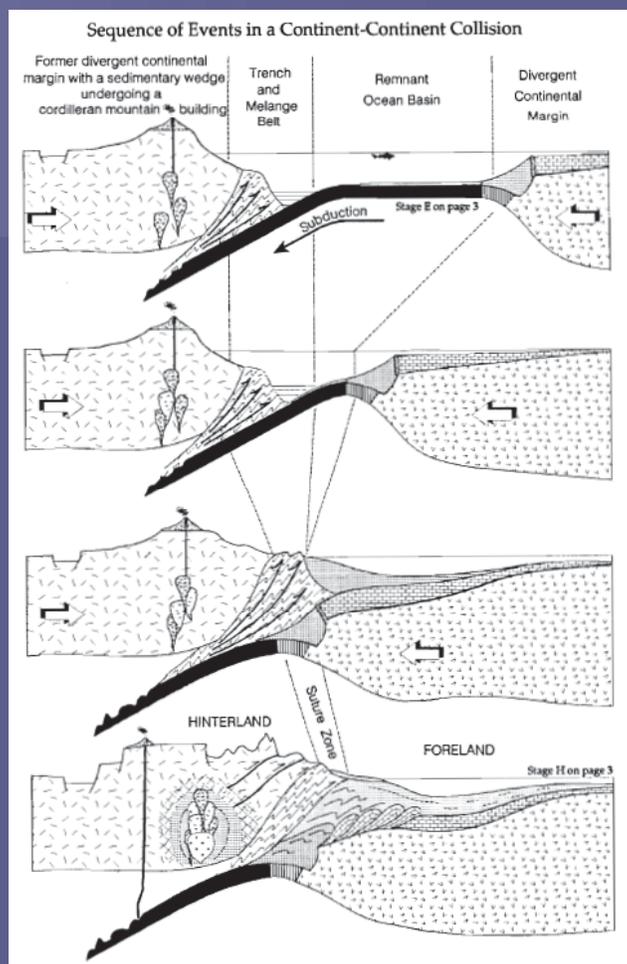
Secuencia de eventos en una colisión Continente - Continente

