

FALLAS Y FALLAMIENTO

JORGE ARTURO CAMARGO PUERTO

Ingeniero Geólogo

Universidad Surcolombiana

PLIEGUES AFECTADOS POR FALLA INVERSA



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

IMPORTANCIA DE PLIEGUES Y FALLAS

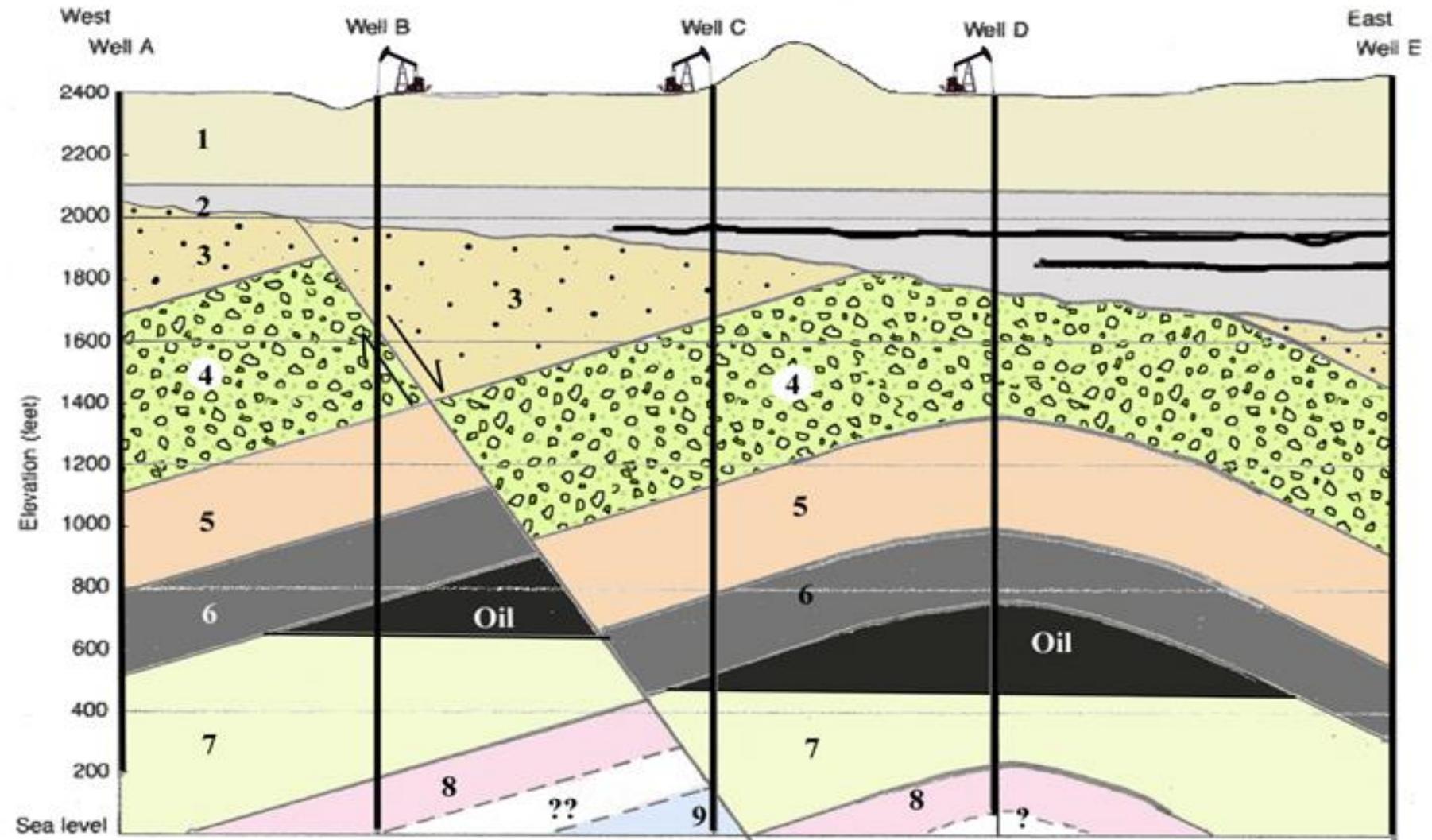
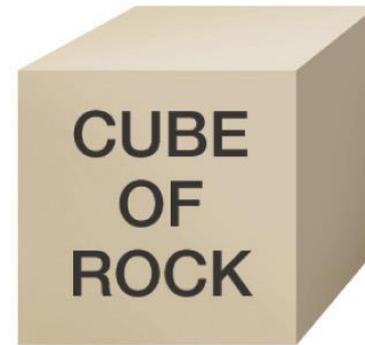
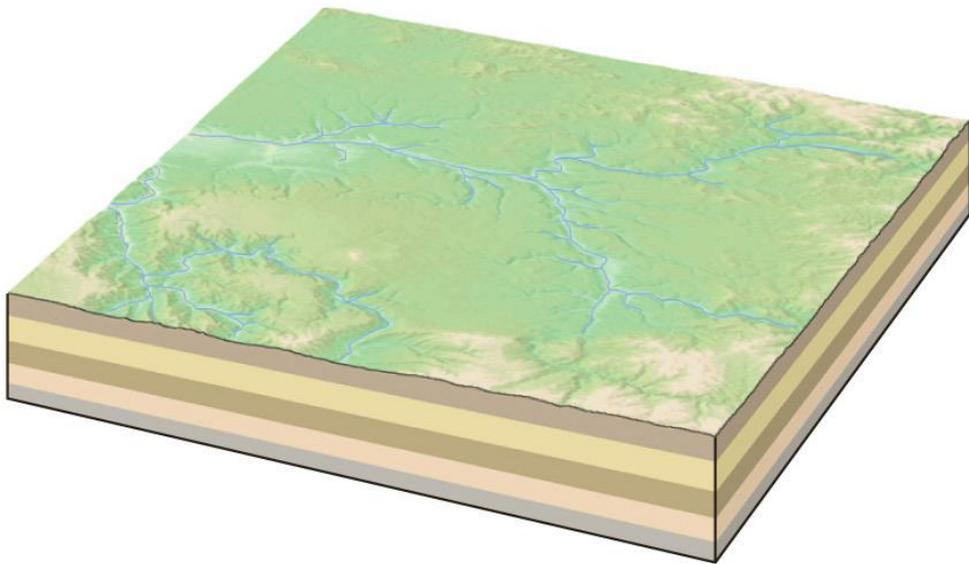


FIGURE 3 Cross section showing well locations.

DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE FALLAS

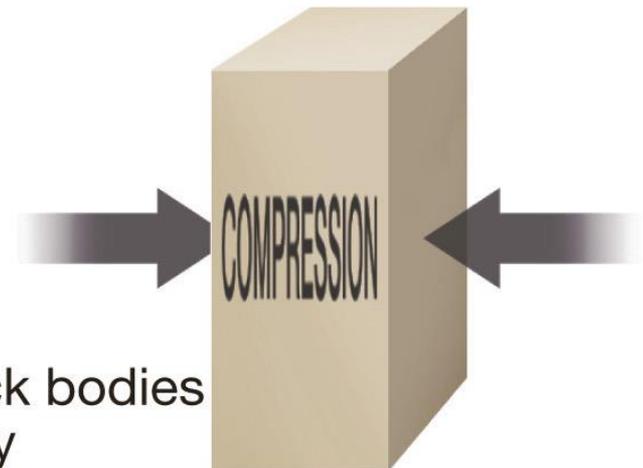
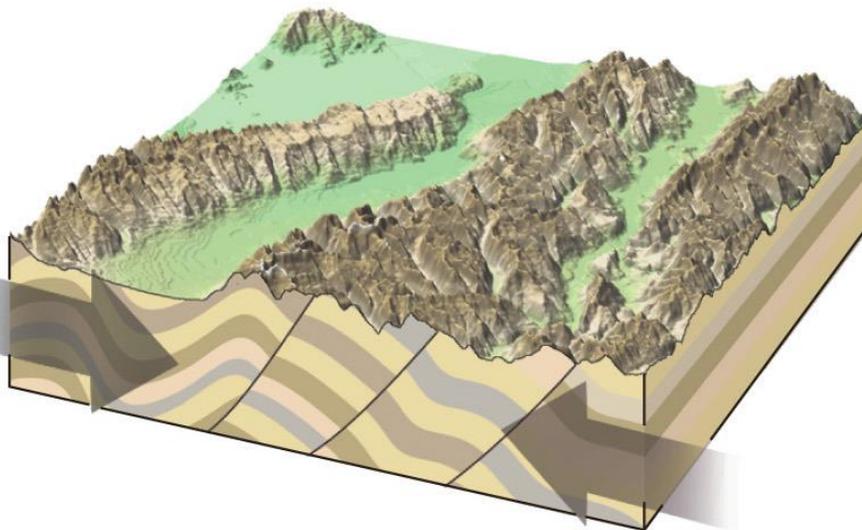
OBJETIVOS

- Describir los elementos de las fallas.
- Clasificar las fallas según la dirección del desplazamiento relativo.
- Clasificar las fallas según la dirección del esfuerzo principal mayor.
- Determinar la edad relativa de las fallas.



