

# NOCIONES DE ESTRATIGRAFÍA

- Estudio de las rocas estratificadas (sedimentarias)
- Rama de la Geología que trata el estudio e interpretación de las rocas sedimentarias y de la identificación, descripción, secuencia tanto vertical como horizontal, cartografía y correlación de las unidades estratigráficas de rocas (Weller, 1960)
- Estudio e interpretación de los procesos registrados en las sucesiones sedimentarias que van a permitir conocer la naturaleza y disposición de las rocas estratificadas, la correlación tanto de los materiales como de los sucesos y un ordenamiento temporal correcto de la secuencia de materiales y sucesos (Corrales et al., 1977)

# Estratigrafía:

- 1) Objeto de estudio rocas y estratos ya formados
- 2) Conocimiento del orden de formación de los estratos
- 3) Correlación entre diferentes estratos
- 4) Conocimiento detallado de la naturaleza de las rocas, geometría de los estratos y disposición tridimensional (espacial) y temporal

- **OBJETIVOS DE LA ESTRATIGRAFIA**

Identificación de los materiales.- Consiste en el reconocimiento y la identificación de los diferentes tipos de materiales estratificados, conociendo su litología, texturas, estructuras, propiedades geofísicas y geoquímicas y contenido fósil.

Delimitación de unidades litoestratigráficas.- Consiste en delimitar volúmenes de rocas sedimentarias en función de su litología (unidades litoestratigráficas).

Ordenación relativa de las unidades (secciones estratigráficas).- Se estudia la relación entre cada dos unidades litoestratigráficas superpuestas, deduciendo la continuidad o discontinuidad del proceso sedimentario entre ellas.

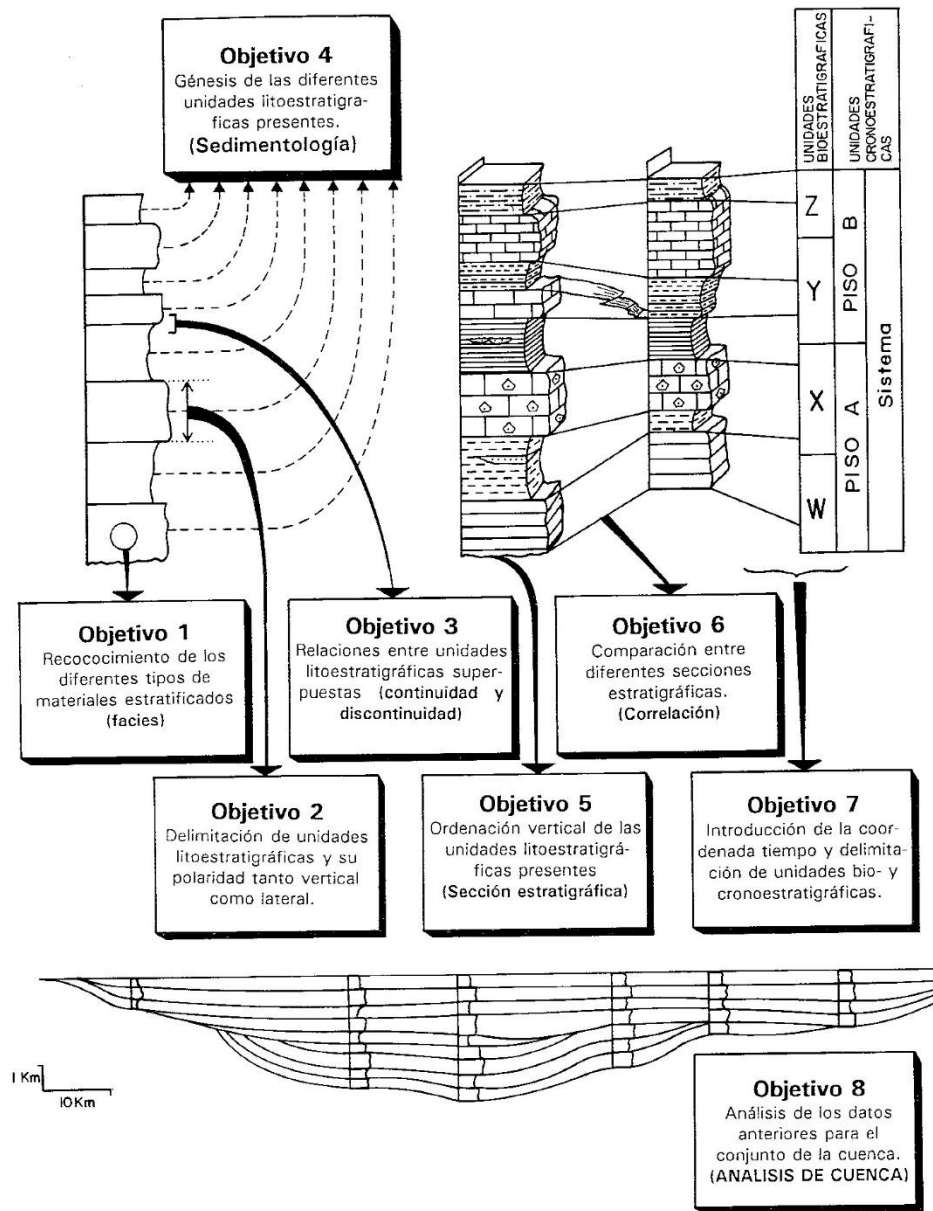
- Interpretación genética de las unidades.- Establecida la trama de las unidades litoestratigráficas se aplica el principio del uniformismo, para llegar a conocer las condiciones sedimentarias reinantes desde el inicio del depósito de los materiales más antiguos hasta la sedimentación de los más modernos, del área estudiada.

Levantamiento de secciones estratigráficas.- Consiste en la ordenación temporal de todas las unidades litoestratigráficas presentes en un área concreta, desde la más antigua hasta la más moderna, estableciendo la denominada sección estratigráfica local.

Correlación.- Una vez establecidas las secciones estratigráficas de diferentes áreas se establece la equivalencia de los diferentes estratos y, por el contenido fósil o por propiedades físicas de determinados niveles se dibujan isócronas en las distintas secciones. A estos se le llama correlación temporal o simplemente correlación.

- *Introducción de la coordenada tiempo.*- Se pretende disponer del mayor número de datos posibles para fijar la edad de los materiales, a partir de los datos bioestratigráficos, y en la medida de lo posible de datos radiométricos y magnetoestratigráficos. Con ello se delimitan las unidades bioestratigráficas, cronoestratigráficas, y a veces, además, las magnetoestratigráficas.

*Análisis de cuencas.*- Es el objetivo final (a veces ideal) de cualquier trabajo estratigráfico. Pretende conocer por una parte la geometría y génesis de cada cuenca sedimentaria y por otra parte la localización espacial y temporal de cada una de las unidades estratigráficas que se pueden diferenciar en los materiales estratificados depositados en ella. Los datos del análisis de cuencas constituyen la fuente de información en la que se nutre la Geología Histórica.



# PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

- Principio de la horizontalidad original
- Principio de la superposición (Steno)
- Principio del uniformismo o actualismo (Lyell)
- Principio de la sucesión faunística o de la correlación (Smith, Cuvier)
- Principio de la simultaneidad de eventos

# PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

Principio de la horizontalidad original y continuidad lateral de los estratos.- (Steno).los estratos en el momento de su depósito son horizontales y paralelos a la superficie de depósito (horizontalidad original) y que quedan delimitados por dos planos que muestran continuidad lateral.

Principio de la superposición.- (Steno y Lehmann) En una sucesión de estratos los más bajos son los más antiguos y los más altos los más modernos. El principio es básico para la ordenación temporal de los estratos (o conjuntos de estratos) subhorizontales y se puede aplicar a los materiales estratificados en los que la deformación tectónica posterior a su depósito no implique la inversión de estratos.

Principio del uniformismo o actualismo.- (Hutton y Lyell). Los procesos que han tenido lugar a lo largo de la historia de la Tierra han sido uniformes (uniformismo) y semejantes a los actuales (actualismo). Los procesos no son totalmente uniformes, sino que han cambiado en el ritmo e intensidad, y además en ellos hay un factor no repetible como es los organismos que han ido cambiando de manera lineal (no cíclica) de acuerdo con las pautas establecidas en la teoría de la evolución.

Principio de la sucesión faunística o de la correlación.- (Smith y Cuvier). Durante cada intervalo de tiempo de la historia geológica (representado por un conjunto de estratos o por formaciones), los organismos que vivieron y, que por tanto pudieron fosilizar, fueron diferentes y no repetibles.

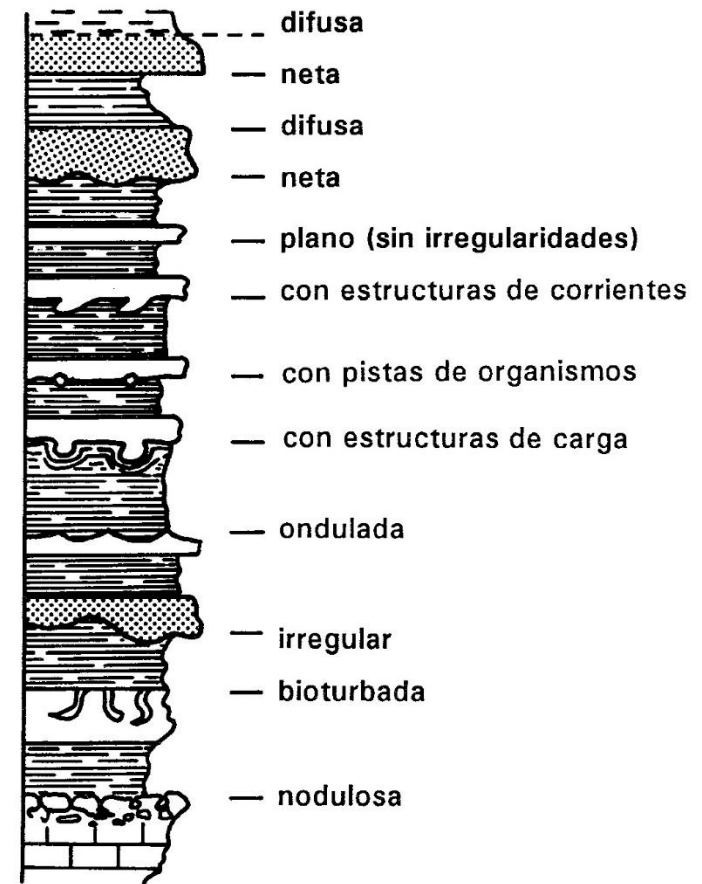
- Principio de la simultaneidad de eventos .- Se basa en la doctrina del "catastrofismo actualista" (Hsü, 1983; Vera, 1990) o "nuevo uniformismo" (Berggren y Van Couvering, 1984; Ager, 1993). Consiste en aceptar que en la naturaleza ocurrieron en tiempos pasados fenómenos normales como los que vemos en la actualidad pero además otros raros y eventuales (eventos) que mayoritariamente coinciden con las grandes catástrofes. Estos eventos (p. ej. cambios climáticos, cambios del nivel del mar, cambios en el campo magnético terrestre, grandes terremotos, explosiones de volcanes, etc.) pueden quedar reflejados en los estratos de muy diferentes localidades y constituyen un excelente criterio de correlación, a veces a escala mundial.
- Ley de Walther .- Aquellas facies que aparecen superpuestas normalmente representan ambientes que han coexistido lateralmente

# **DIVISIONES O RAMAS DE LA ESTRATIGRAFIA**

- Litoestratigrafía
- Bioestratigrafía
- Cronoestratigrafía
- Magnetoestratigrafía
- Quimioestratigrafía
- Estratigrafía Secuencial

**Estrato** (steno): capa de roca o sedimento delimitado por superficies horizontales con continuidad lateral y que equivale a una unidad de tiempo de depósito.

**Estrato** (Campbell, 1967): un nivel de roca o sedimento distinguible y separado de los supra e infrayacentes por superficies de estratificación.



TIPOS DE SUPERFICIES DE ESTRATIFICACION

- Basada en su *homogeneidad física-geométrica* (Campbell, 1967): **estrato** es un nivel de roca o sedimento que es más o menos distinguible en forma visual o física y que está separado de los niveles superior e inferior por superficies denominadas superficies de estratificación.

Basada en su *homogeneidad genética* (Otto, 1936): **estrato** es una unidad de sedimentación que se ha depositado bajo unas condiciones físicas esencialmente constantes.

Basada en su *individualidad propia* (McKee y Weir, 1953): **estrato** es un nivel de litología homogénea o *gradacional* (es decir, que cambia gradualmente) depositado de forma paralela a la inclinación original de la formación y que está separado de los estratos adyacentes por superficies de erosión, no sedimentación, o cambio brusco en el carácter.

- Basada en su *morfología* (o, por derivación del término inglés, su *geometría*): **estrato** es una masa de roca sedimentaria, de gran extensión lateral, limitada por dos superficies -generalmente paralelas- llamadas superficies o planos de estratificación

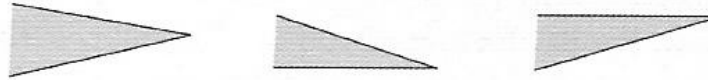
.

Basada en un criterio de "*contemporaneidad*" hay autores que, sin definir explícitamente el **estrato**, lo consideran como el cuerpo sedimentario formado por materiales que llegan y se depositan simultáneamente. Es decir, no hay una definición de estrato única y aceptada universalmente.

- Un **estrato** es:
  - una unidad litológica,
  - distinguible en forma visual o física (mediante instrumentos),
  - de carácter homogéneo o que cambia gradualmente,
  - de origen sedimentario,
  - depositada bajo condiciones constantes,
  - separada de los estratos adyacentes por superficies de estratificación producidas por interrupción de la sedimentación, erosión, o cambio brusco del carácter,
  - en ocasiones, subdivisible en láminas.