1

2

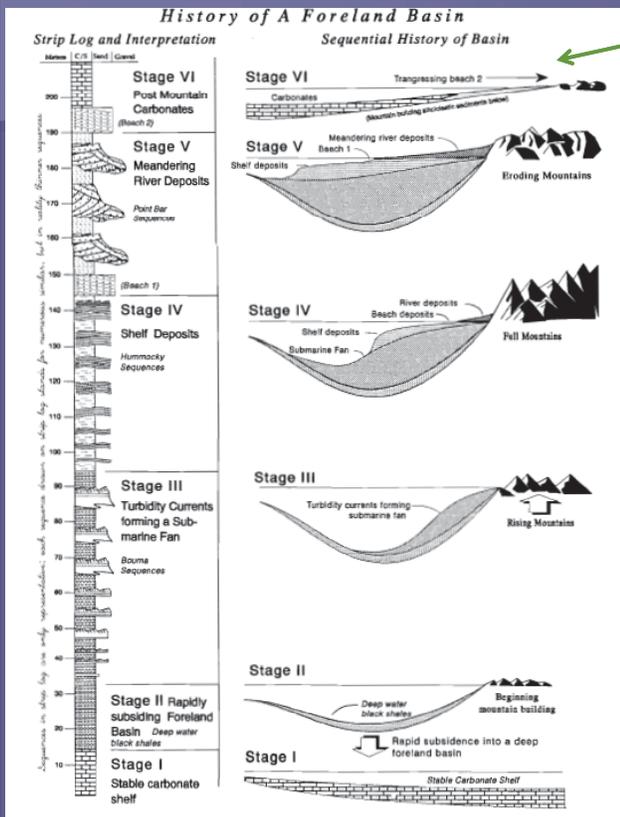
3

4

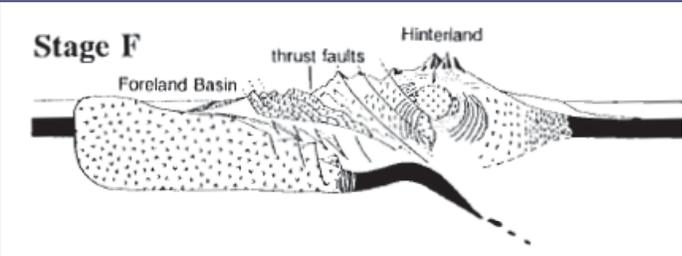


30

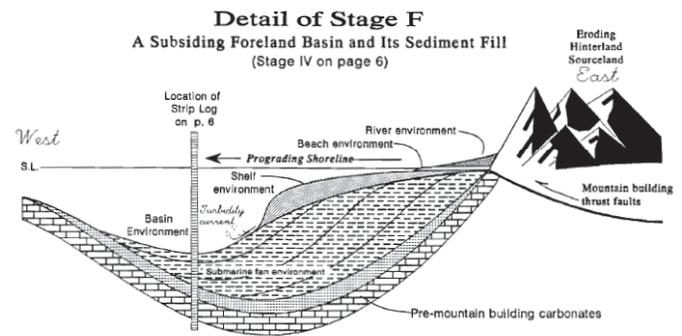
Análisis de evolución cuencas en Márgenes Convergentes Orogenos por colisiones **Continente / Continente**



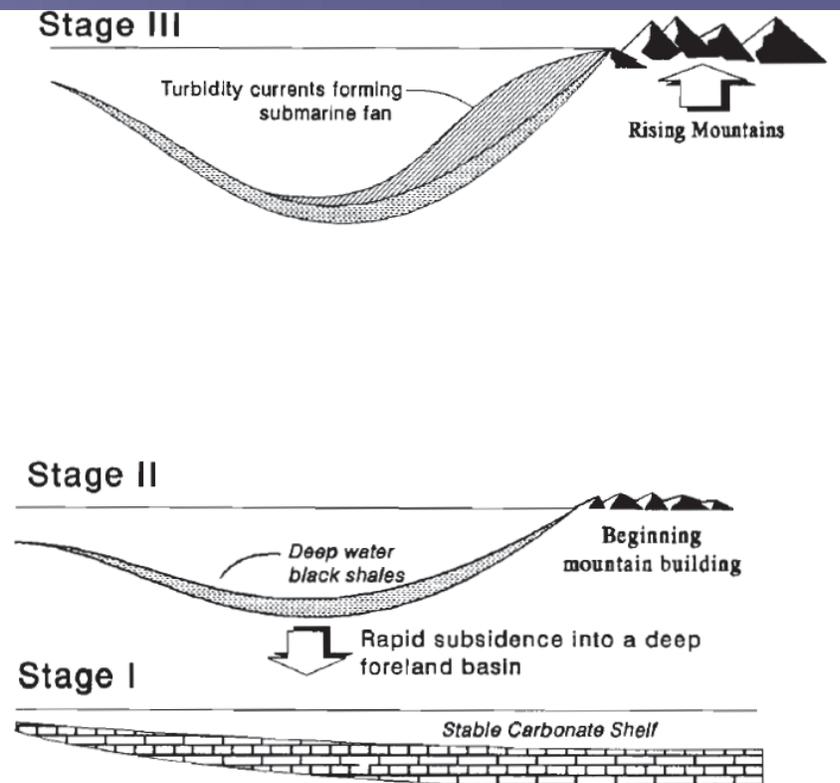
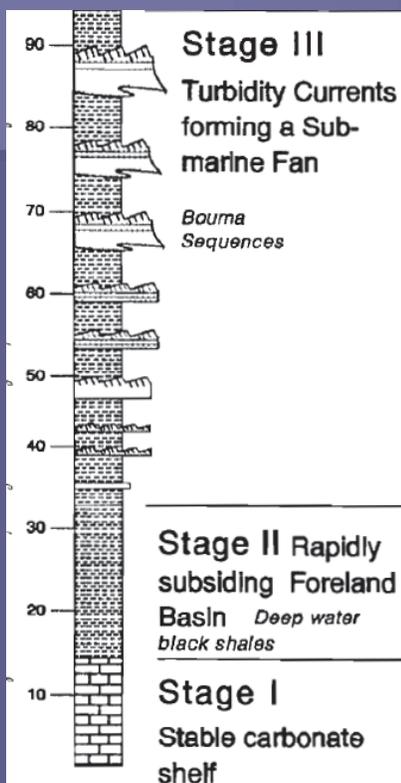
Registro estratigráfico
Con base al cual se construye la historia ó secuencia de eventos de una cuenca