A. Undeformed strata (rock body)

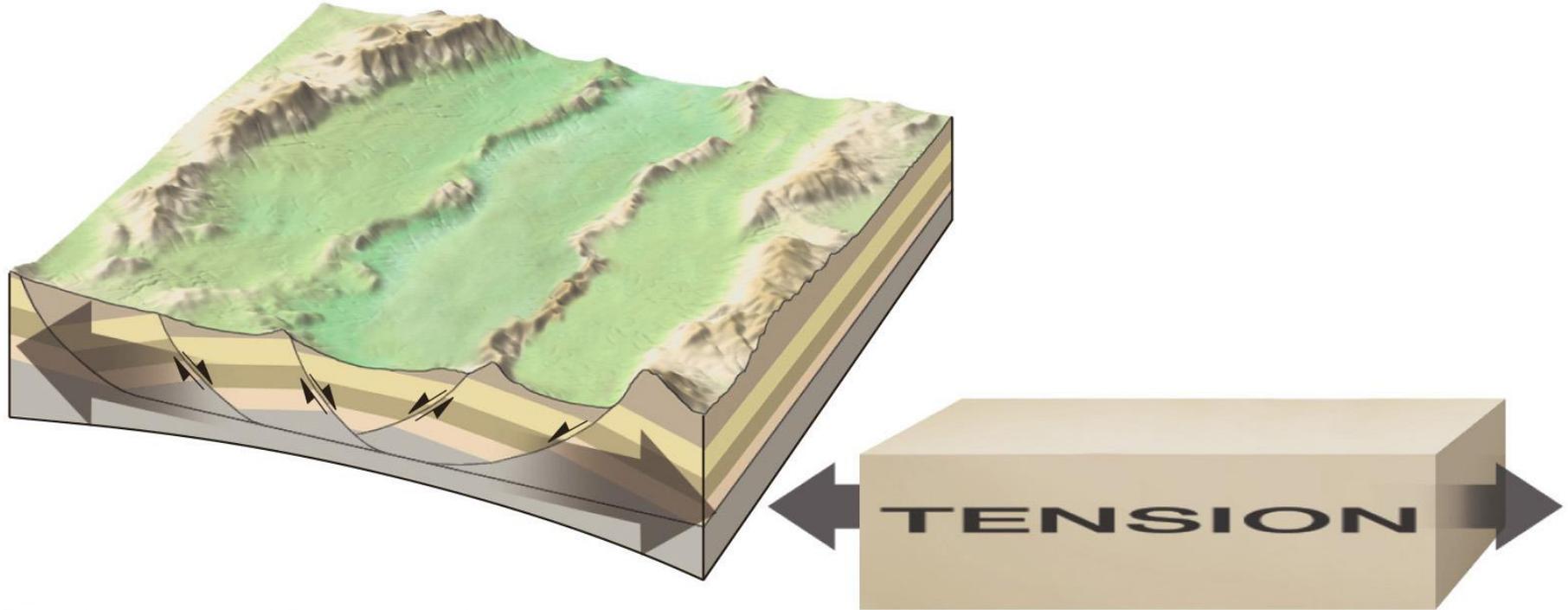
Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.



B. Horizontal compressional stress causes rock bodies to shorten horizontally and thicken vertically

Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

ESFUERZO TENSIONAL

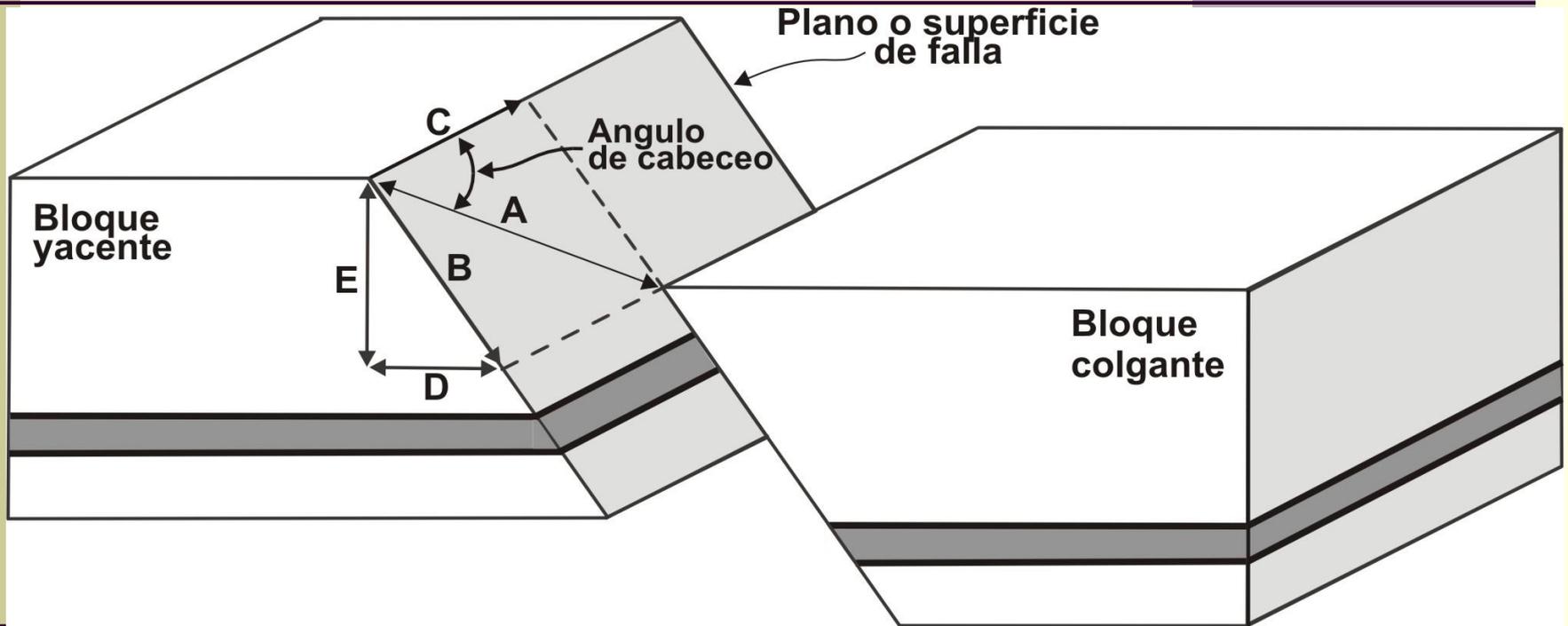


C. Horizontal tensional stress causes rock bodies to lengthen horizontally and thin vertically

ELEMENTOS DE FALLAS

- **Falla:** fractura en la roca a lo largo de la cual ha ocurrido desplazamiento.
- **Plano de falla:** plano o superficie a lo largo del cual ha ocurrido desplazamiento.
- **Bloque colgante:** bloque que descansa por encima de un plano de falla inclinado; si el plano de falla es vertical este término no es aplicable.
- **Bloque yacente:** bloque que yace por debajo de un plano de falla inclinado.
- **Falla con desplazamiento oblicuo:** falla cuyo desplazamiento tiene componentes en la dirección del buzamiento y en la dirección del rumbo del plano de falla.

ELEMENTOS DE FALLAS



A = desplazamiento neto (net slip)

B = desplazamiento de buzamiento (dip slip)

C = desplazamiento de rumbo (strike slip)

D = rechazo horizontal (heave)

E = salto de falla (throw)

Angulo de cabeceo = pitch o rake

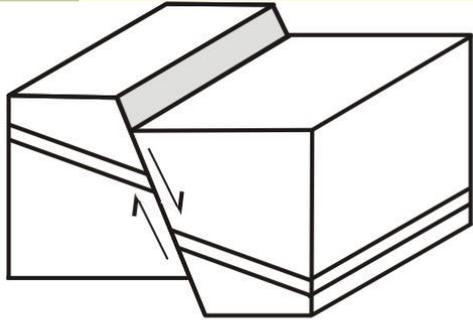
ELEMENTOS DE FALLAS

- **Desplazamiento neto:** desplazamiento en la dirección misma del movimiento; se expresa como la distancia medida sobre el plano de falla, entre dos puntos localizados en bloques opuestos, que antes eran adyacentes.
- **Desplazamiento de buzamiento:** componente del desplazamiento neto en la dirección del buzamiento de una falla; a su vez, este desplazamiento puede ser descompuesto en dos componentes: desplazamiento vertical o salto y desplazamiento horizontal o rechazo.

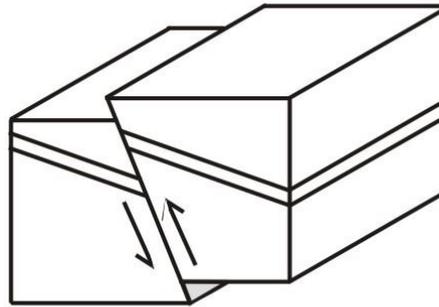
ELEMENTOS DE FALLAS

- **Salto de falla:** desplazamiento vertical de una falla; equivale a la componente vertical de desplazamiento buzamiento.
- **Rechazo:** desplazamiento horizontal de una falla; equivale a la componente horizontal del desplazamiento de buzamiento.
- **Desplazamiento de rumbo:** componente del desplazamiento neto en la dirección del rumbo de una falla.