# Terminación lateral de los estratos o sucesiones de estratos

convergencia

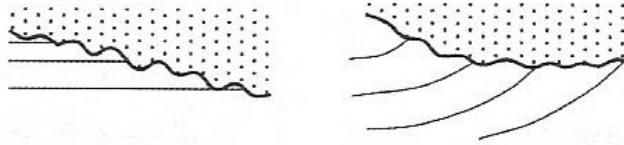


transición



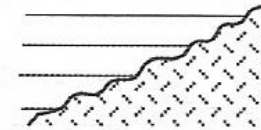
truncadura (post-depósito)

los estratos terminan en una superficie que los corta

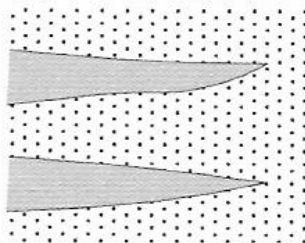


solapamiento u *onlap* (pre-depósito)

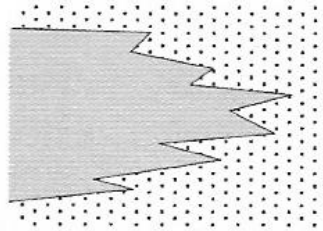
los estratos se apoyan en una superficie preexistente



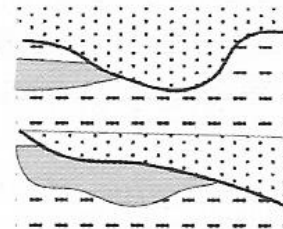
acuñaamiento



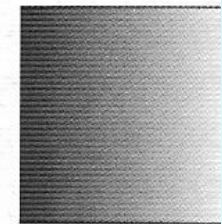
interdigitación



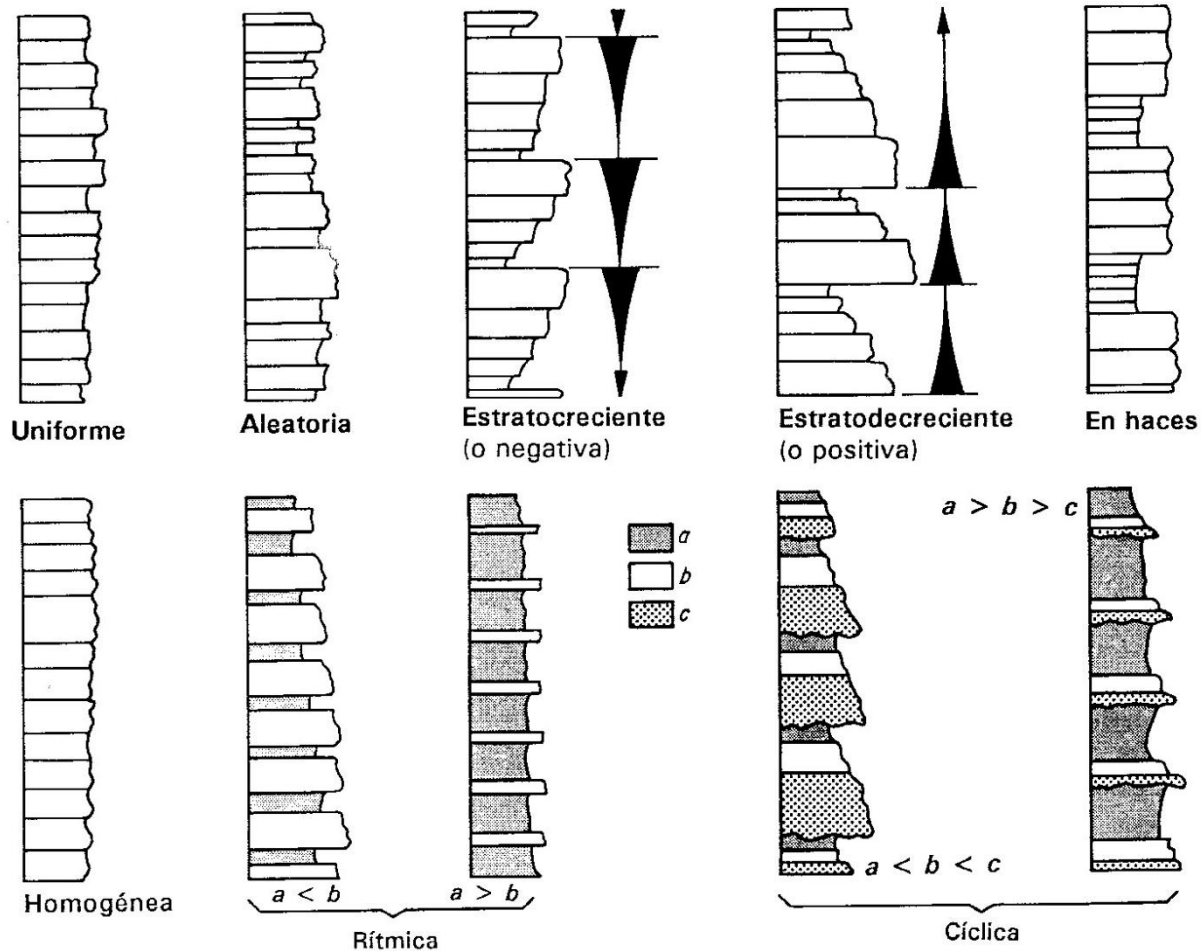
erosión



difuso por cam gradual

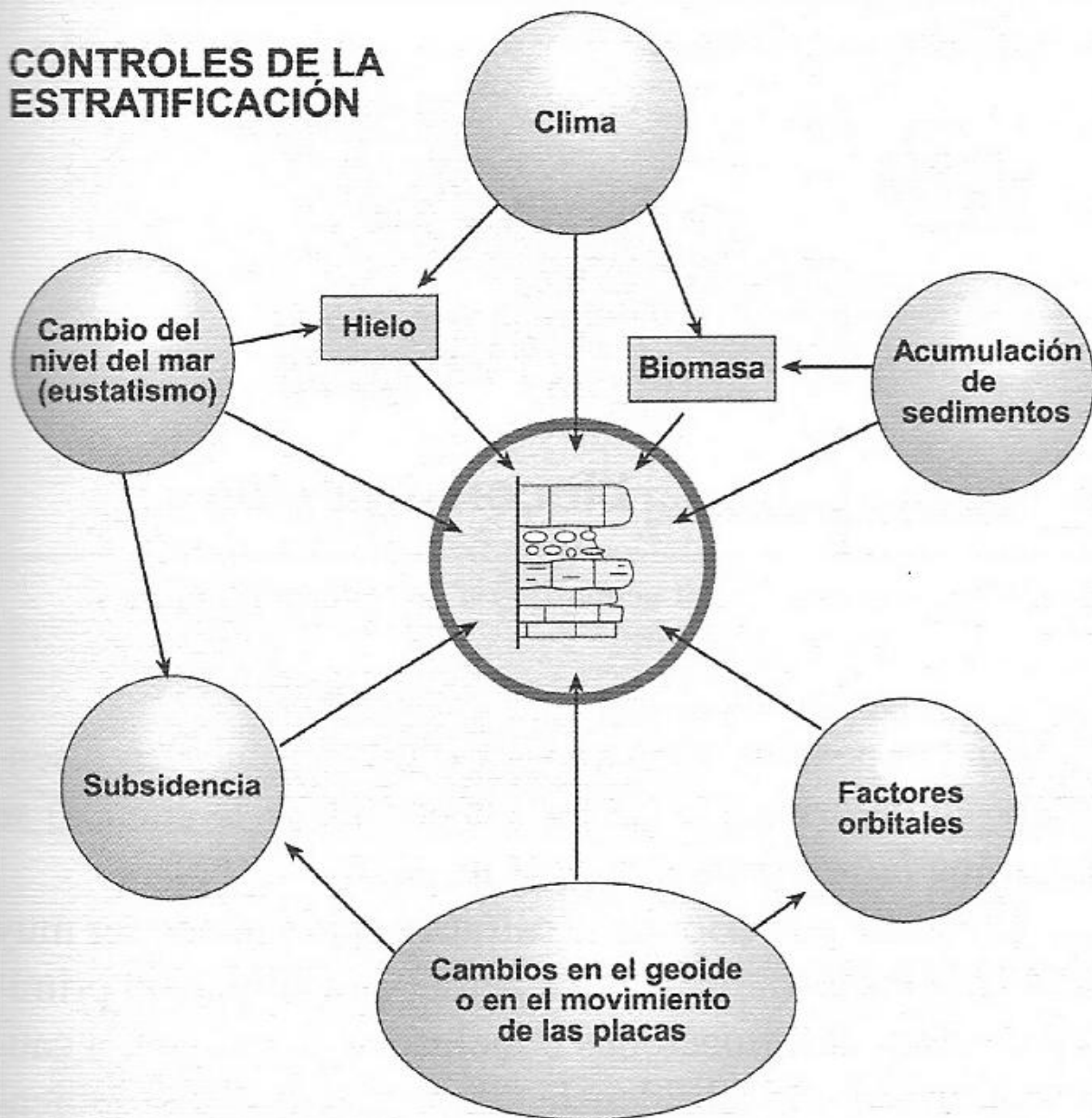


# Diseño de agrupamiento de estratos



**Figura 2.4.-** Tipos de asociaciones de estratos de acuerdo con la distribución de los espesores y de las litologías presentes (explicación en el texto). Los términos  $a$ ,  $b$  y  $c$  corresponden a tres tipos litológicos, en los que  $a$  sería el término de mayor tamaño de grano (en rocas detríticas) o de mayor energía (en rocas carbonatadas).

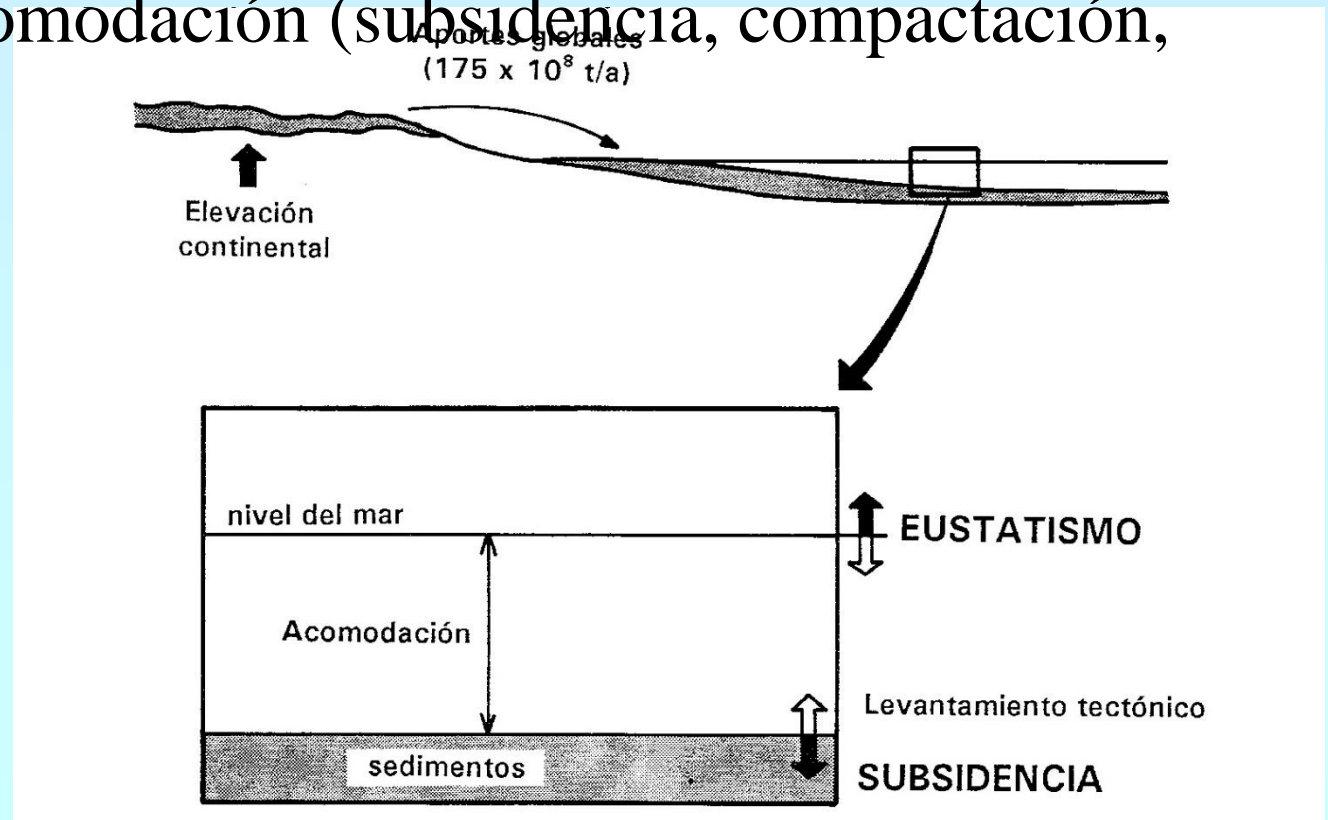
## CONTROLES DE LA ESTRATIFICACIÓN



# Controles en la sedimentación en un relleno de cuenca:

1) Tasa de sedimentación

2) Espacio de acomodación (subsistencia, compactación, eustatismo)



# EL TIEMPO EN GEOLOGÍA

## 1) Edades relativas

- a) superposición de estratos
- b) ordenación de los fósiles

## 2) Edades absolutas (métodos)

## 3) Calibración de las edades relativas

Trazas de fisión

Sr86/Sr87 en conchillas

Al y Be radiogénicos

Elemento padre	Elemento hijo	Periodo de semidesintegración (años)	Intervalo de tiempo de aplicación (en años)
$^{40}\text{K}$	$\longrightarrow$ $^{40}\text{Ar}$	$11,9 \times 10^9$	Cualquier edad
$^{87}\text{Rb}$	$\longrightarrow$ $^{87}\text{Sr}$	$4,7 \times 10^{10}$	Cualquier edad
$^{232}\text{Th}$	$\longrightarrow$ $^{208}\text{Pb}$	$13,9 \times 10^9$	Cualquier edad
$^{238}\text{U}$	$\longrightarrow$ $^{206}\text{Pb}$	$4,6 \times 10^9$	Cualquier edad
$^{235}\text{U}$	$\longrightarrow$ $^{207}\text{Pb}$	$7 \times 10^8$	$3 \times 10^9$
$^{234}\text{U}$	$\longrightarrow$ $^{230}\text{Th}$	250.000	1.500.000
$^{230}\text{Th}$	$\longrightarrow$ $^{226}\text{Ra}$	75.200	300.000
$^{230}\text{Th}$	$\longrightarrow$ $^{231}\text{Pa}$	$\approx 35.000$	150.000
$^{14}\text{C}$	$\longrightarrow$ $^{14}\text{N}$	5.568	35.000

# NOMENCLATURA ESTRATIGRÁFICA

- Unidades litoestratigráficas: volúmenes de rocas sedimentarias diferenciadas por su litología.
- Unidades bioestratigráficas: volúmenes de rocas sedimentarias diferenciables por su contenido paleontológico
- Unidades magnetoestratigráficas: volúmenes de rocas sedimentarias diferenciables por sus propiedades magnéticas
- Unidades aloestratigráficas: volúmenes de rocas sedimentarias diferenciables por sus características litológicas y limitadas por discordancias
- Unidades litodémicas: cuerpos rocosos no sedimentarios caracterizados por sus propiedades litológicas

-Unidades cronoestratigráficas: volúmenes de materiales estratificados diferenciados por su edad.