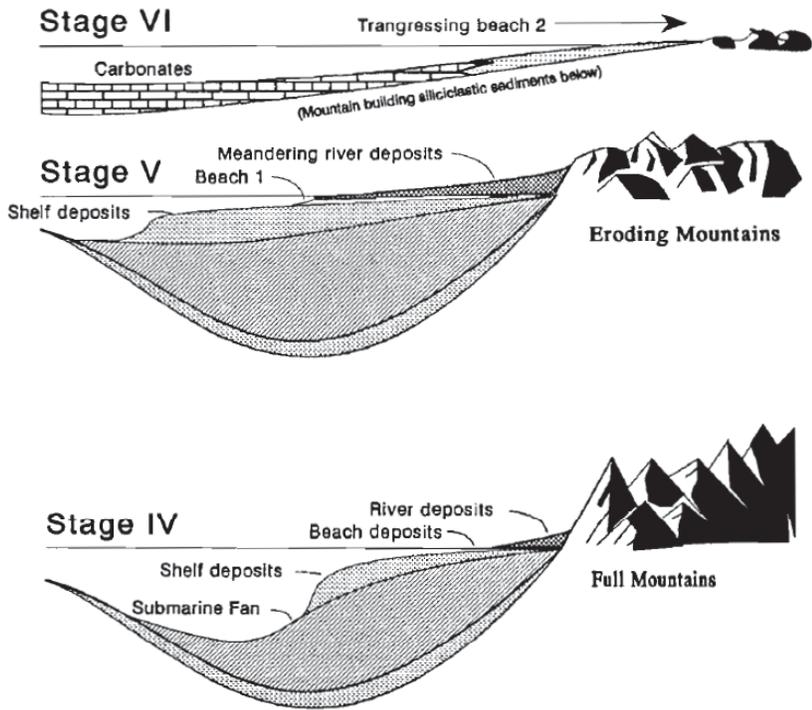
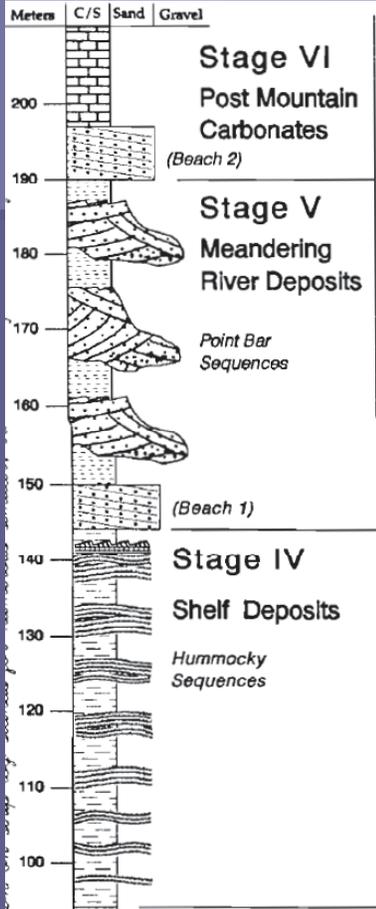
Reconstrucción de la cuenca de depósito