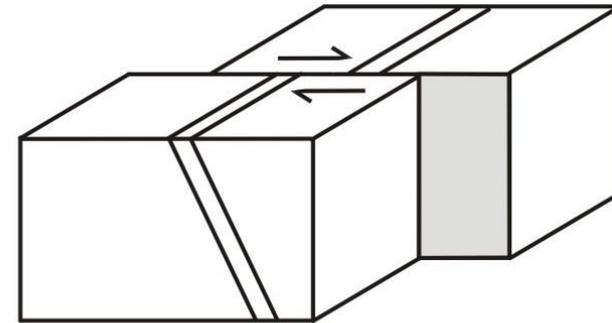
TIPOS DE FALLAS



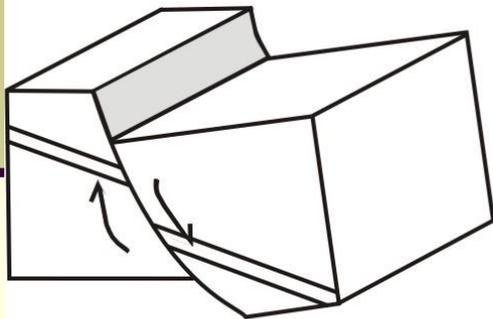
(a) normal



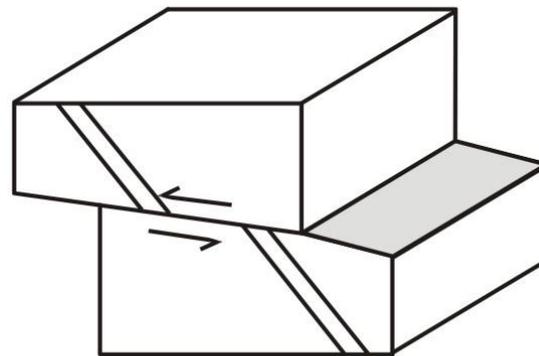
(b) inversa



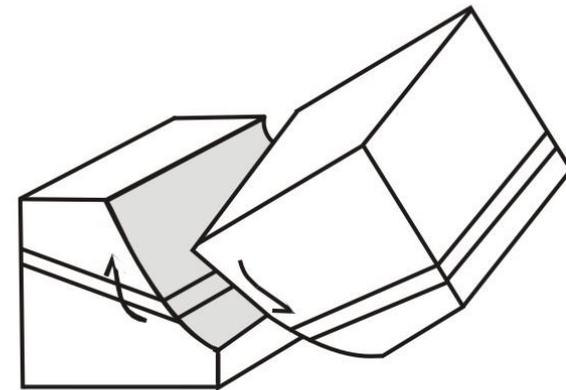
(c) de rumbo



(d) Lística normal

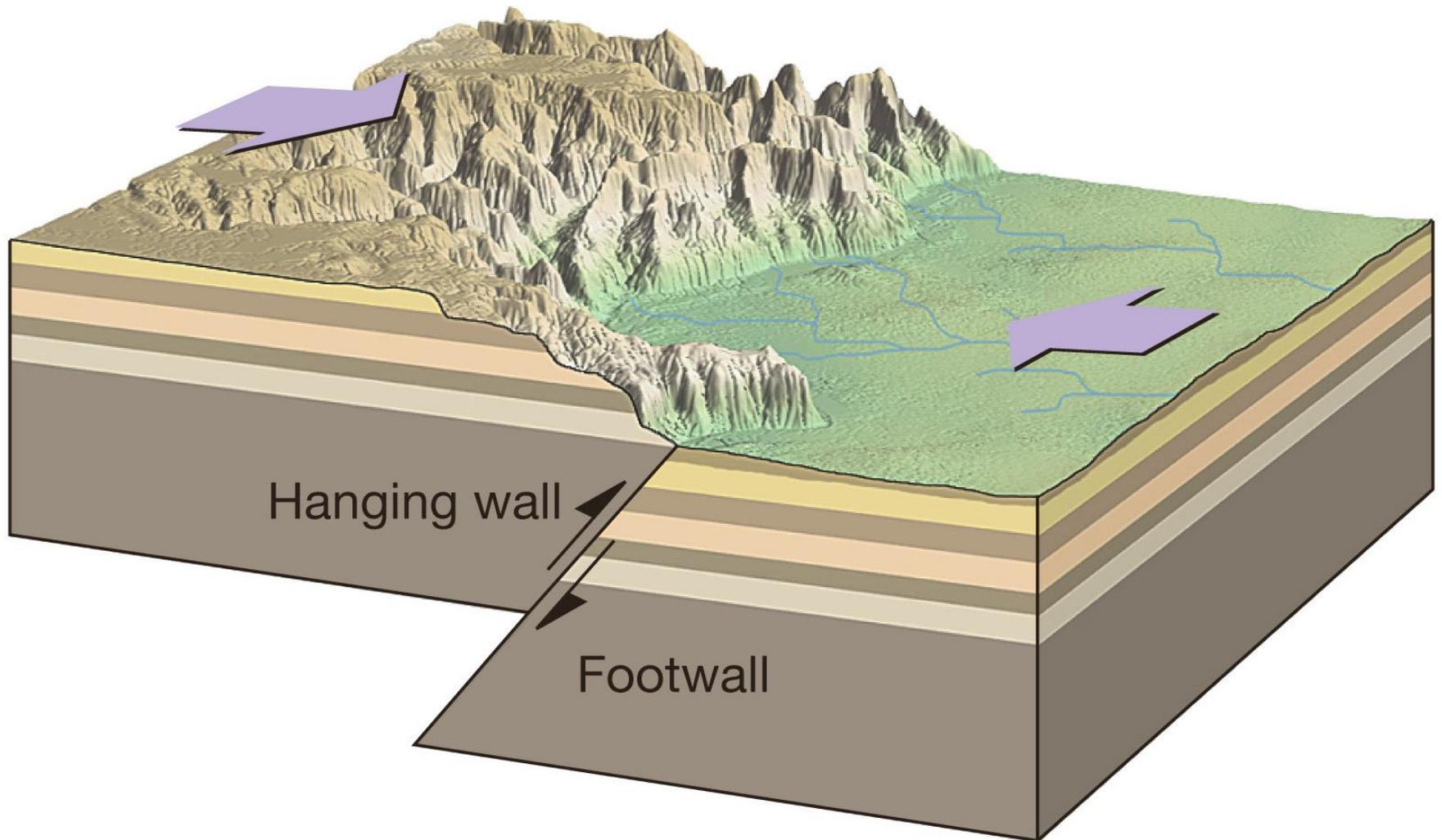


(e) cabalgamiento



(f) rotacional

FALLA INVERSA



FALLA DE RUMBO DEXTROLATERAL





San Andreas Fault

Offset in stream

FALLA DE TRANSFORMACION

Seccion de la Falla de San Andres

STRIKE-SLIP FAULT

In a strike-slip fault, the movement of blocks along a fault is horizontal. If the block on the far side of the fault moves to the left, the fault is called left-lateral. If the block on the far side moves to the right, the fault is called right-lateral.

The fault motion of a strike-slip fault is caused by shearing forces.

Other names: transcurrent fault, lateral fault, tear fault or wrench fault]

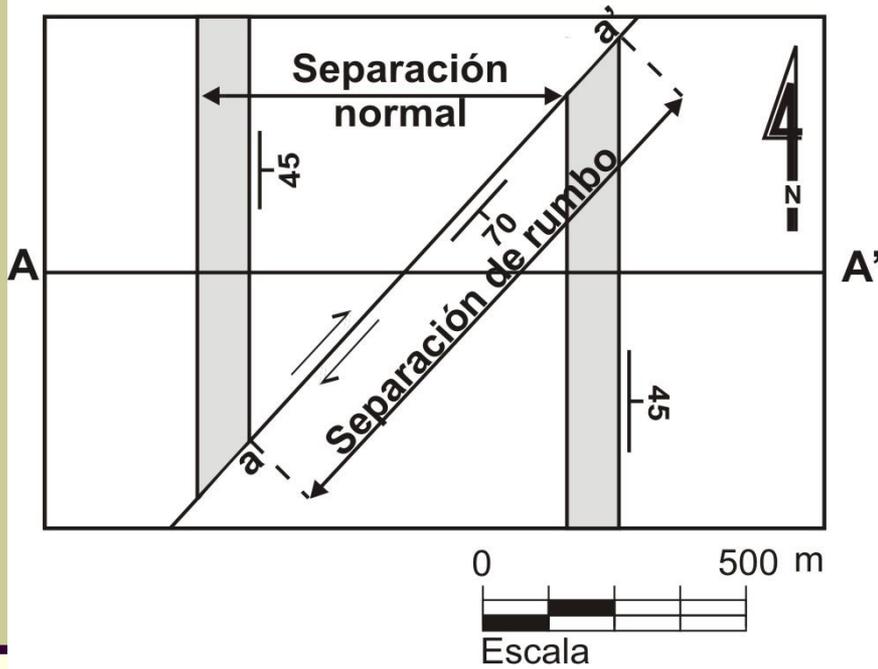
TIPOS DE FALLAS

- **Falla con desplazamiento de buzamiento:** falla cuyo desplazamiento ocurre en la dirección del buzamiento del plano de falla; este tipo de falla puede ser normal o inversa.
- **Falla normal:** falla en la cual el bloque colgante ha descendido con relación al bloque yacente; también se denomina falla gravitacional.
- **Falla inversa:** falla en la cual el bloque colgante ha ascendido con relación al bloque yacente.
- **Falla de cabalgamiento:** falla inversa cuyo plano de falla presenta bajo ángulo de buzamiento.