-Unidades geocronológicas: unidades de tiempo geológico correspondiente a cada unidad cronoestratigráfica.

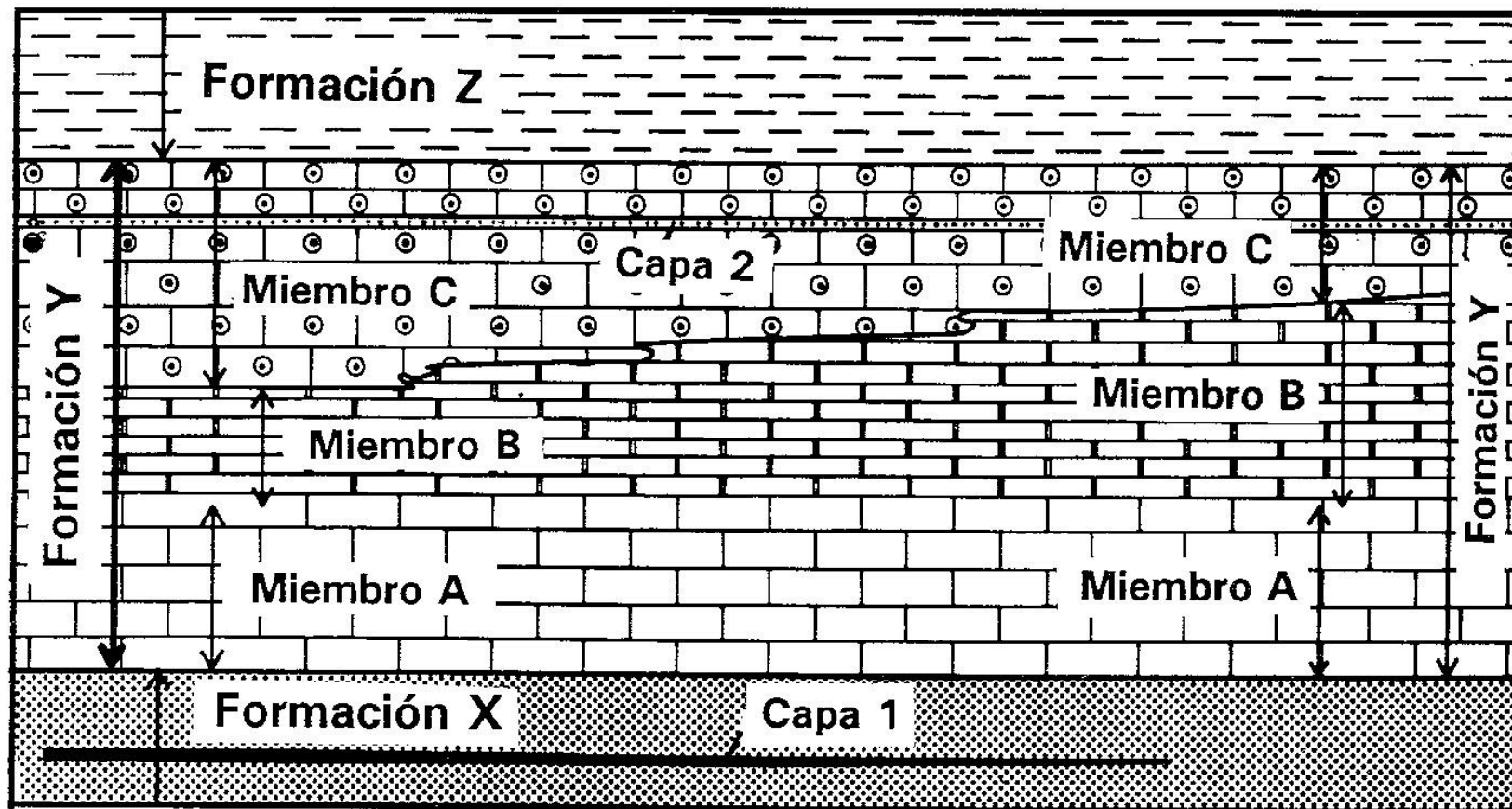
## **Unidad cronoestratigráfica**

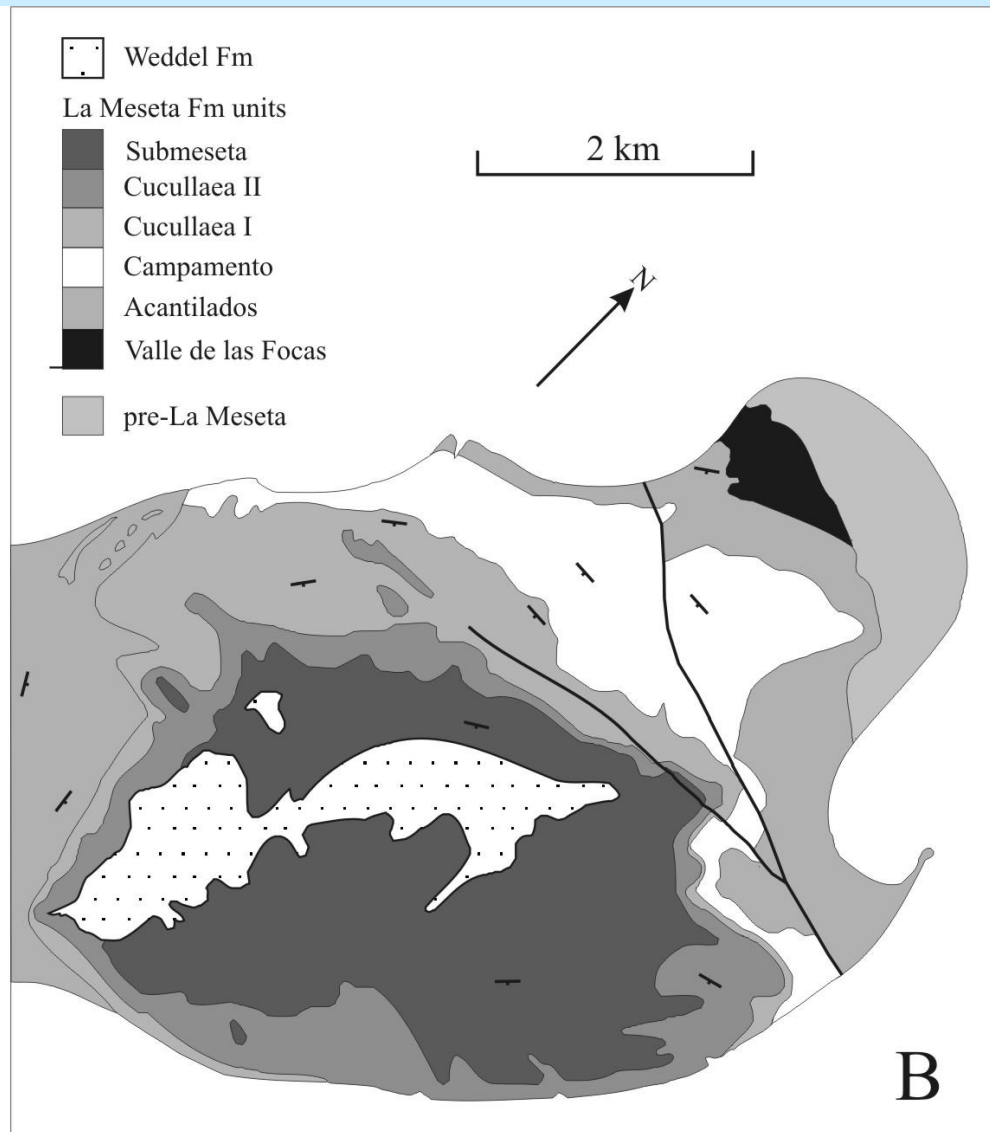
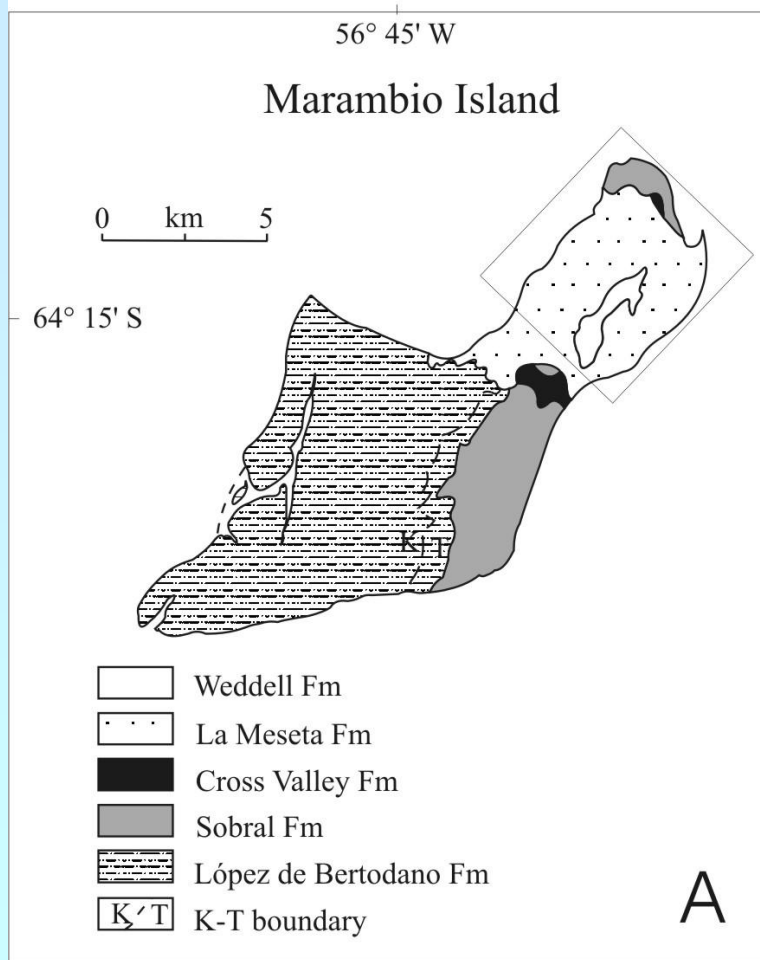
## **Unidad geocronológica**

Eonotema.....	Eón
Eratema.....	Era
Sistema.....	Período
Serie.....	Epoca
Piso.....	Edad
<i>Biocronozona</i> .....	<i>Biocrón</i>

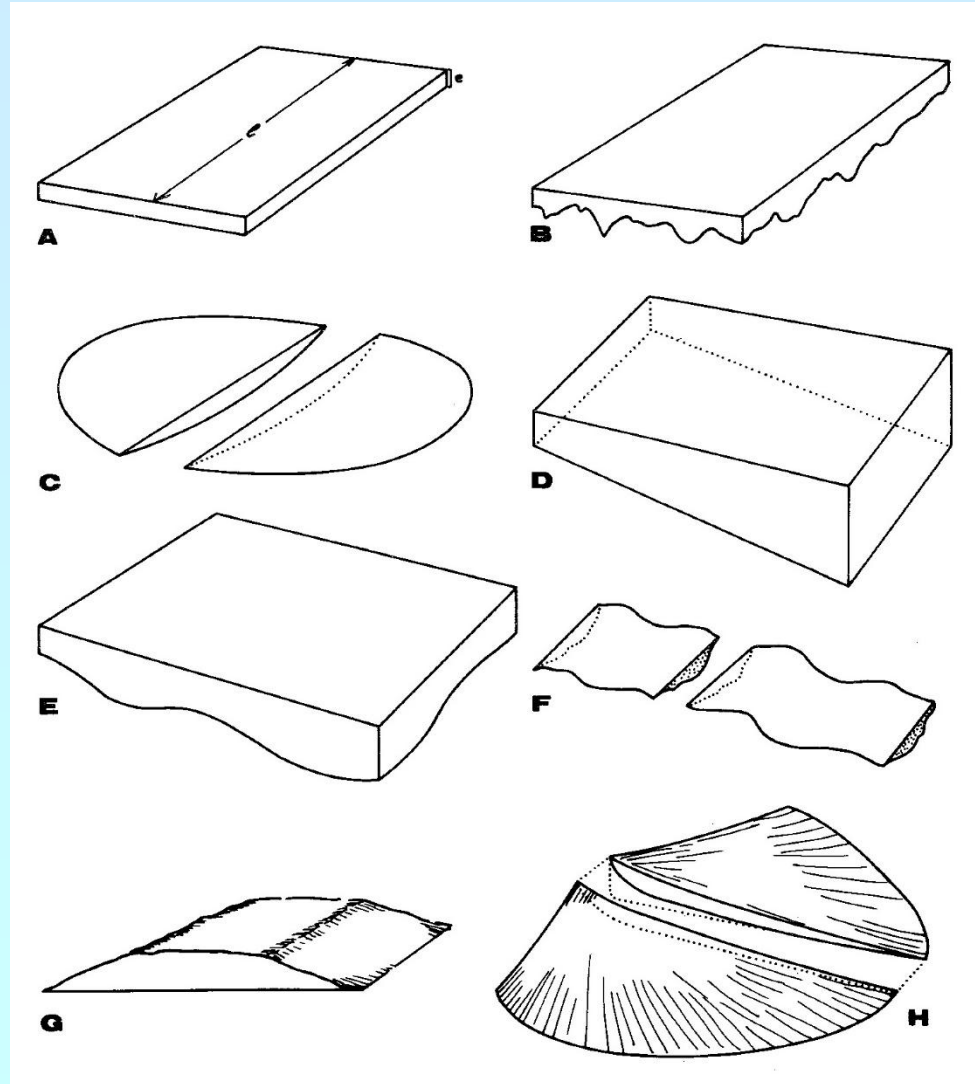
# UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