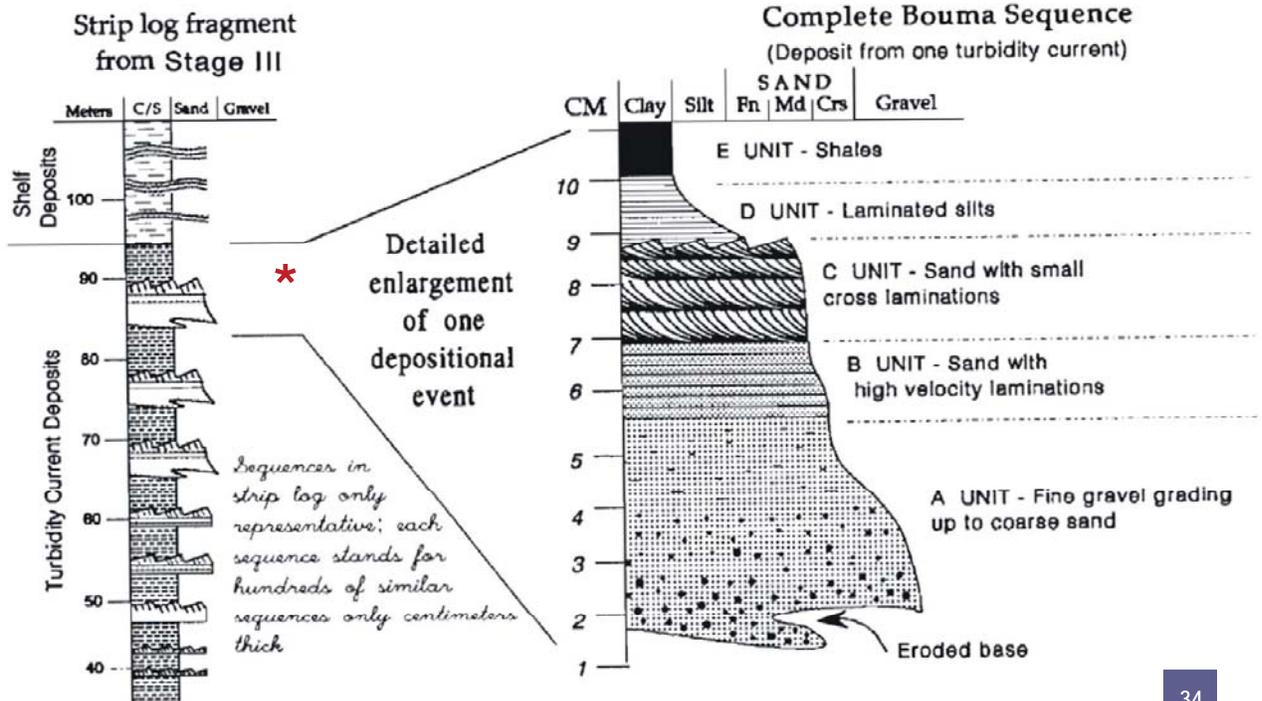
Registro estratigráfico a semi-detalle y respectivos modelos de reconstrucción de la cuenca sedimentaria



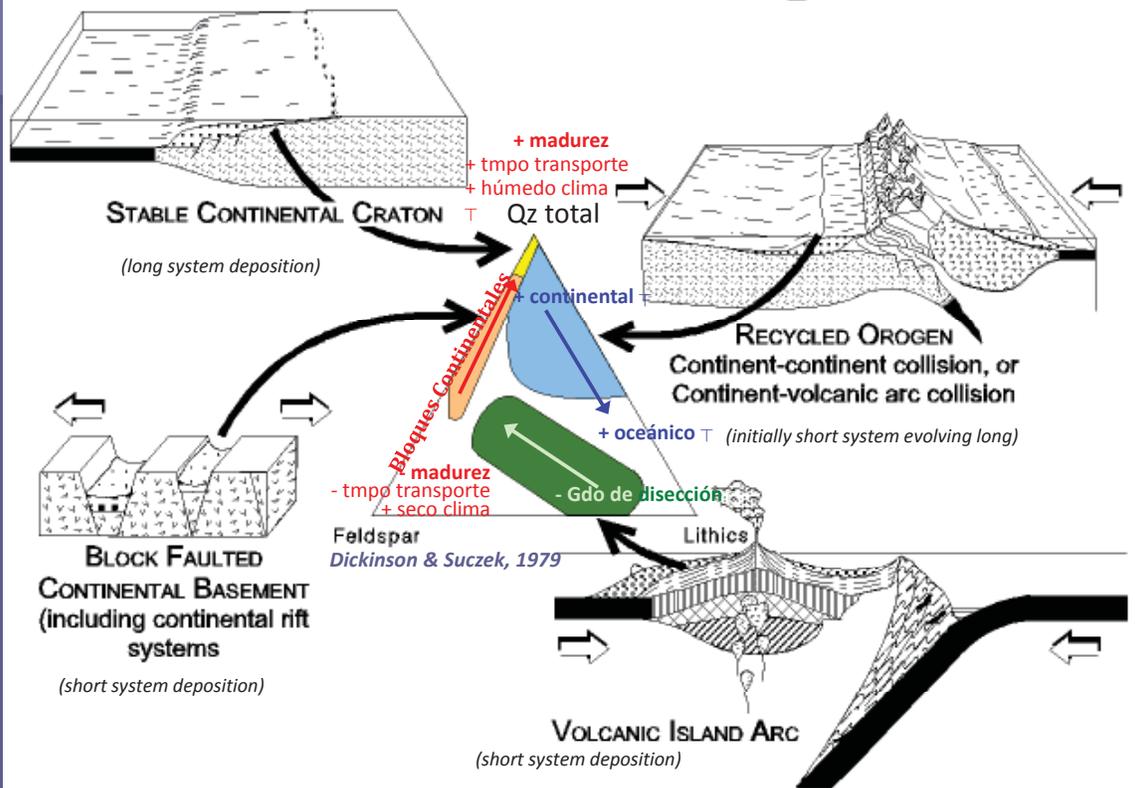
Registro estratigráfico y respectivo modelo de reconstrucción