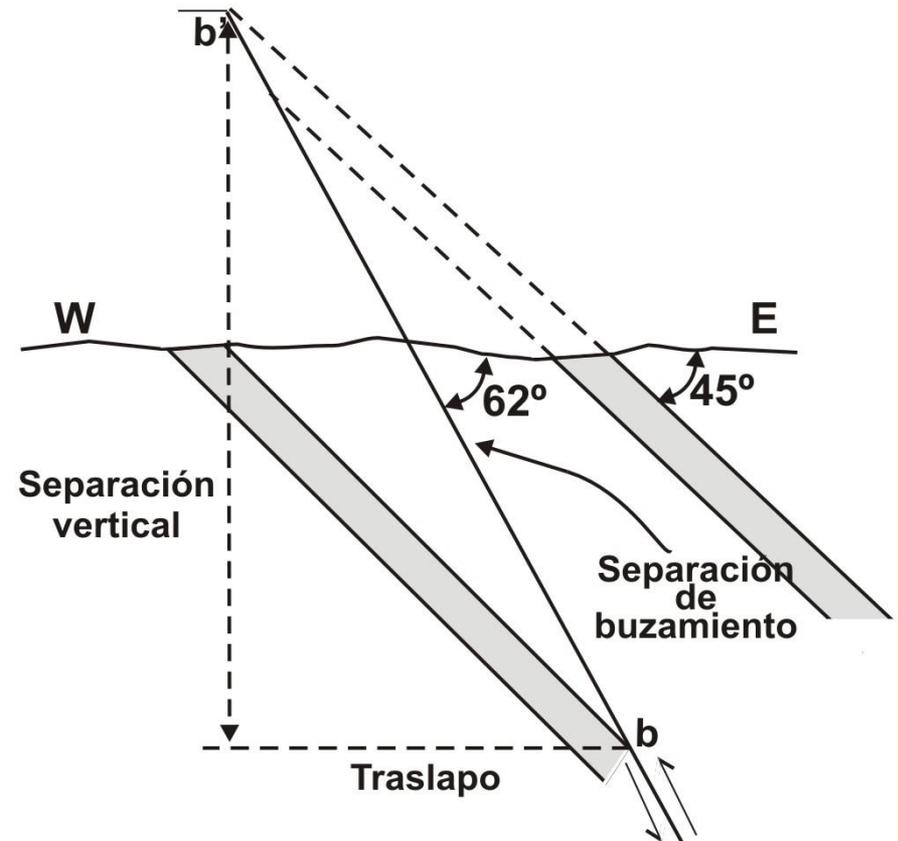
TIPOS DE FALLAS

- **Falla lítrica normal:** falla cuya superficie es curva, con buzamiento alto hacia superficie y bajo hacia profundidad; el bloque colgante ha descendido con relación al bloque yacente.
- **Falla lítrica inversa:** falla cuya superficie es curva, con buzamiento alto hacia superficie y bajo hacia profundidad; el bloque colgante ha ascendido con relación al yacente; también es llamada falla antilítrica.
- **Falla vertical:** falla con plano de falla vertical; se clasifica independientemente de la dirección del desplazamiento relativo de los bloques.
- **Falla de translación:** falla en la cual el desplazamiento de los bloques no involucra rotación, de forma que el rumbo de las capas permanece paralelo en ambos bloques de la falla.
- **Falla de rotación:** falla en la cual uno de los bloques ha rotado con respecto al otro. En uno de los extremos tiene comportamiento normal y en el otro inverso.

MEDICION DE LA SEPARACION



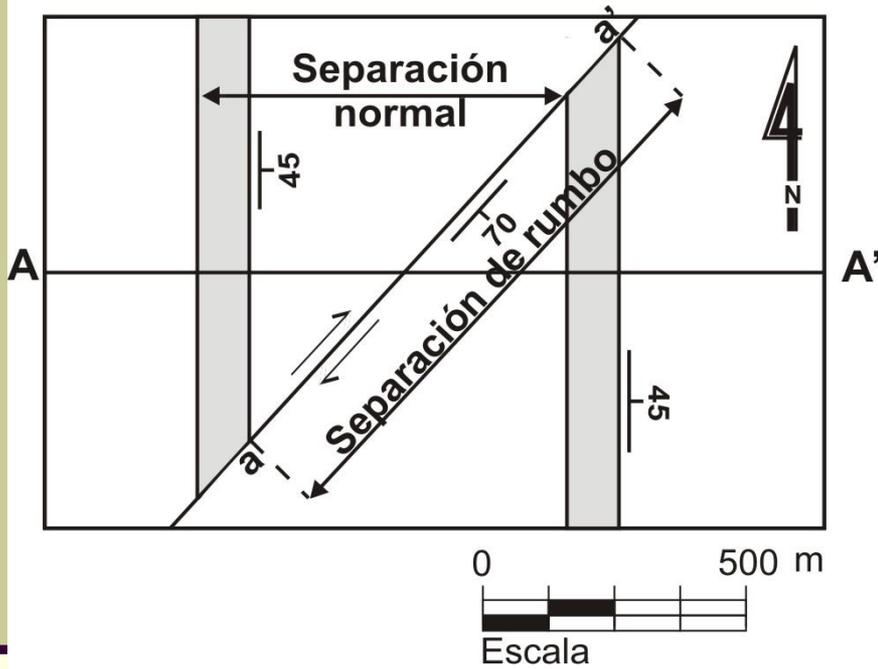
Perfil A - A'



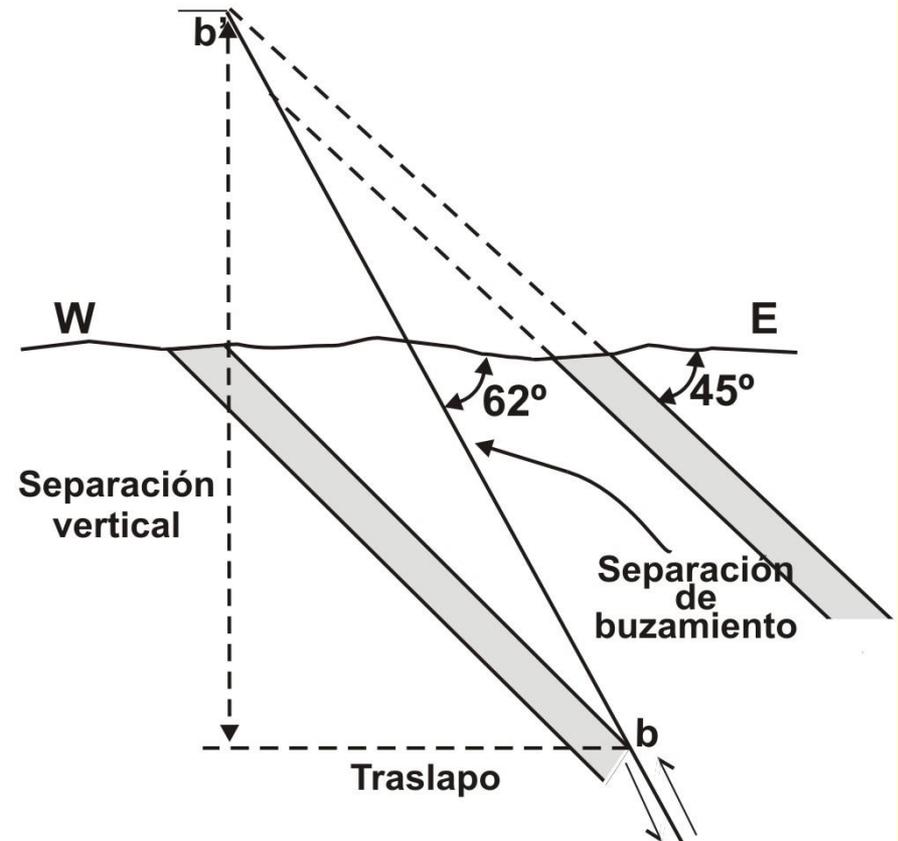
FORMAS DE SEPARACION

- **Separación:** distancia medida en una dirección específica entre dos puntos de un horizonte estratigráfico de referencia, localizados en bloques opuestos, que antes de la falla eran adyacentes. Los términos **separación neta**, **separación de rumbo** y **separación de buzamiento** tienen el mismo significado que los correspondientes desplazamientos.
- **Separación normal:** distancia horizontal, en dirección normal al rumbo de un horizonte estratigráfico que ha sido desplazado por una falla.
- **Separación de rumbo:** distancia horizontal, medida en dirección paralela al rumbo de falla, entre dos puntos localizados en bloques opuestos del mismo horizonte de referencia; la separación de rumbo puede ser dextral o siniestral.