- Definición: Conjunto de estratos que constituyen una unidad por poseer características litológicas similares y que las diferencian de los conjuntos infra y suprayacentes.
- Unidades: **Formación**, conjunto de estratos que poseen características diferenciables y susceptible de ser mapeada (e 1:10000).  
**Grupo**, conjunto de dos o más formaciones que pertenecen un mismo ciclo sedimentario y tienen características comunes.  
**Miembro**, parte de una formación que presenta características distintivas.
- Forma
- Tipos de contactos





# FORMA DE LAS UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS



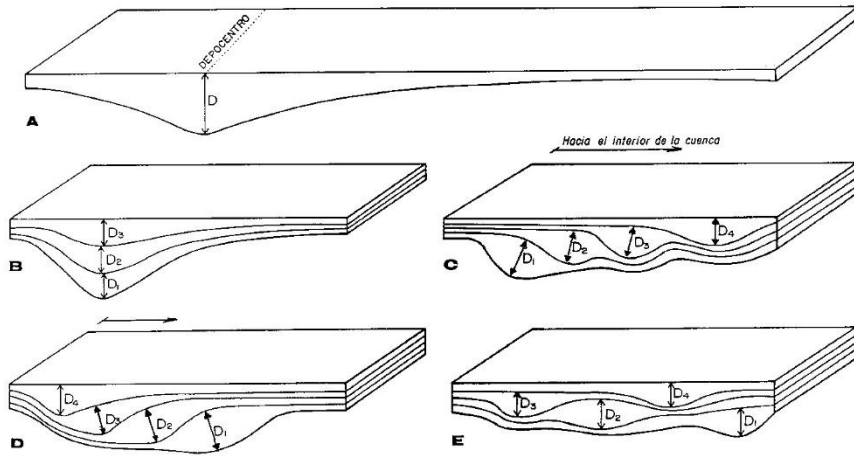
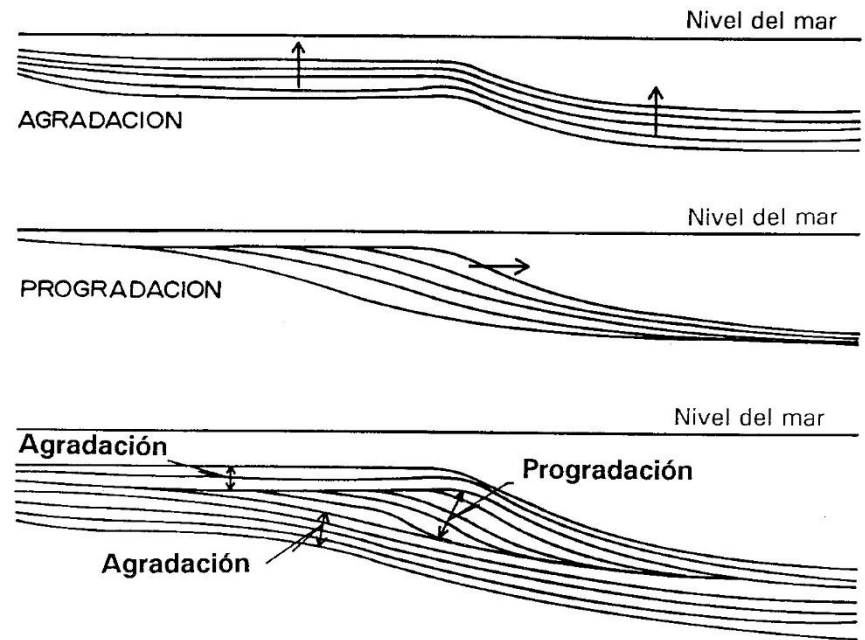


Figura 8.4.- Concepto de depocentro de una unidad litoestratigráfica y de las posibles relaciones de la posición de los depocentros en unidades superpuestas. A.- Depocentro en una unidad litoestratigráfica. B.- Unidades superpuestas con depocentros coincidentes. C.- Unidades superpuestas con depocentros desplazándose hacia el interior de la cuenca. D.- Unidades superpuestas con depocentros que se desplazan hacia fuera de la cuenca. E.- Unidades con depocentros no coincidentes ni dispuestos con una ordenación preferente.

## DEPOCENTRO

## DISEÑO DE APILAMIENTO



# **SUPERFICIES LIMITANTES**

- 1) Continuidad y discontinuidad
- 2) Hiato, tipos (erosional y no depositacional)
- 3) Concordancia y discordancia
- 4) Paraconformidad y diastemas
- 5) Continuidad lateral de las discordancias

**Continuidad:** relación genética entre dos unidades cuando no hubo una interrupción significativa (medible) entre ambas.

**Discontinuidad:** relación cuando media una interrupción en la sedimentación entre dos unidades.

**Hiato:**(laguna estratigráfica): tiempo de erosión o no depositación.

Hiato no depositacional: tiempo sin depósito

Hiato erosional: intervalo de tiempo no representado debido a erosión del registro sedimentario

**Concordancia:** relación vertical de dos unidades superpuestas en la que ambas presentan superficies de estratificación paralelas

**Discordancia:** relación entre dos unidades en donde su contacto corta superficies de estratificación de la infrayacente.

**Paraconformidad:** discontinuidades en donde el hiato tiene la misma duración en amplios sectores (discontinuidad con paralelismo de los bancos)

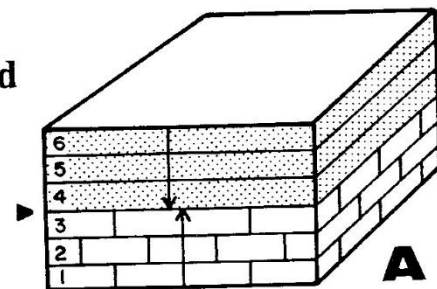
**Diastema:** pequeña interrupción en el ciclo de sedimentación

**Factores genéticos que influyen en el origen de las discontinuidades:**

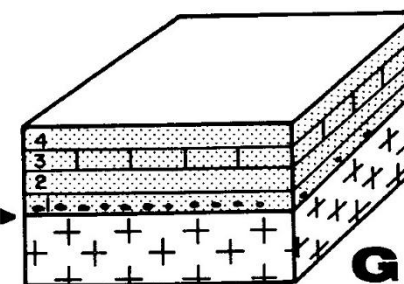
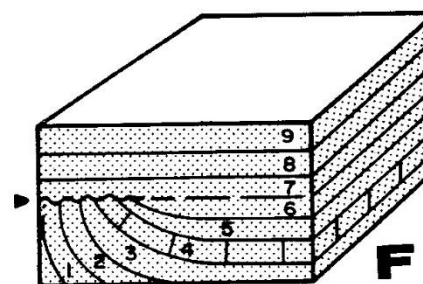
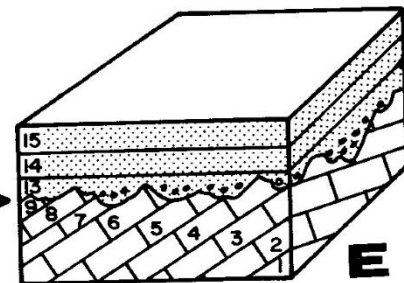
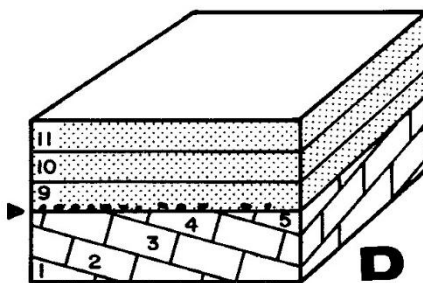
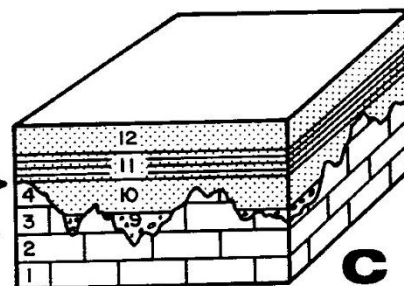
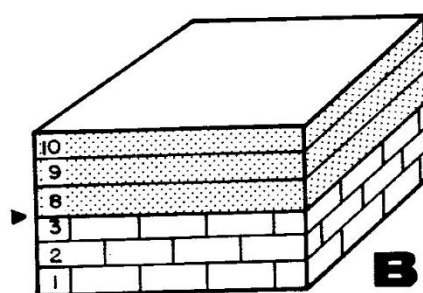
- 1) Cambios en el nivel de base
- 2) Cambios en la actividad tectónica
- 3) Cambios paleogeográficos
- 4) Cambios climáticos
- 5) Cambios ocenaográficos