Registro estratigráfico a semi-detalle (izq) de los sedimentos interpretados como de ambientes de aguas profundas y Log con detalle de variaciones de facies (der) que fueron clave para interpretar el ambiente



The QFL Distribution Of Sedimentary Rocks In Various Tectonic Regimes

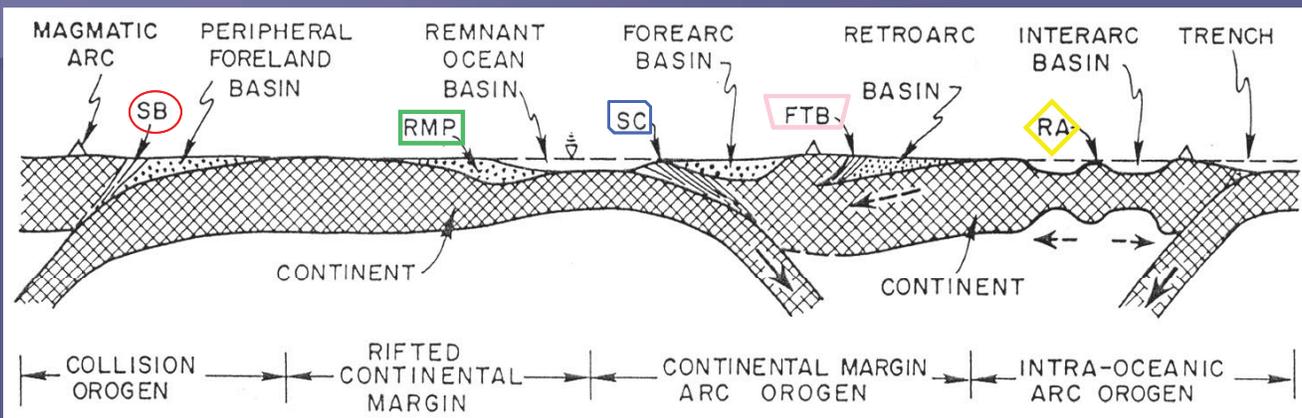


35



Composición de areniscas y su proveniencia tectónica

36



- SB** = Suture Belt
- RMP** = Rifted margin prism
- SC** = Subduction complex
- FTB** = Fold and thrust belt
- RA** = Remnant arc

Análisis de cuencas sedimentarias en el marco de la tectónica de placas y mecanismos de subsidencia conforme a Boggs