MEDICION DE LA SEPARACION



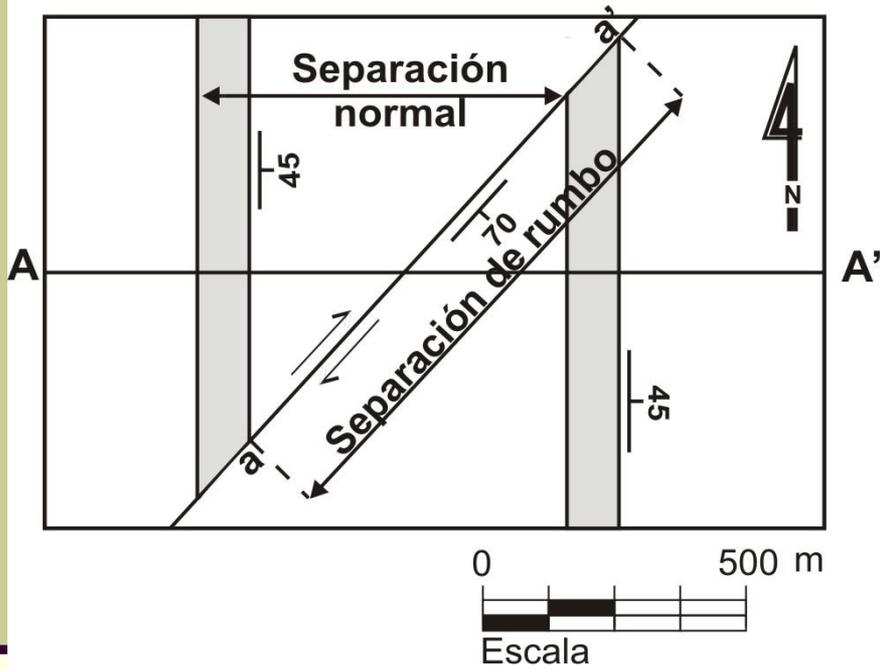
Perfil A - A'



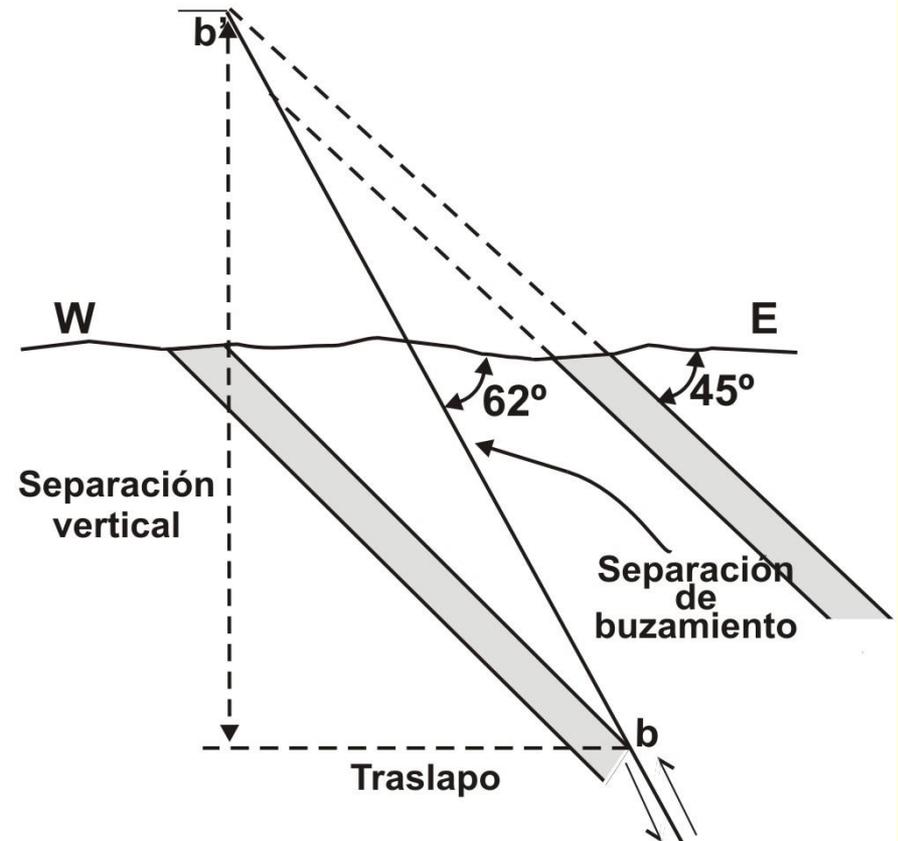
FORMAS DE SEPARACION

- **Separación de buzamiento:** distancia medida a lo largo del plano de falla, en dirección del buzamiento, entre dos puntos que antes de la falla eran adyacentes. El componente más importante de la separación es la separación vertical
- **Separación vertical:** distancia vertical medida en una sección vertical y perpendicular al rumbo del horizonte de referencia.
- **Separación estratigráfica:** distancia medida perpendicularmente a los planos de un horizonte estratigráfico.

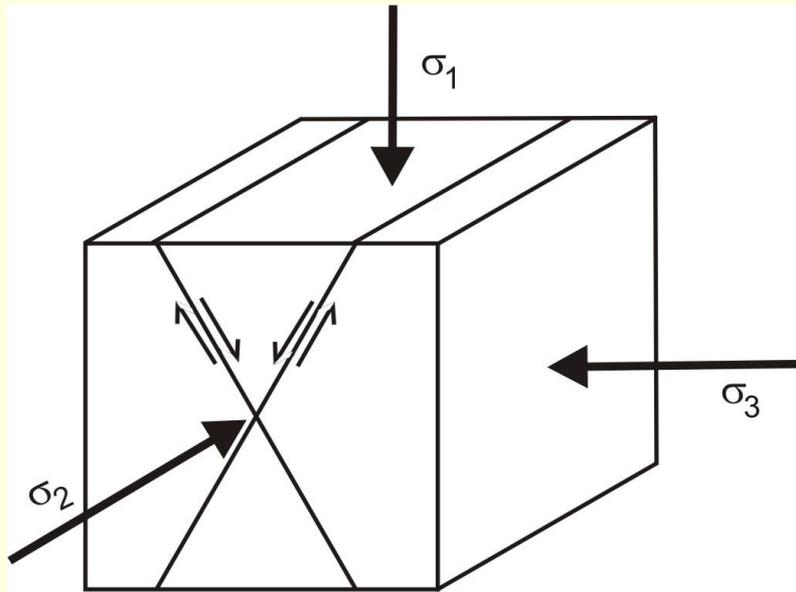
MEDICION DE LA SEPARACION



Perfil A - A'



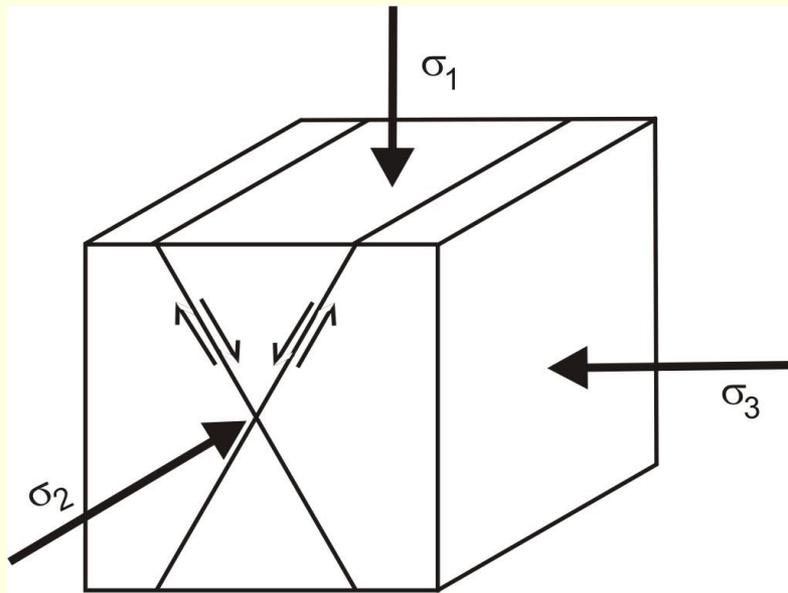
CLASIFICACIÓN DINÁMICA DE FALLAS



- La orientación del esfuerzo principal mayor, respecto a la superficie al plano de falla, constituyen un criterio para clasificar fallas

Las pruebas de laboratorio sobre muestras de material homogéneo, enseñan que existe una relación geométrica entre la orientación de los planos de falla y las direcciones de esfuerzo:

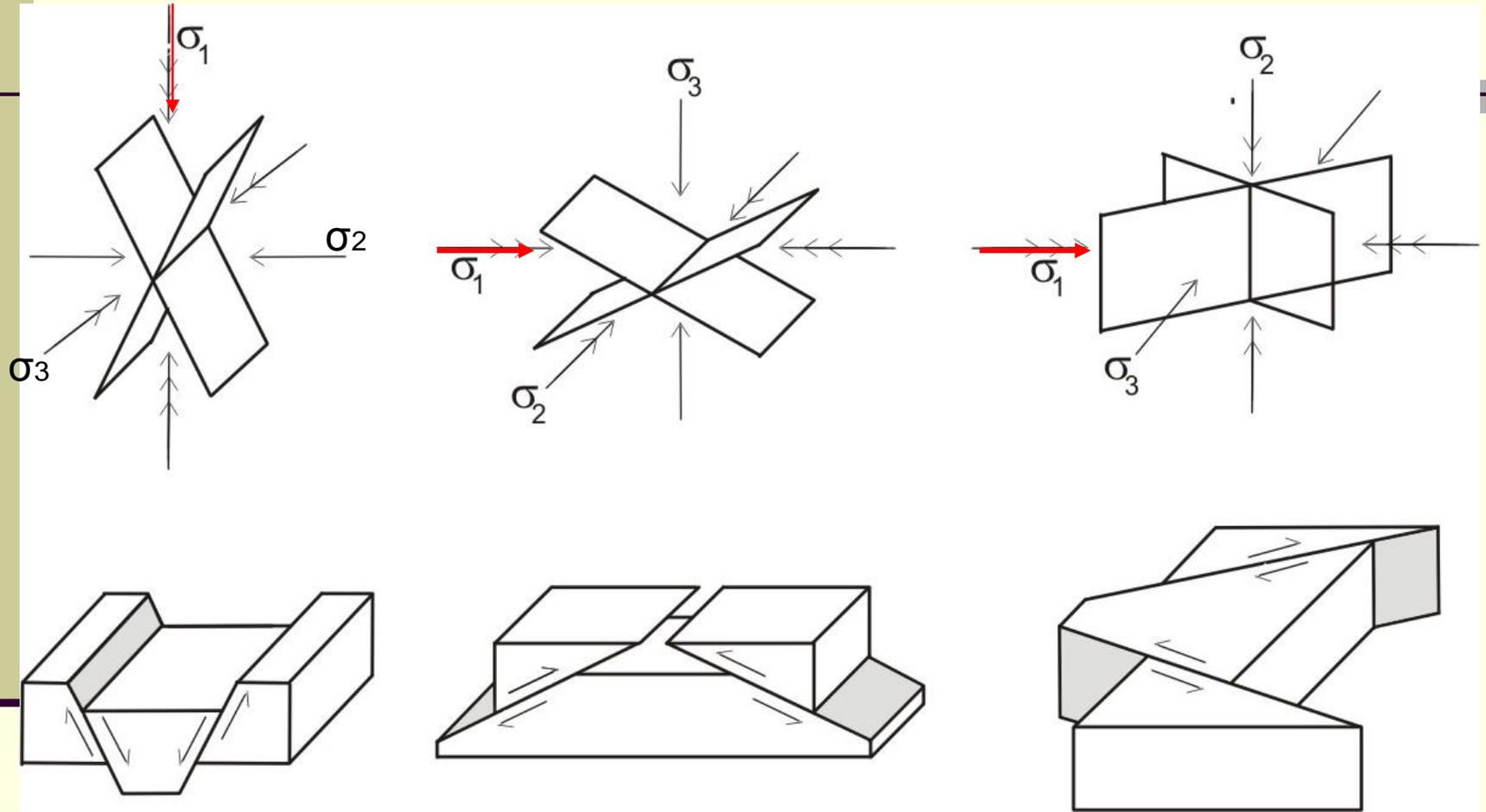
CLASIFICACIÓN DINÁMICA DE FALLAS



- Cuando el esfuerzo supera la resistencia máxima, la muestra falla a lo largo de una superficie o simultáneamente a lo largo de dos superficies de falla conjugadas, que forman un ángulo agudo en la dirección del esfuerzo principal mayor σ_1 y un ángulo obtuso en la dirección del esfuerzo principal menor σ_3 .

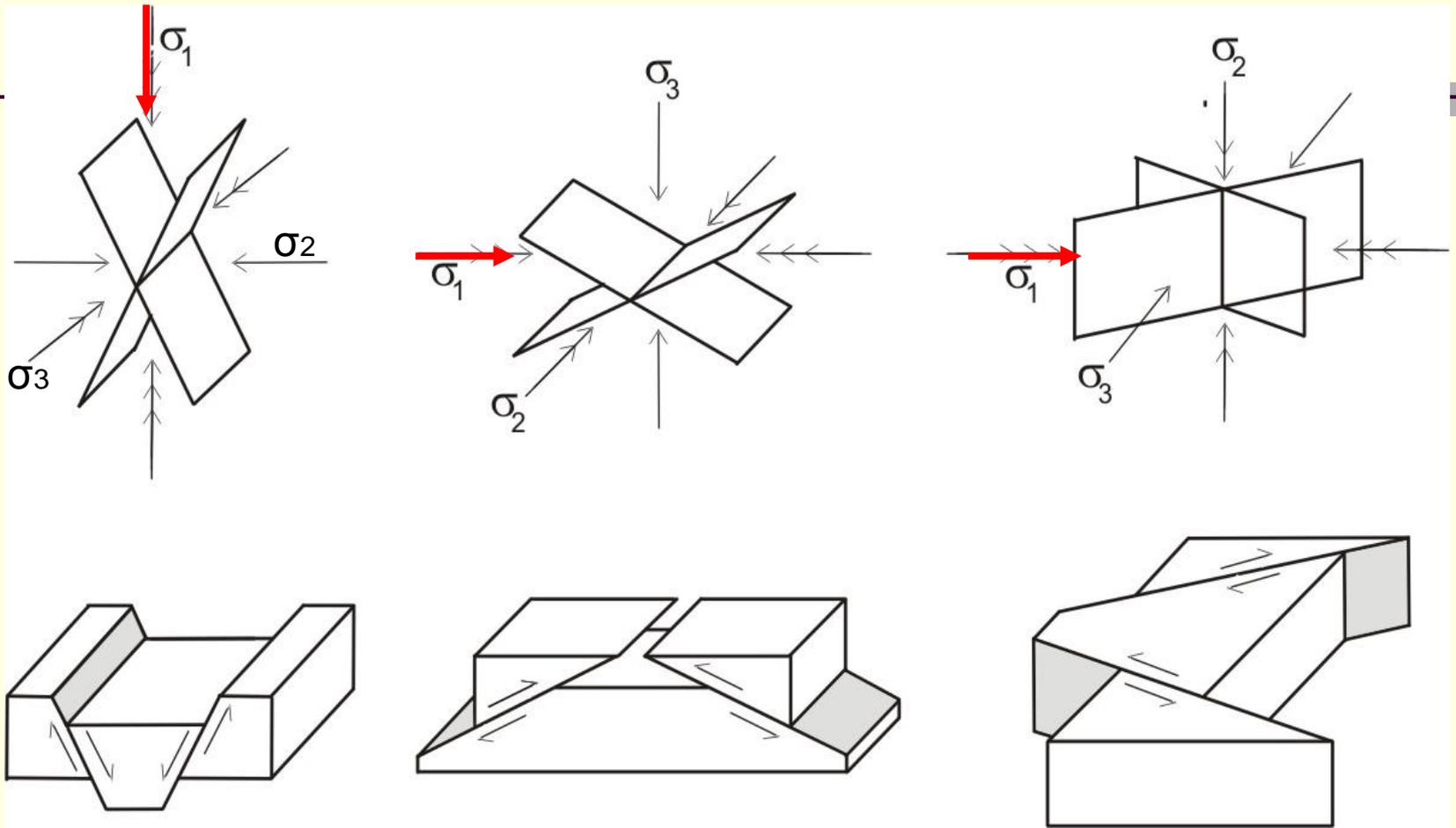
La línea de intersección de los dos planos de falla en todos los casos coincide con el esfuerzo principal medio σ_2 .