# TIPOS DE CONTACTOS

Continuidad

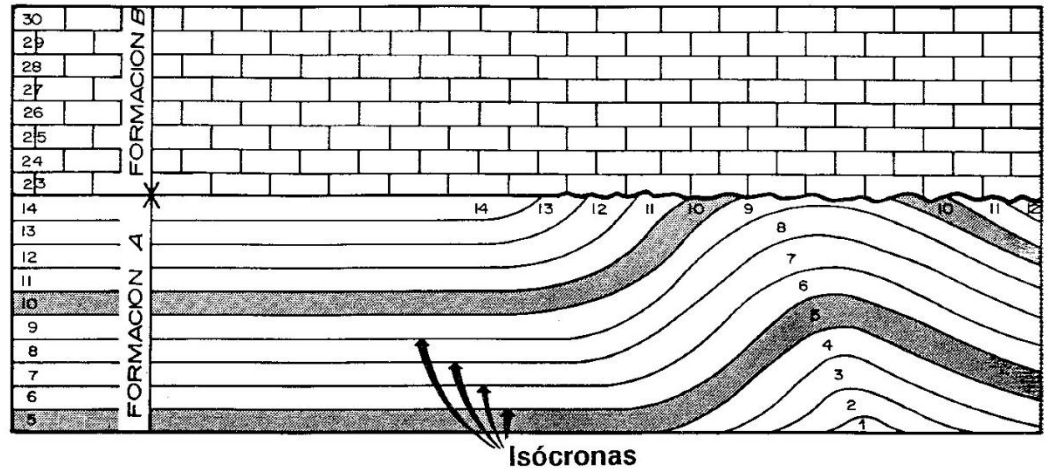


Discontinuidad

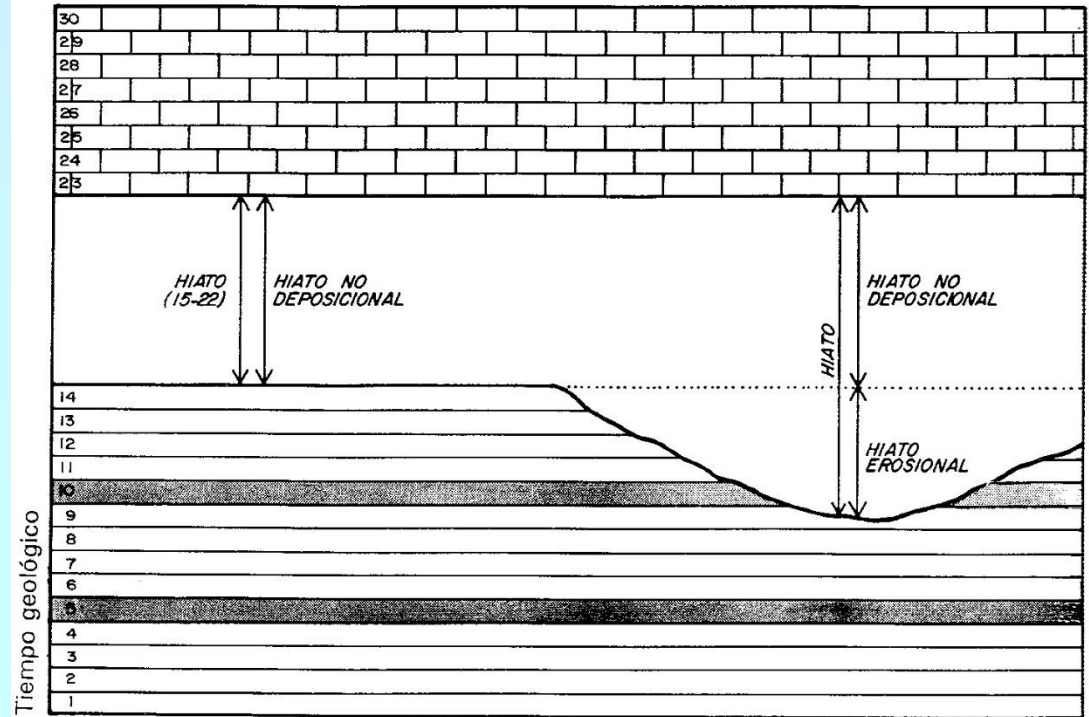


# HIATO

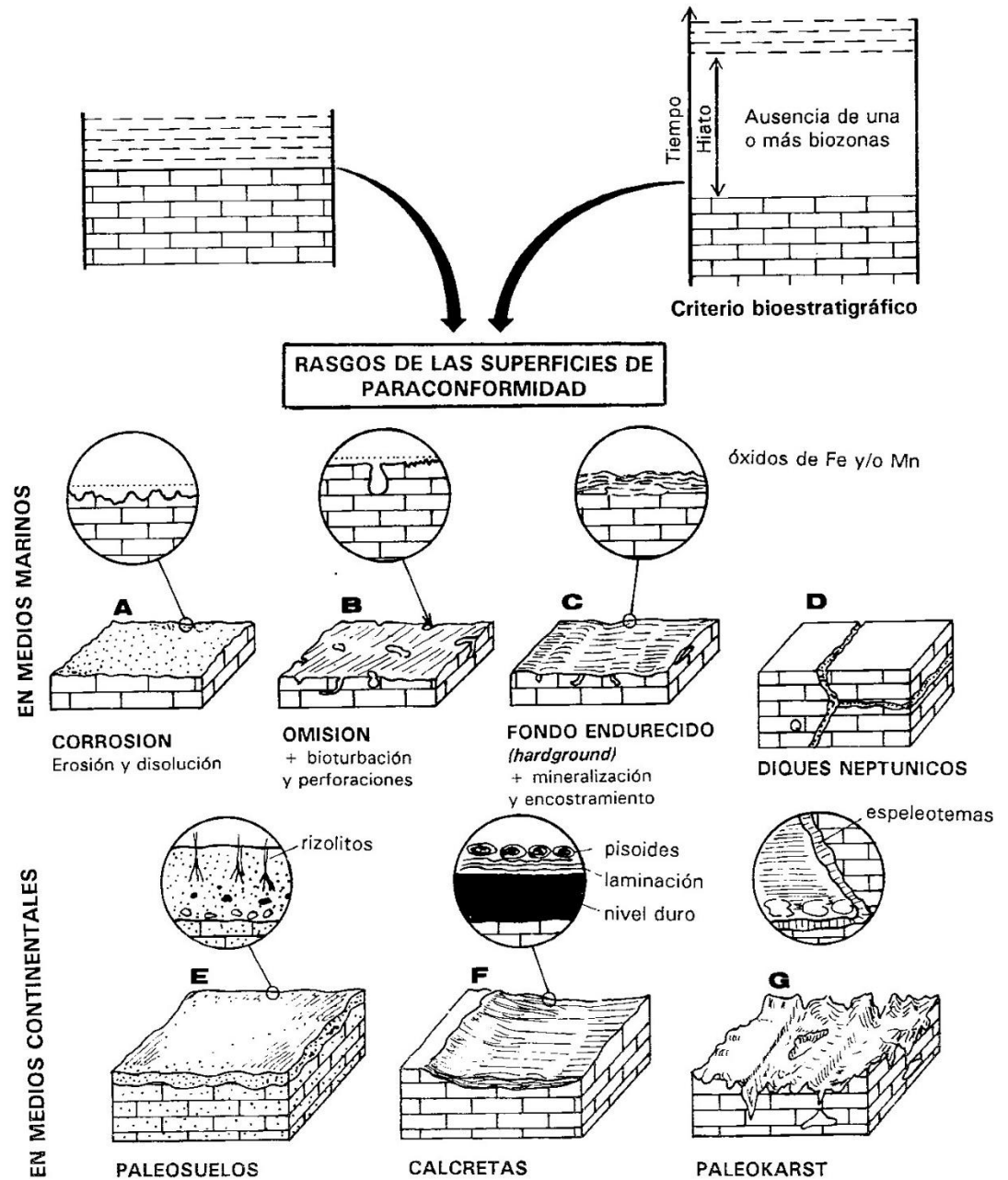
SECCION GEOLOGICA



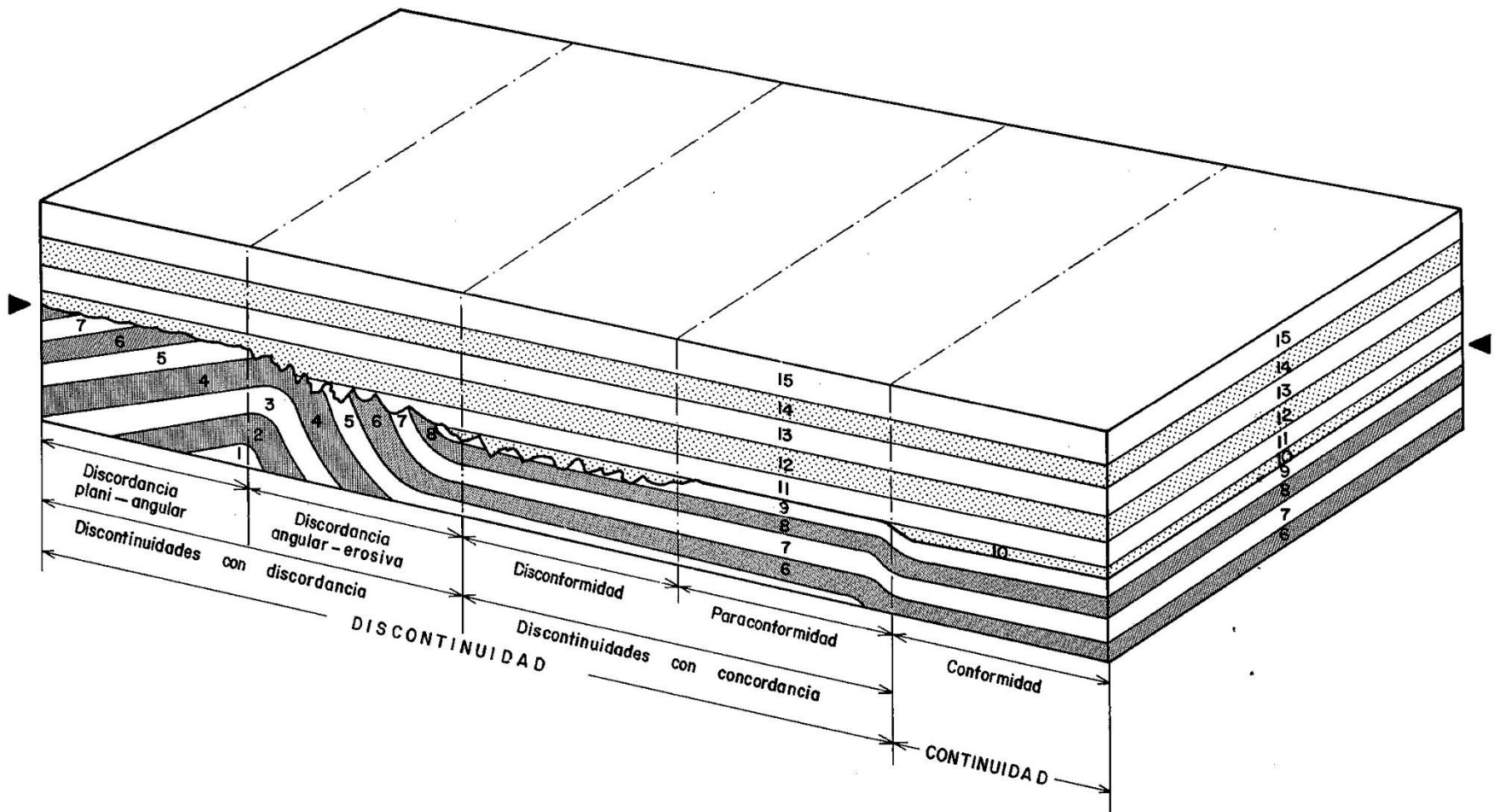
SECCION CRONOESTRATIGRAFICA



# SUPERFICIES DE OMISION



# RELACIONES LATERALES DE LAS SUPERFICIES LIMITANTES



# BIOESTRATIGRAFÍA

Unidades diferenciables por su contenido paleontológico.

**Biozona:** conjunto de rocas sedimentarias caracterizados por su contenido paleontológico

**Biohorizontes:** superficies estratigráficas que limitan la presencia de un fósil.

**BPA:** biohorizonte de primera aparición

**BUP:** biohorizonte de última presencia

**Fósiles guía:** aquellos que pueden ser utilizados para limitar intervalos de tiempo geológico relativamente breves.

**Características:** evolución rápida, distribución extendida, abundantes

# BIOZONAS

**Biozona de conjunto:** se define a partir del contenido total de fósiles o de un grupo determinado

**Biozona de extensión:** se basa en la presencia de un fósil o grupo de fósiles seleccionados.

**Biozona de extensión de un taxón:** conjunto de estratos que representa la extensión total de un taxón.

**Biozona de extensión coincidente:** corresponde a la porción coincidente o concurrente de dos taxones

**Biozona de apogeo:** conjunto de estratos caracterizados por la máxima abundancia del taxón seleccionado

**Biozona de intervalo:** conjunto de estratos delimitados por dos biohorizontes de dos organismos distintos

# BIOZONAS

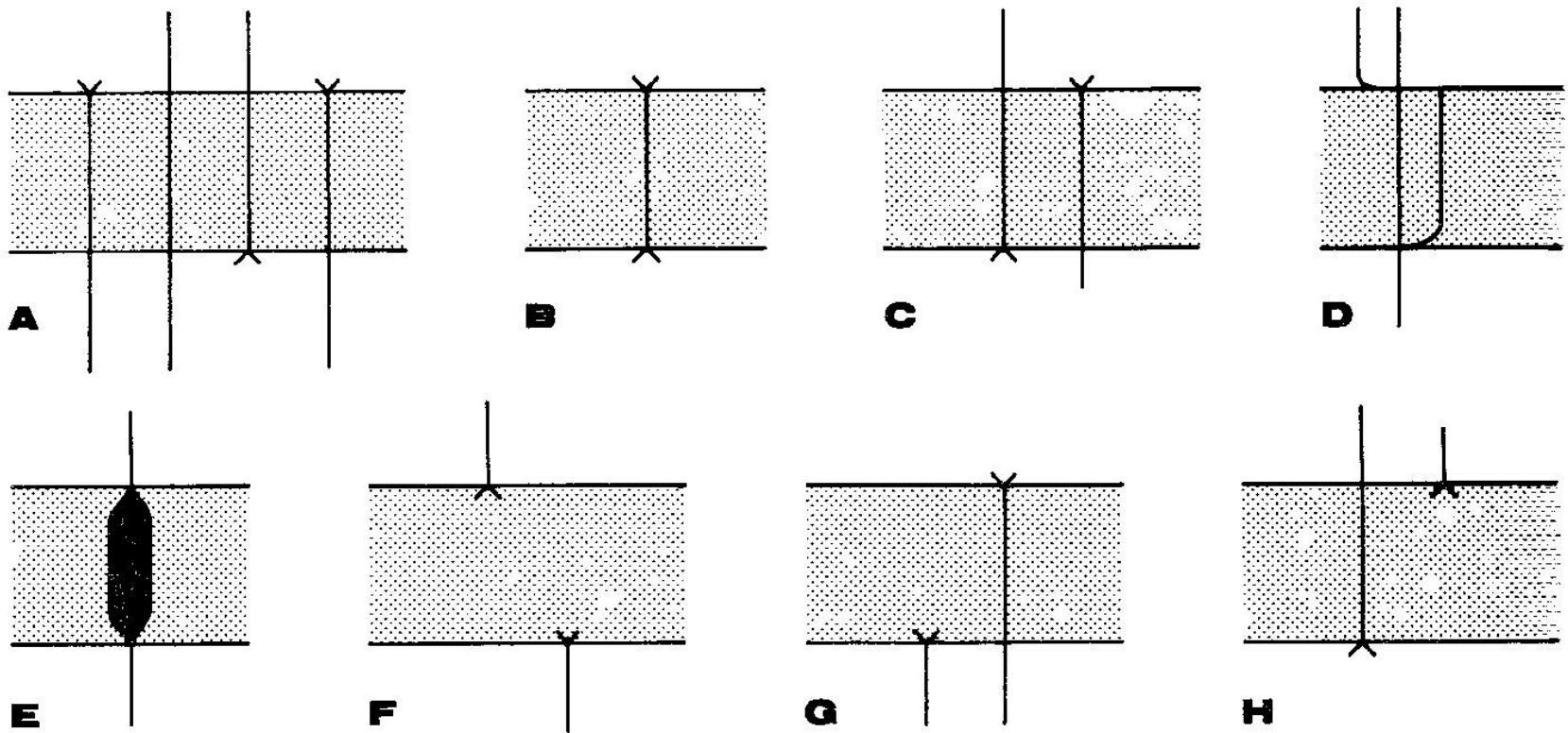
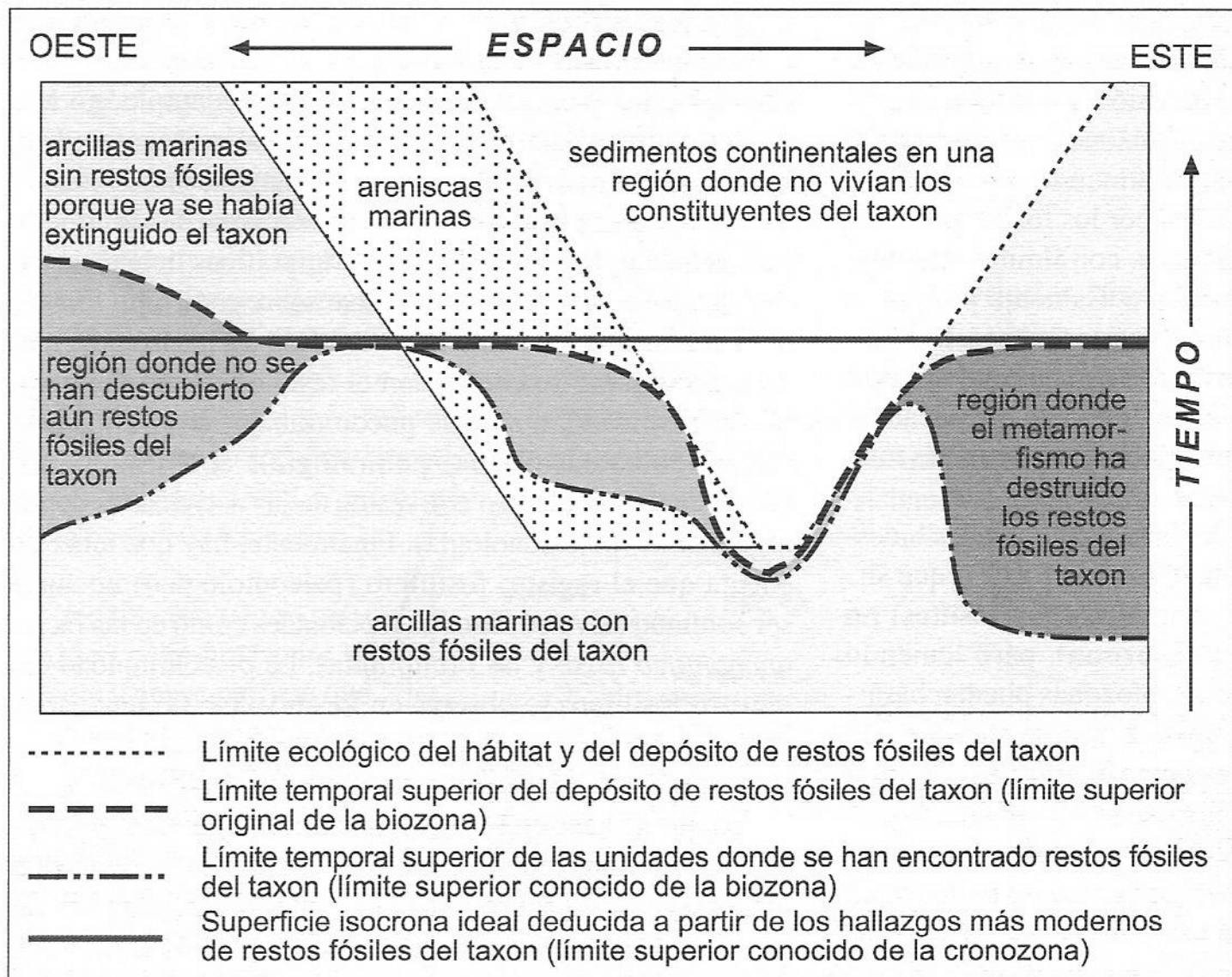