TABLE 1 Possible mechanisms of crustal subsidence

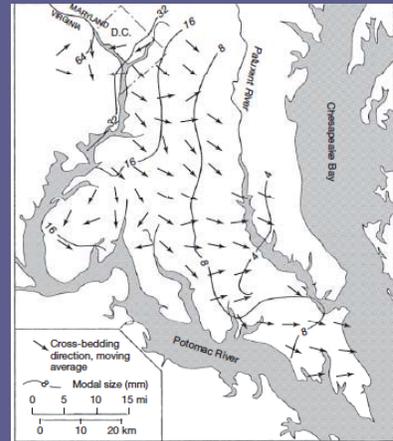
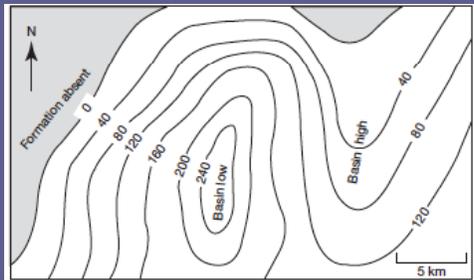
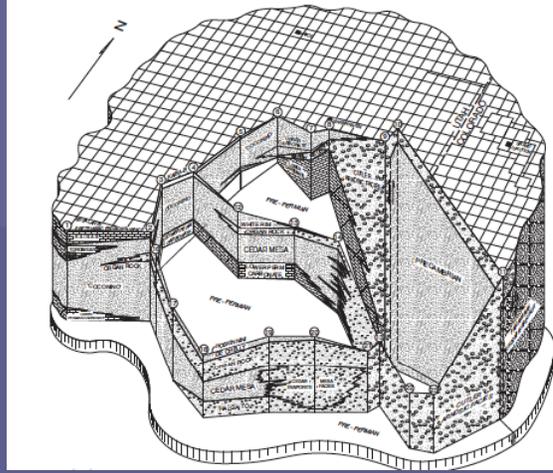
Crustal thinning	extensional stretching, erosion during uplift, and magmatic withdrawal
Mantle-lithospheric thickening	cooling of lithosphere following either cessation of stretching or heating due to adiabatic melting or rise of asthenospheric melts
Sedimentary and volcanic loading	local isostatic compensation of crust and regional lithospheric flexure, dependent on flexural rigidity of lithosphere, during sedimentation and volcanism
Tectonic loading	local isostatic compensation of crust and regional lithospheric flexure, dependent on flexural rigidity of underlying lithosphere, during overthrusting and/or underpulling
Subcrustal loading:	lithospheric flexure during underthrusting of dense lithosphere
Asthenospheric flow	dynamic effects of asthenospheric flow, commonly due to descent or delamination of subducted lithosphere
Crustal densification	increased density of crust due to changing pressure/temperature conditions and/or emplacement of higher-density melts into lower-density crust

Source: Dickinson, 1993; Ingersoll and Busby, 1995.

Basin Types	Subsidence Mechanisms									
	Dominant	Important	Minor	Crustal Thinning	Mantle-Lithospheric Thickening	Sedimentary and Volcanic Loading	Tectonic Loading	Subcrustal Loading	Asthenospheric Flow	Crustal Densification
DIVERGENT										
Terrestrial Rift Valleys	█									
Proto-Oceanic Rift Troughs	█									
Continental Rises and Terraces										
Continental Embankments										
INTRAPLATE										
Intracratonic Basins										
Continental Platforms										
Active Ocean Basins										
Oceanic Islands, Aseismic Ridges/Plateaus										
Dormant Ocean Basins										
CONVERGENT										
Trenches										
Trench-Slope Basins										
Fore-arc Basins										
Intra-arc Basins										
Back-arc Basins										
Retro-arc Foreland Basins										
Remnant Ocean Basins										
Peripheral Foreland Basins										
Piggyback Basins										
TRANSFORM										
Foreland Intermontane Basins										
Transensional Basins										
Transpressional Basins										
Transrotational Basins										
HYBRID										
Intracontinental Wrench Basins										
Aulacogens										
Impactogens										
Successor Basins										