CLASIFICACIÓN DINÁMICA DE FALLAS



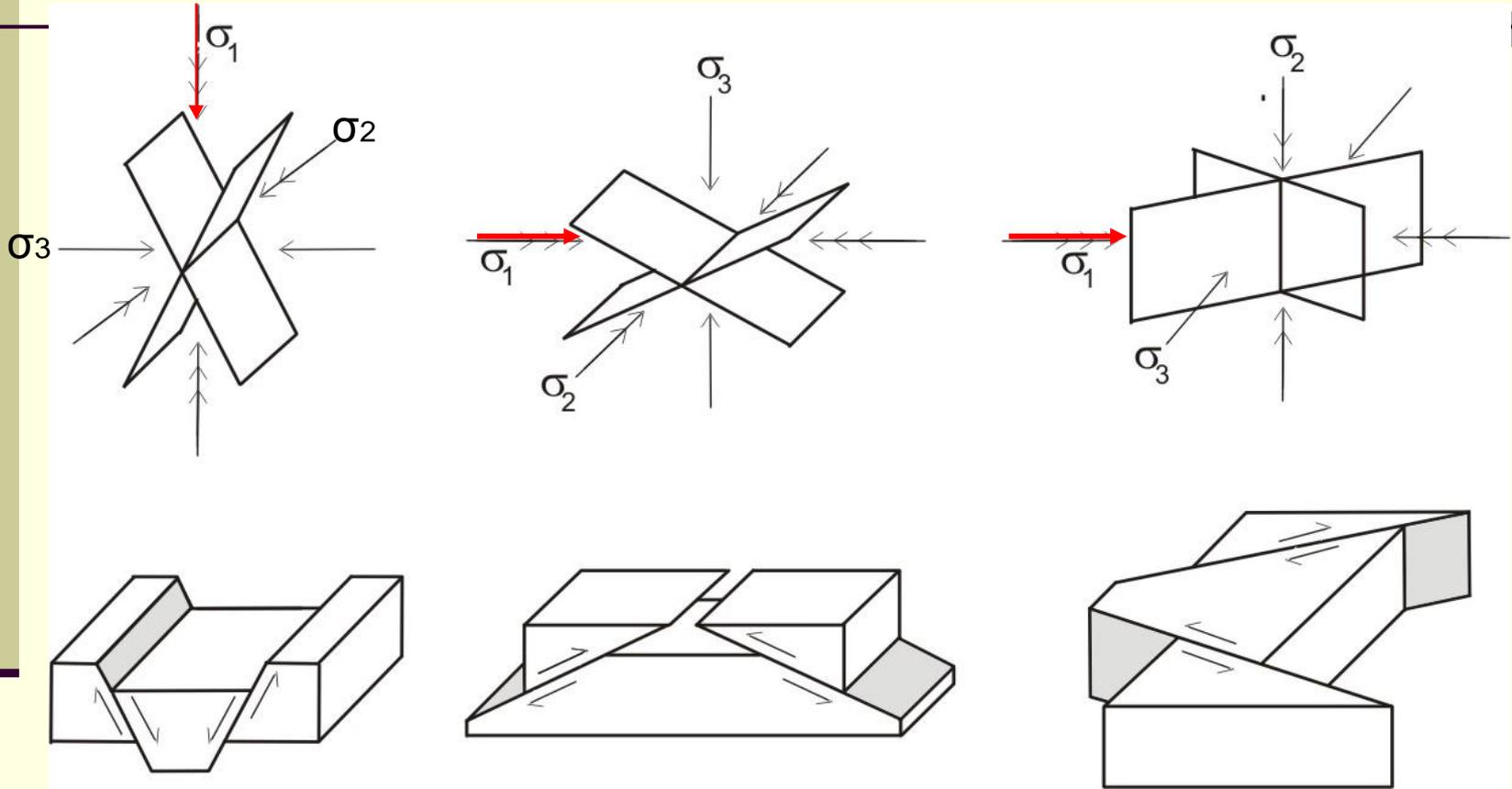
Falla normal o tensional: el esfuerzo principal mayor es vertical y los esfuerzos medio y menor son horizontales.

CLASIFICACIÓN DINÁMICA DE FALLAS



Falla inversa o compresional: el esfuerzo compresivo principal mayor es horizontal en tanto que el esfuerzo principal menor es vertical.

CLASIFICACIÓN DINÁMICA DE FALLAS



Falla de rumbo o de desgarre: el esfuerzo principal mayor es horizontal y el esfuerzo principal medio es vertical.

CLASIFICACIÓN GEOMÉTRICA DE FALLAS

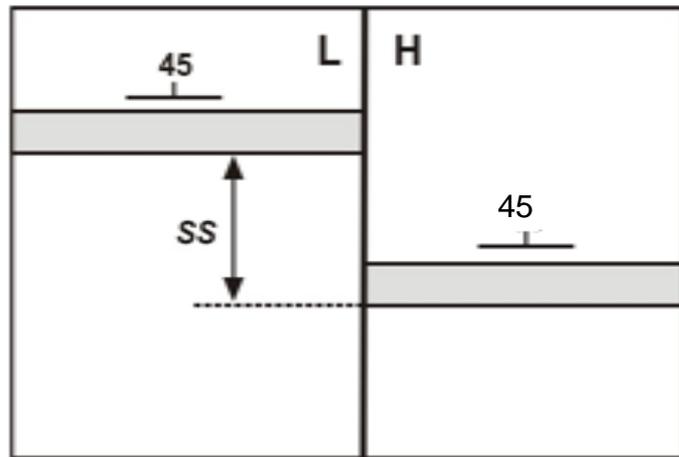
- **Falla longitudinal o falla de rumbo:** falla cuya traza es paralela al rumbo de las capas o de los pliegues; esta falla no debe confundirse con la falla de desplazamiento de rumbo.
- **Falla transversal o falla de buzamiento:** falla cuya traza es perpendicular al rumbo de las capas o de los pliegues.
- **Falla diagonal:** falla cuya traza forma un ángulo agudo con el rumbo de las capas o de los pliegues.
- **Falla de estratificación:** falla cuya plano o superficie de falla es paralelo a los planos de estratificación.

INTERPRETACIÓN DEL DESPLAZAMIENTO

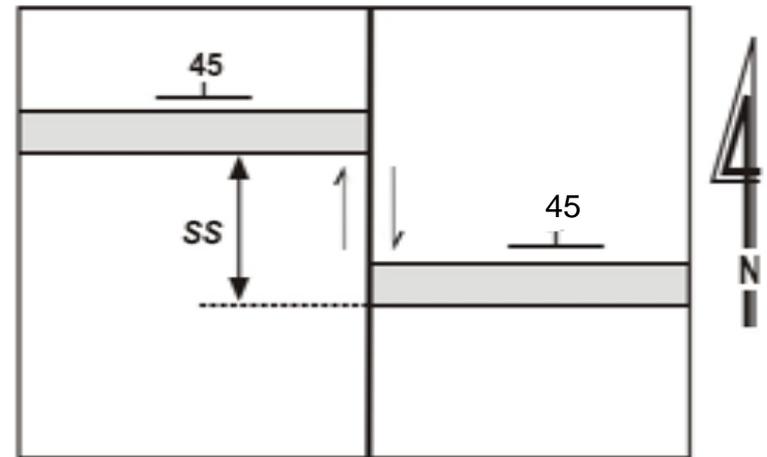
- **Fallas en capas homoclinales**
- El desplazamiento de los bloques a lo largo de los planos de falla, se manifiesta en la discontinuidad y separación de las capas a ambos lados de la falla. La separación depende de:
 - Dirección del desplazamiento
 - Magnitud del desplazamiento
 - Orientación del plano de falla
 - Orientación de las capas falladas
 - Topografía del terreno

FALLAS EN CAPAS HOMOCLINALES

Interpretación del desplazamiento de una falla vertical



Falla vertical con desplazamiento vertical.



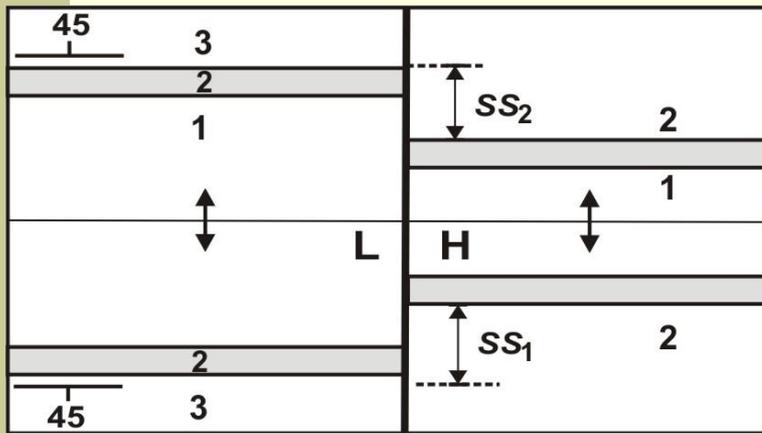
Falla vertical con desplazamiento dextro-lateral

FALLA NORMAL ANTITÉTICA

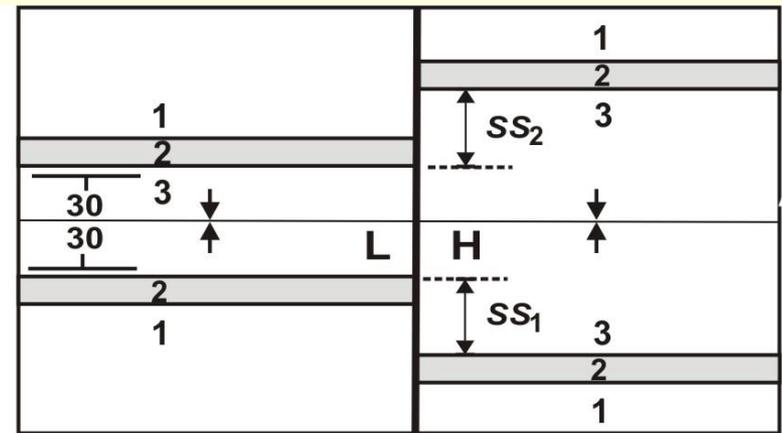


FALLAS EN CAPAS PLEGADAS

Interpretación del desplazamiento de una falla vertical. No hay ambigüedad!