Figura 12.5.- Tipos de biozonas que establece la Guía Estratigráfica Internacional (GEI, 1980). A.- Biozona de conjunto. B.- Biozona de extensión de un taxon. C.- Biozona de extensión coincidente. D.- Filozona. E.- Biozona de apogeo. F. G y H.- Biozonas de intervalo (explicación en el texto).



9-5. Posibles causas de que varíen lateralmente las relaciones entre el límite superior original de la existencia y registro sedimentario de un taxon, el límite temporal superior conocido actualmente de este taxon, y un horizonte isocrono que es un horizonte cronoestratigráfico que se supone que marca el fin de la presencia de ese taxon en los sedimentos (modificada de ISSC, 1980).

# MAGNETOESTRATIGRAFIA

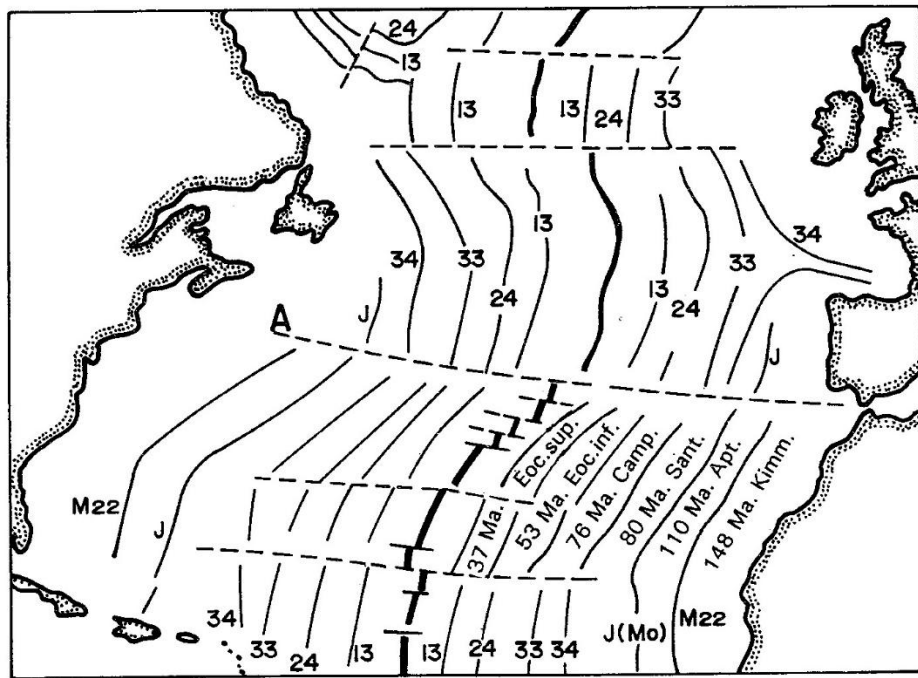


Figura 13.11.- Mapa de distribución de las anomalías magnéticas en los materiales del fondo oceánico (capa basáltica oceánica), correspondientes al Atlántico norte, redibujada a partir de Debelmas y Mascle (1989). Los números indican las anomalías magnéticas con la misma numeración con en la figura 13.12. A: falla transformante de Azores-Gibraltar.

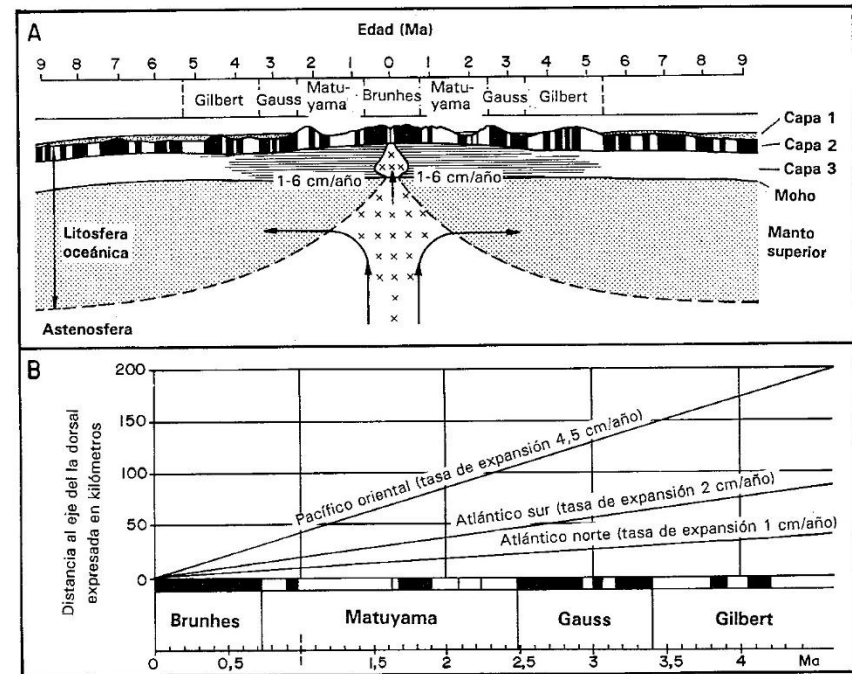


Figura 13.10.- Distribución de las anomalías magnéticas a ambos lados de las dorsales oceánicas. A.- Esquema en el que se muestra la simetría de las anomalías magnéticas y las etapas de polaridad magnética a ambos lados de las dorsales (Kearey y Vine, 1990; publicado con autorización de Blackwell Scientific Publications). B.- Tasas de expansión oceánica calculadas a partir de la posición de las anomalías magnéticas a ambos lados de las dorsales, elaborada a partir de diferentes fuentes.

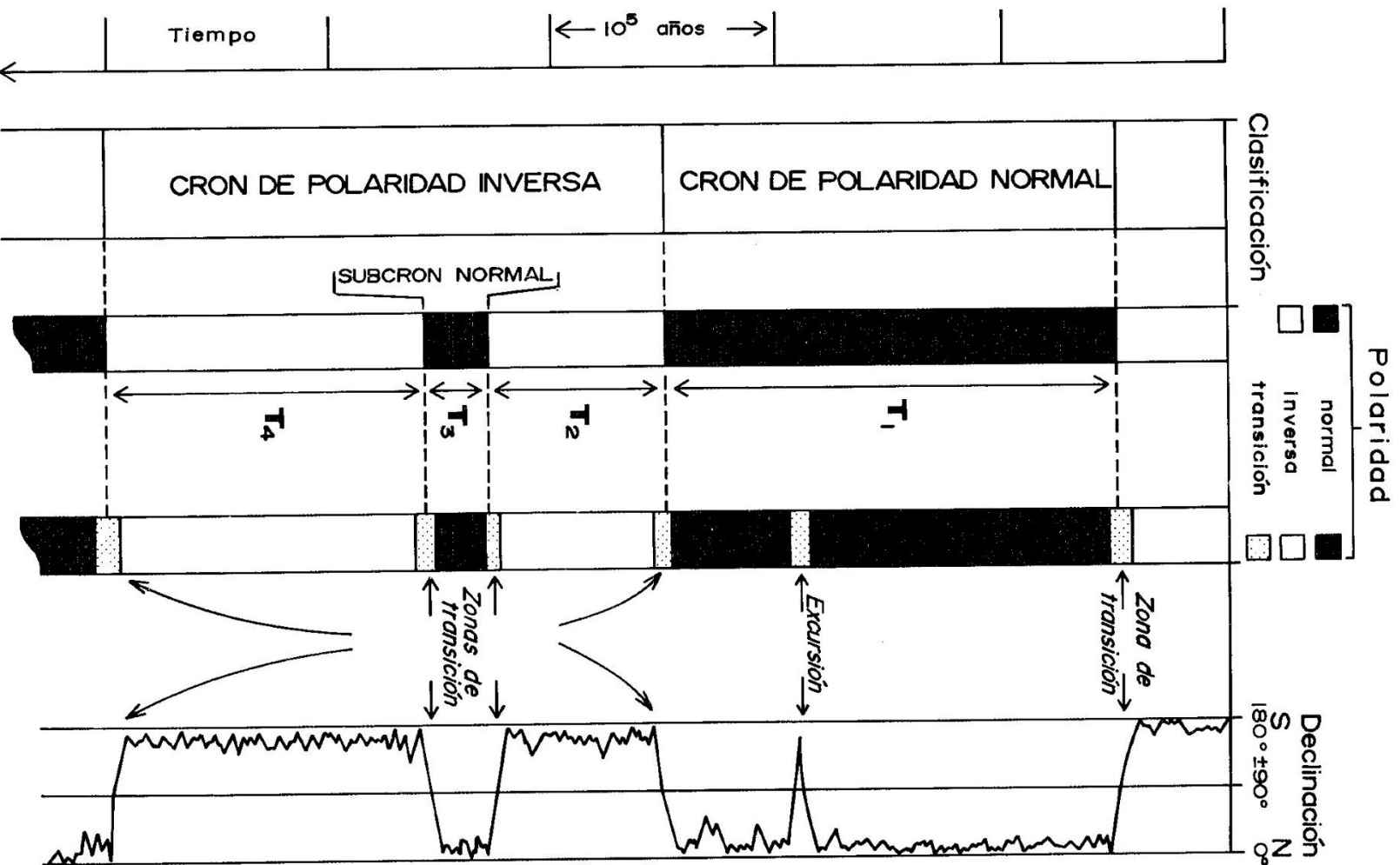
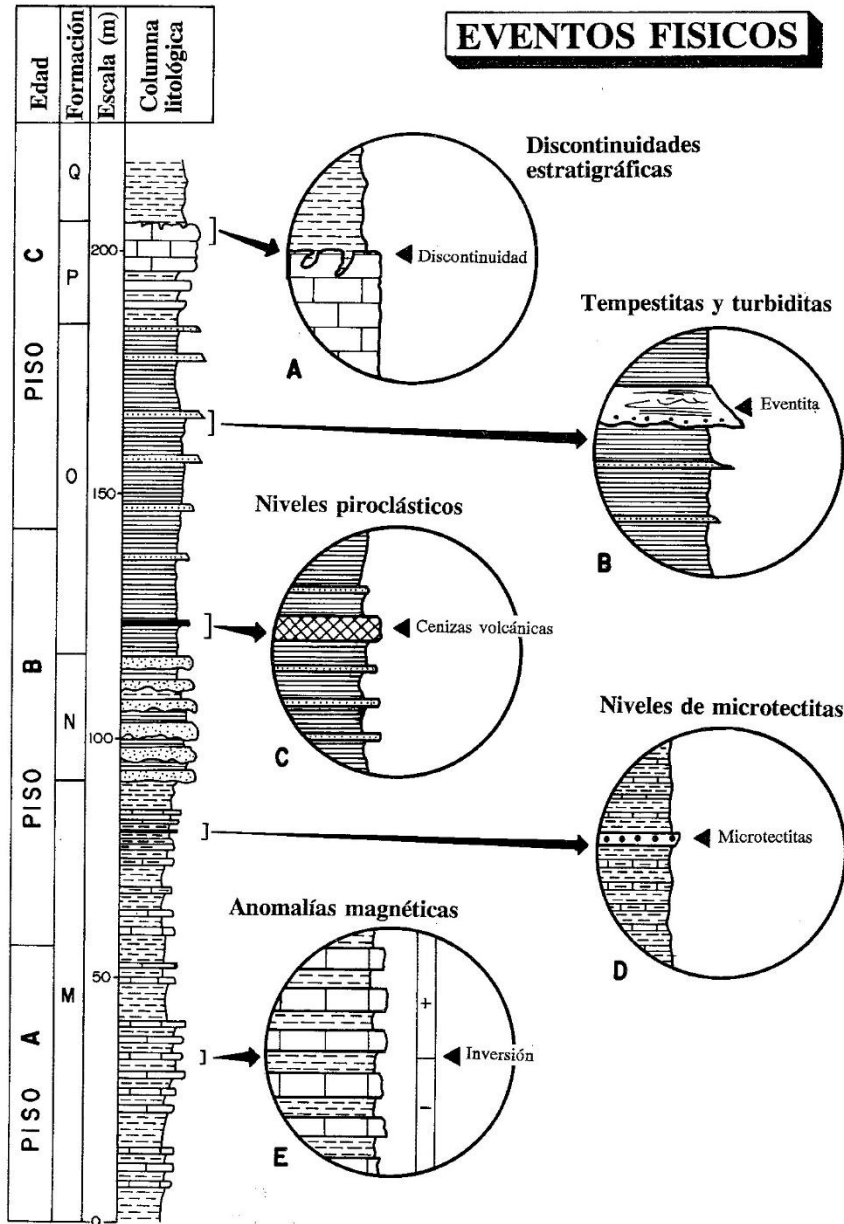


Figura 13.8.- Gráfico en el que se expresan los conceptos de cron de polaridad, subcron y excursiones (ligeramente modificado de: Harland *et al.*, 1990). Explicación en el texto.