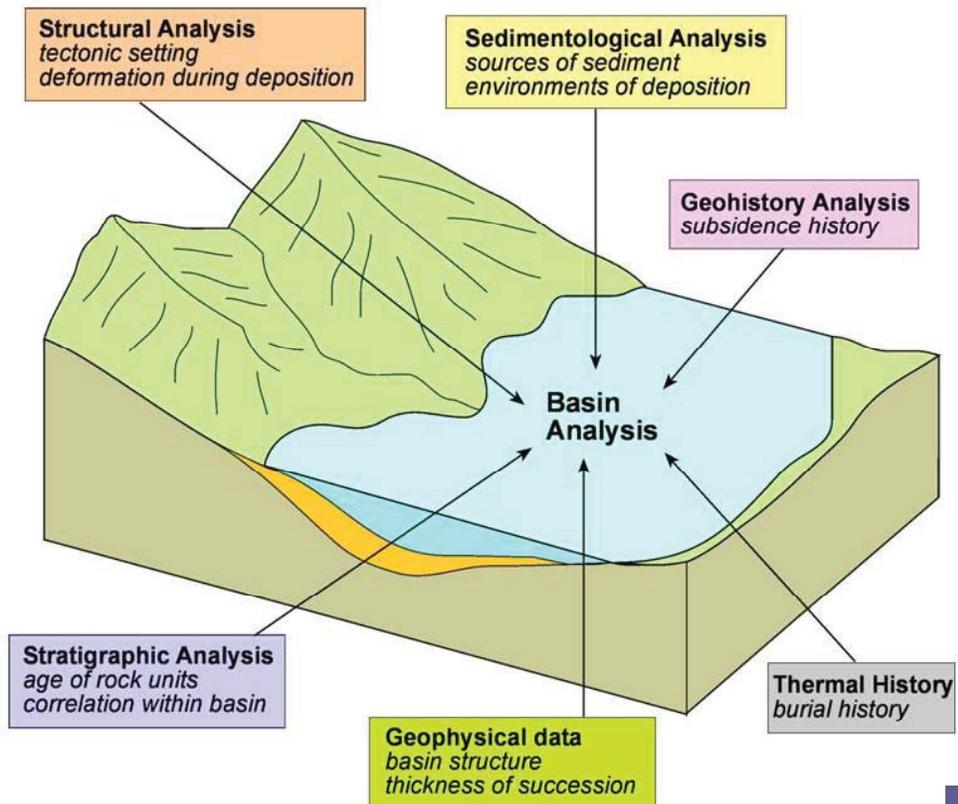
Técnicas

1. Medición de secciones
2. Cortes estratigráficos cruzados (stratigraphic cross sections)
3. Elaboración de mapas geológicos, litofacies, isopacas, paleocorrientes, paleogeográficos
4. Estudios de proveniencia
5. Estudios geofísicos (paleomagnetismo, sismica)



24-17

Basin analysis techniques



Gary Nichols
Sedimentology
& Stratigraphy



WILEY-
BLACKWELL

Cuencas sedimentarias y marco Tectónico

Enfoque predictivo

- Tamaño y forma de los depósitos de la cuenca, incluyendo la naturaleza de su basamento y límites
- Tipo de relleno sedimentario
 - Tasa de subsidencia / relleno
 - Sistemas Deposicionales
 - Proveniencia
 - Textura/Mineralogía madurez de estratos
- Estructura contemporánea y deformación sinagénica
- Flujo de calor, diagénesis e historia de subsidencia

41

Interrelaciones entre Tectónica - Paleoclimas - y Eustasia

- Áreas anorogénicas ----->
 - Dominadas por Clima y Eustasia Dominate
- Áreas Orogénicas ----->
 - La sedimentación responde al Tectonismo

42

- Boggs, S., 2016. Principles of Sedimentology and Stratigraphy, *Ch 16: Basin Analysis, Tectonics, and Sedimentation*. Pearson., 5th Ed.
- Nichols, G., 2009. Sedimentology and Stratigraphy. *Ch. 24: Sedimentary Basin*. Wiley-Blackwell 2nd. Edition
- Loza Espejel, R., 2014. Características e importancia económico-petrolera de las cuencas sedimentarias foreland, con ejemplos representativos; tesis licenciatura Ingeniería Geológica. Fac. Ingeniería UNAM en:
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.10/3058/Tesis.pdf?sequence=1>