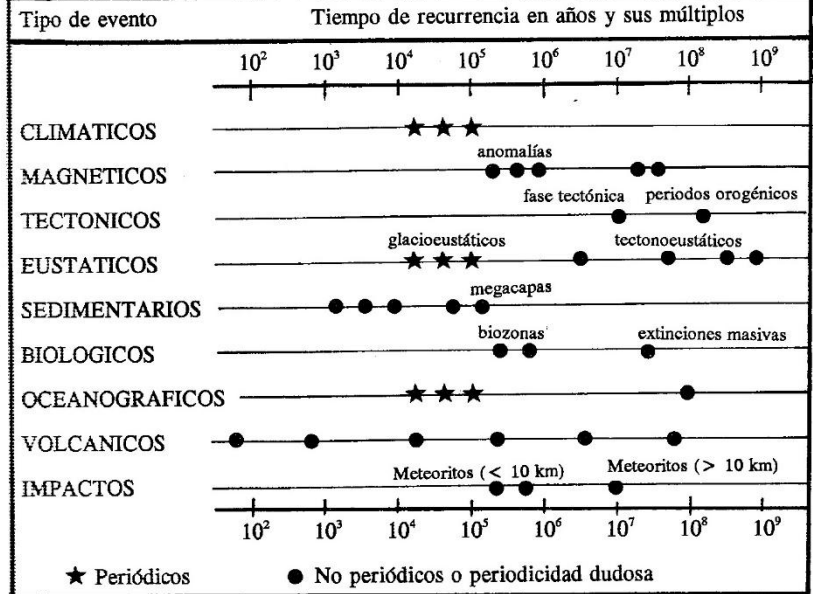
# EVENTOS

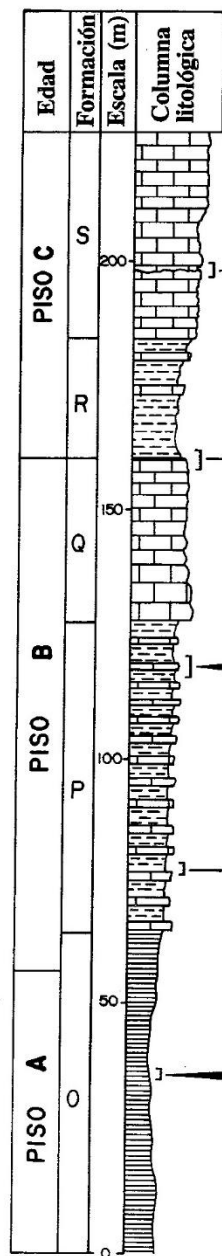


## Tipo de eventos

## Duración

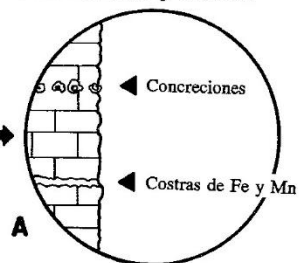
Impactos de cometas o meteoritos	Segundos
Grandes terremotos	Segundos
Tormentas y tsunamis	Minutos
Inundaciones muy catastróficas	Días
Erupciones de un volcán	Días
Cambios químicos y oceanográficos (tipo del Niño)	Días
Cambios climáticos globales	Miles de años
Cambios de polaridad magnética	Miles de años
Eventos biológicos (extinciones masivas)	Miles de años



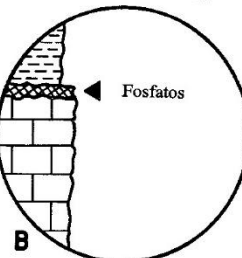


## EVENTOS QUIMICOS

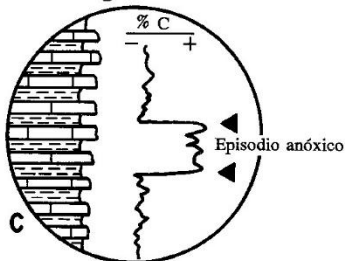
Concreciones y costras



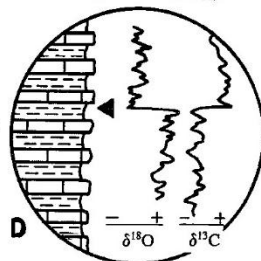
Niveles fosfatados



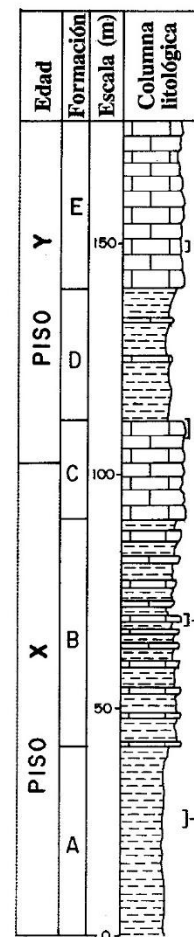
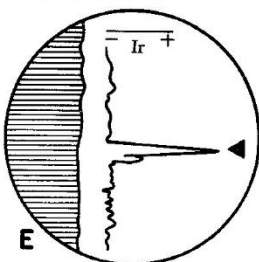
Carbono orgánico



Isótopos estables

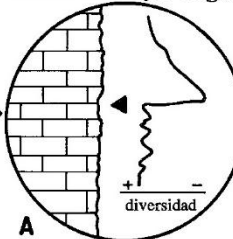


Elementos traza

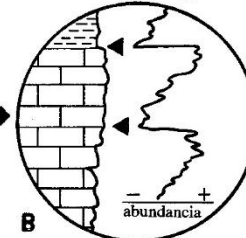


## EVENTOS BIOLOGICOS

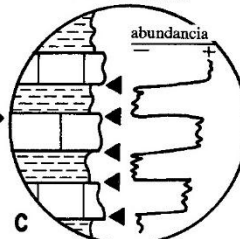
Colonización y/o migración



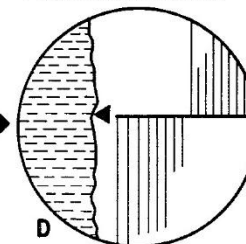
Mortandad



Productividad



Extinciones masivas

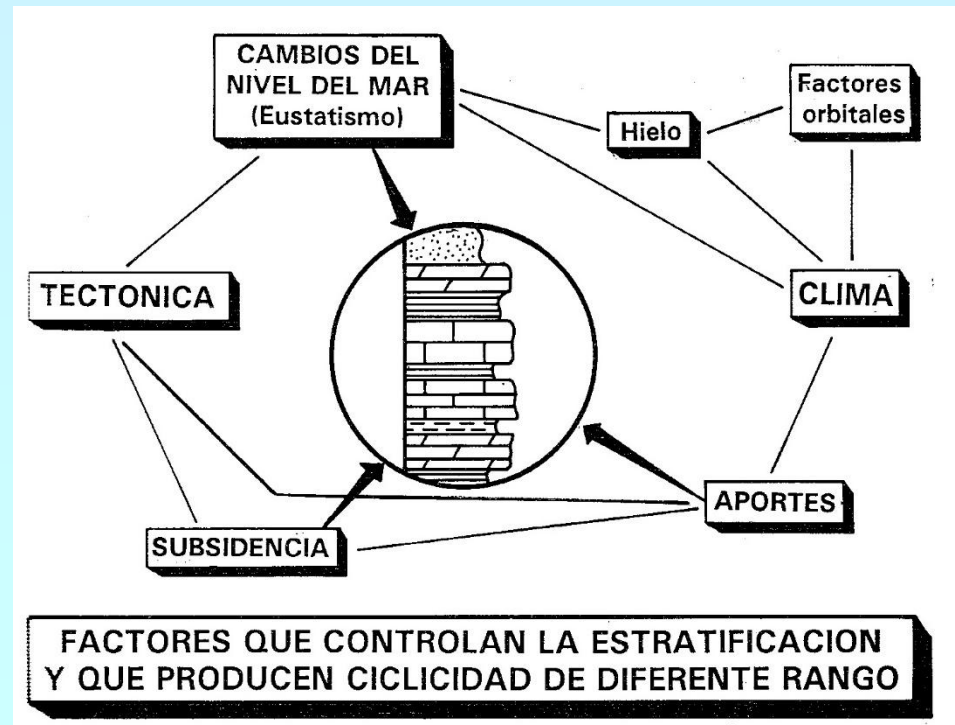


# CICLICIDAD

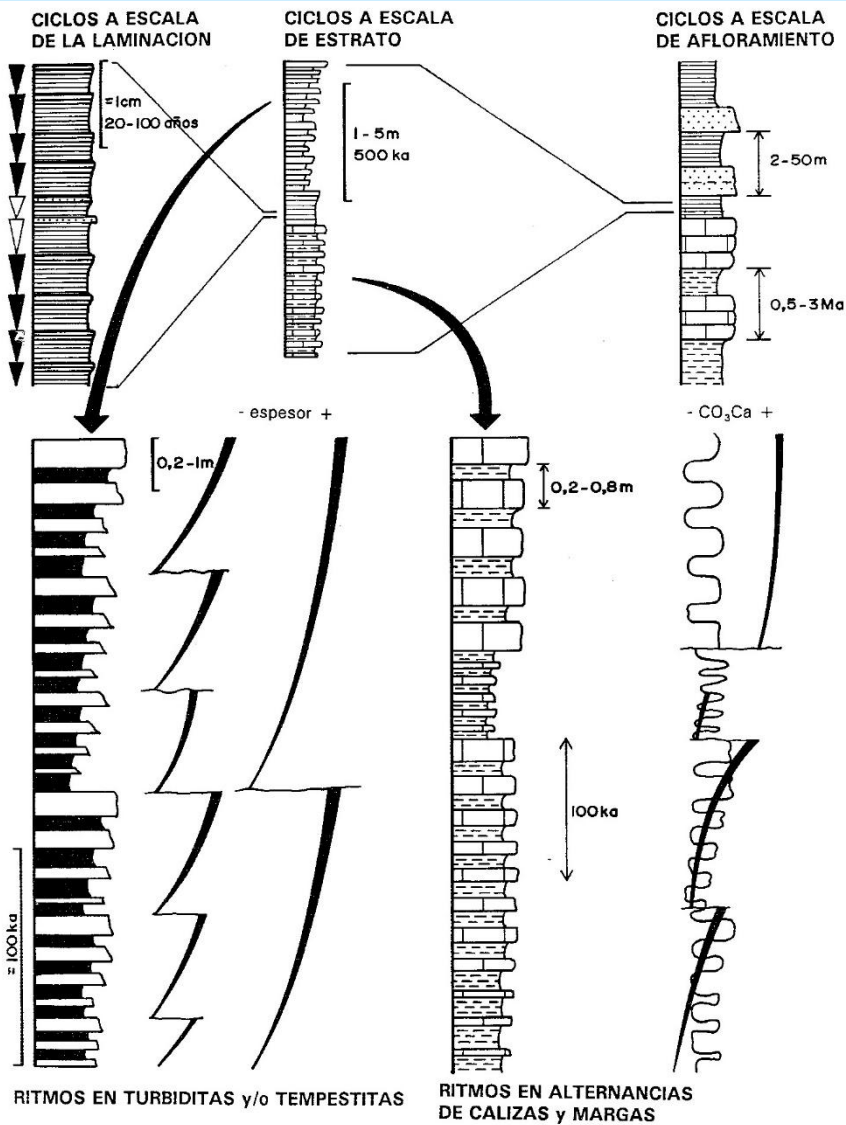
**Ciclicidad:** disposición observable en una sección estratigráfica según la cual se repiten ordenadamente tres o más litologías.

**Ritmicidad:** alternancia repetida de dos litologías, a nivel de estratos o láminas, en una sección estratigráfica

**Periodicidad:** en ciclicidad como en ritmicidad término aplicable para aludir a la repetición de los procesos en intervalos de tiempo constantes

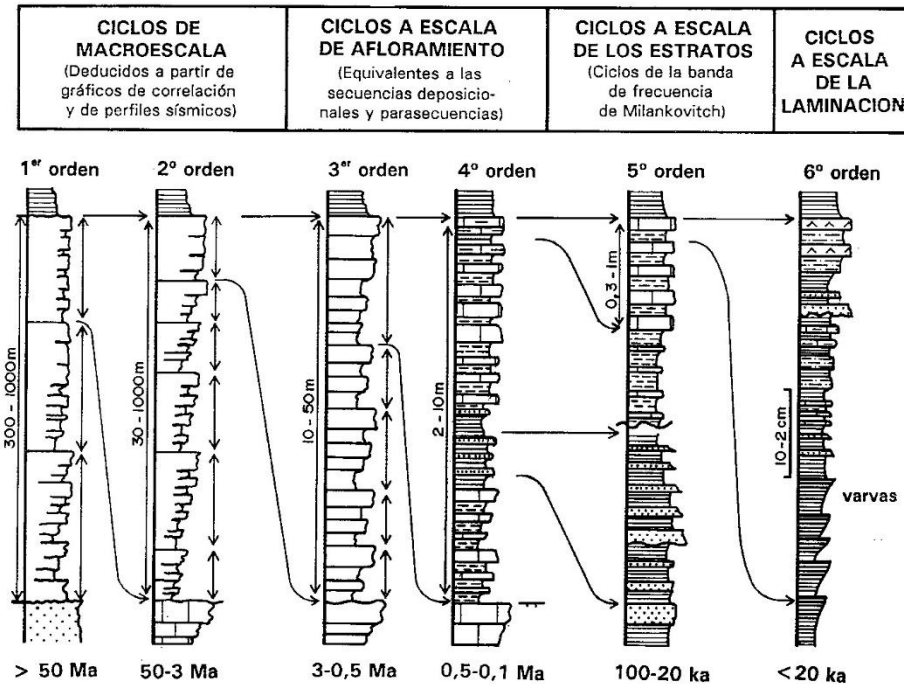


# Escala de los ciclos



## Rango de los ciclos

### RANGOS DE LA CICLICIDAD



**Transgresión:** movimiento horizontal tierra adentro de la línea de costa o avance del mar sobre áreas continentales

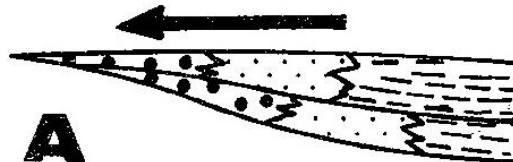
**Regresión:** movimiento horizontal mar adentro de la línea de costa o avance de las áreas emergidas sobre el mar

**Retrogradación:** dispositivo de crecimiento gradual de los cuerpos sedimentarios hacia el exterior de la cuenca (hacia la costa)

**Progradación:** dispositivo de crecimiento gradual de los cuerpos sedimentarios hacia el interior de la cuenca (hacia el mar)

**Agradación:** superposición vertical de capas sedimentarias

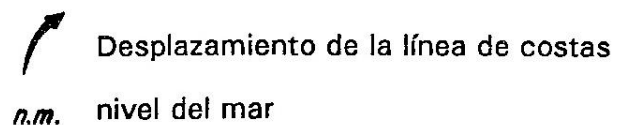
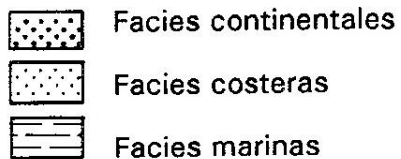
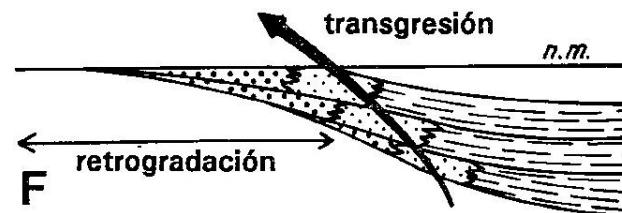
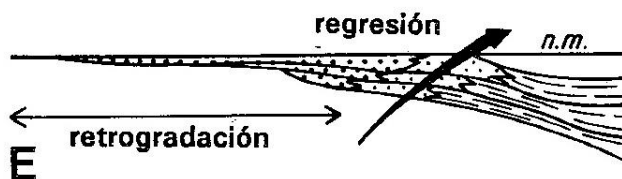
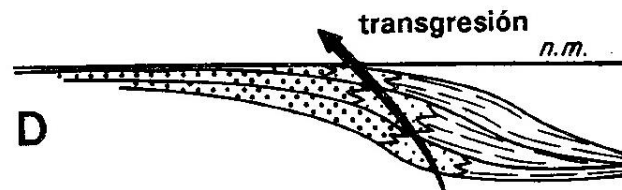
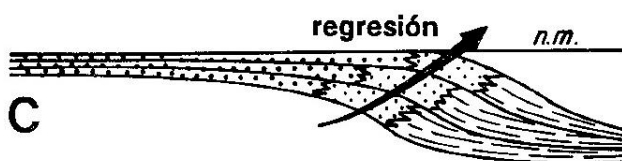
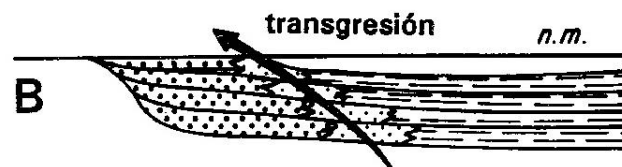
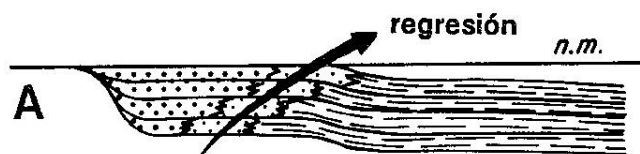
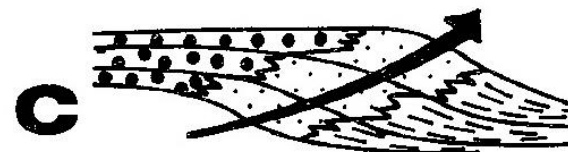
## RETROGRADACION



## AGRADACION



## PROGRADACION



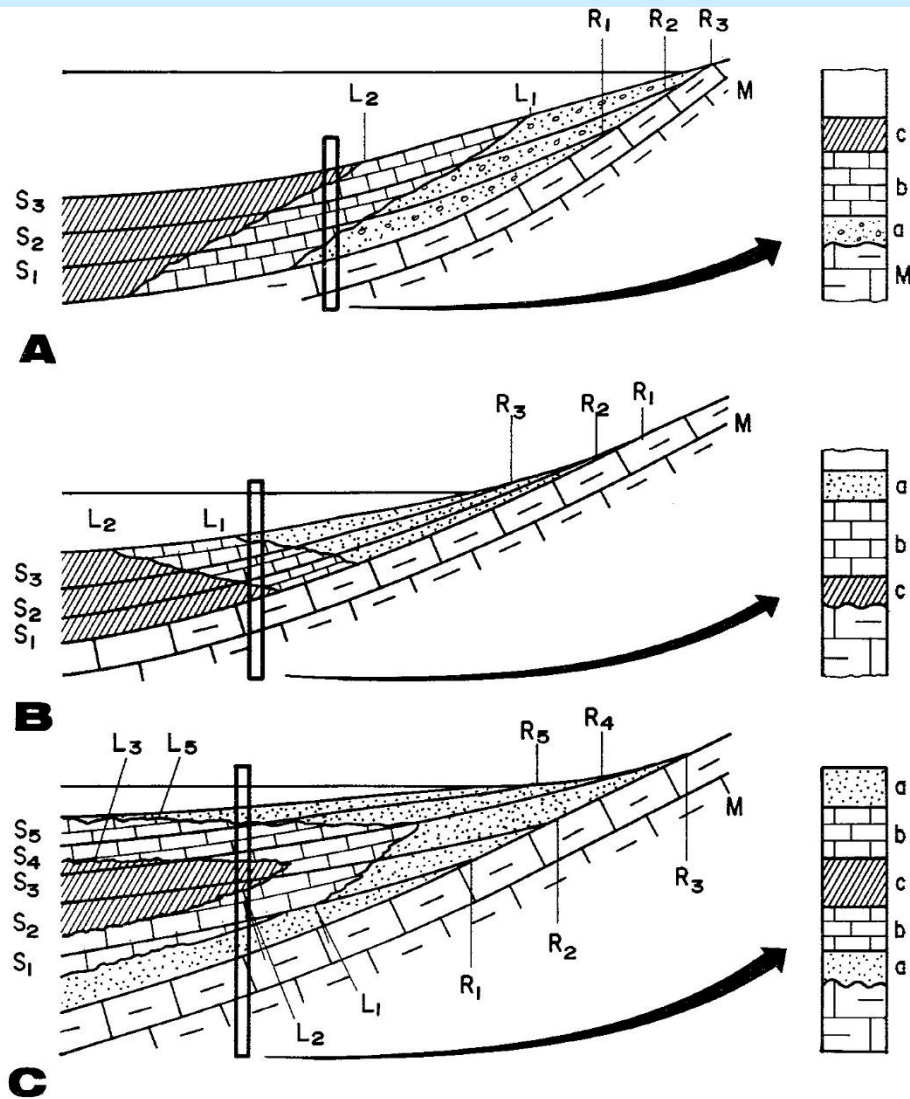


Figura 20.3.- Esquemas de una transgresión (A), de una regresión (B) y de un ciclo transgresivo-regresivo (C) y de las secciones estratigráficas que las expresan (según: Pomerol *et al.*, 1987, redibujado por el autor). Leyenda: M.- Material infrayacente de la transgresión sobre el que la capa a es discordante a escala regional aunque en cortes aparece como concordante. a,b,c: litologías (a.- arenitas, b.- calizas, c.- lutitas). S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub>,...: superficies isócronas. L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub>,...: superficies de paso lateral de facies, o sea, límites de unidades litoestratigráficas. R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub>,...: Posiciones sucesivas de la línea de costas.

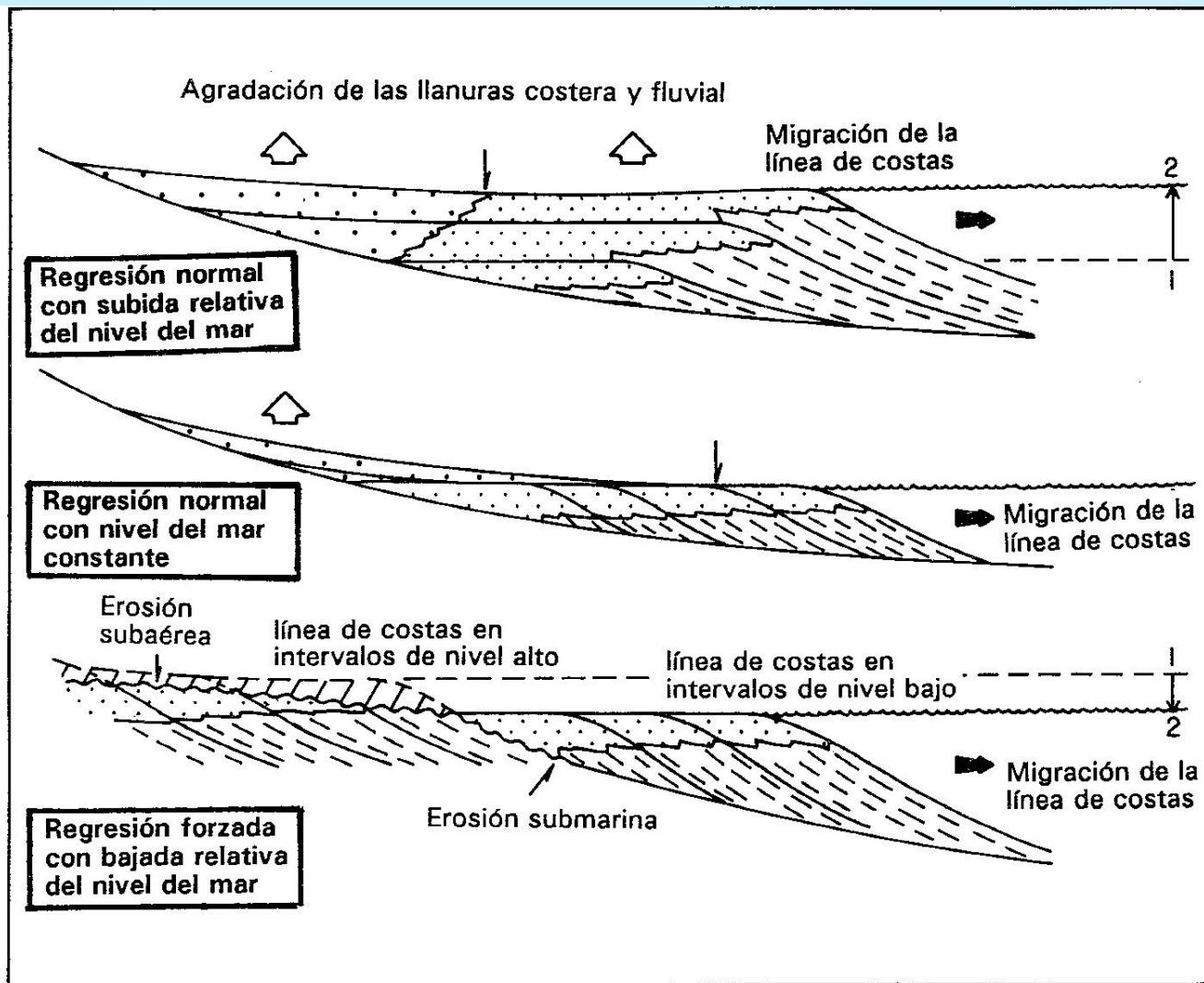


Figura 20.6.- Gráfico en el que se muestran la diferencia entre las regresiones normales y las regresiones forzadas, elaborado a partir de una figura de Posamentier *et al.* (1992).