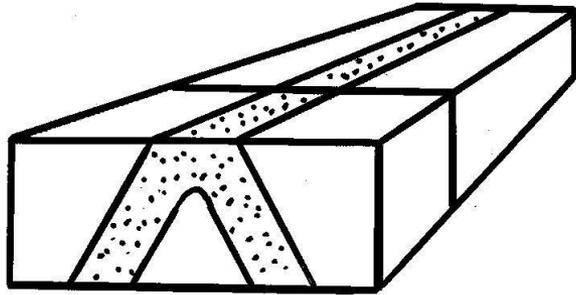


Anticlinal simétrico



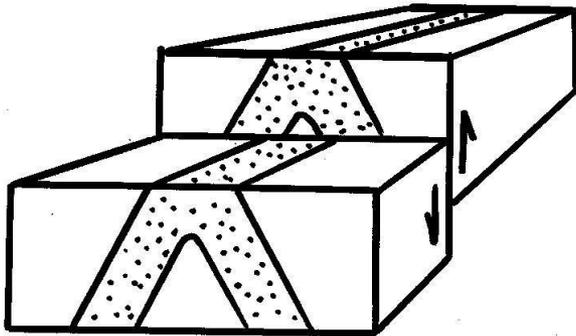
Sinclinal simétrico

BLOQUEDIAGRAMAS



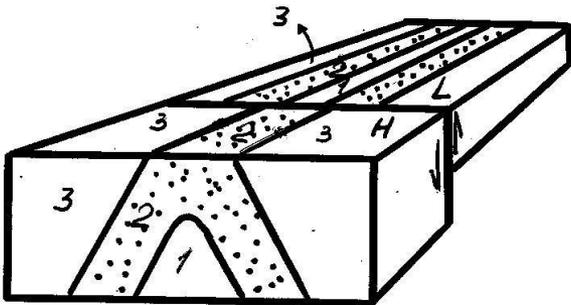
anticlinal
simétrico con
eje horizontal

a) pre fallamiento



anticlinal
afectado por
falla

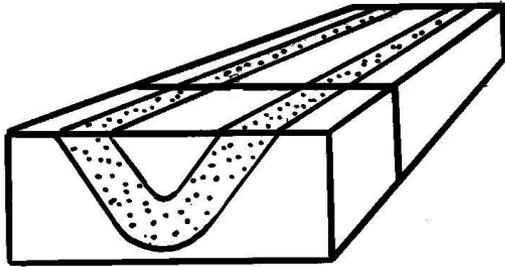
b) post fallamiento



note el alejamien-
to de los flancos
en el bloque
levantado

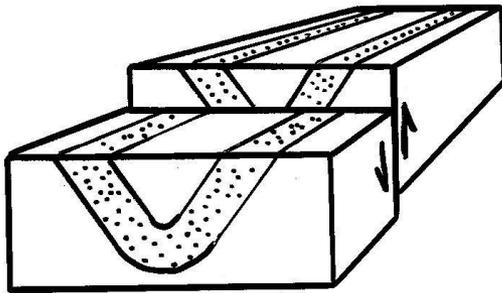
c) post erosión

BLOQUEDIAGRAMAS



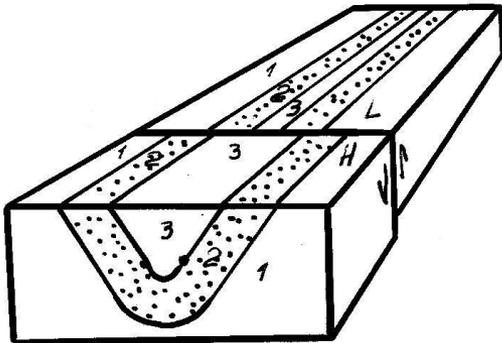
sinclinal
simétrico con
eje horizontal

a) pre fallamiento



sinclinal simétrico
afectado por falla.

b) post fallamiento

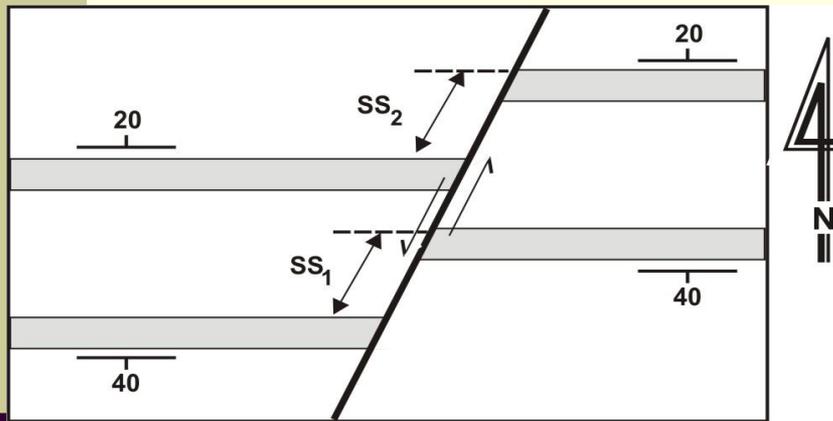


note el acercamiento
de los flancos en
el bloque levantado

c) post erosión

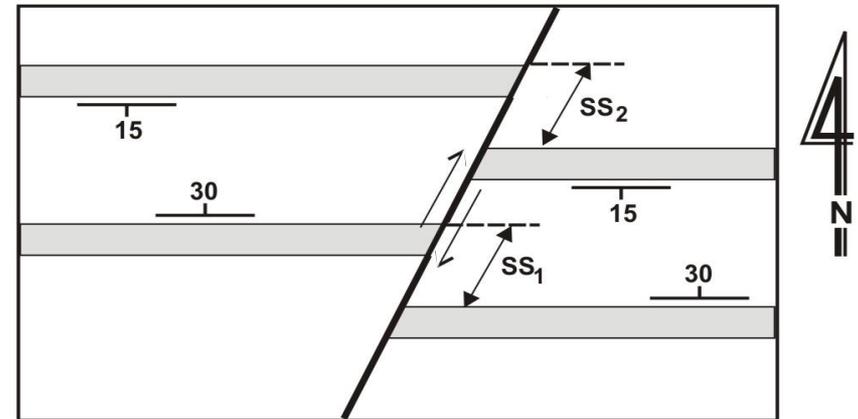
FALLAS EN CAPAS PLEGADAS

Interpretación del desplazamiento de una falla vertical



$$SS_1 = SS_2$$

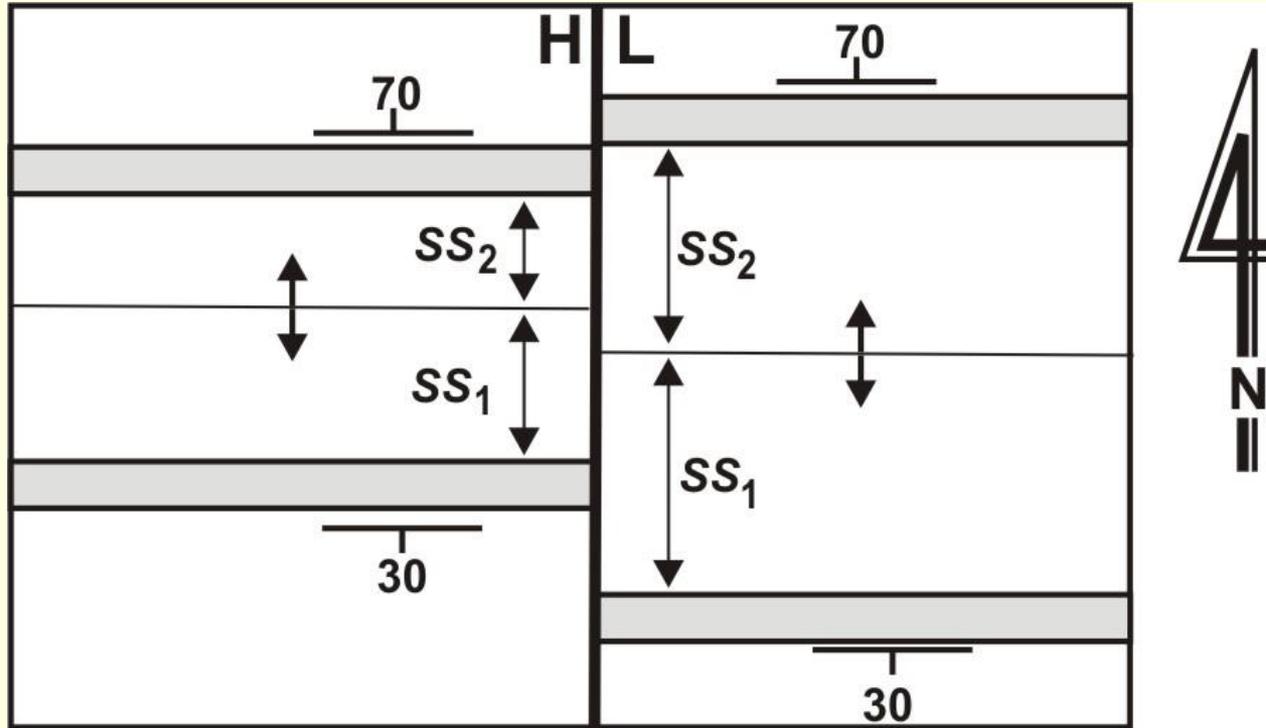
Anticlinal asimétrico



$$SS_1 = SS_2$$

Sinclinal asimétrico

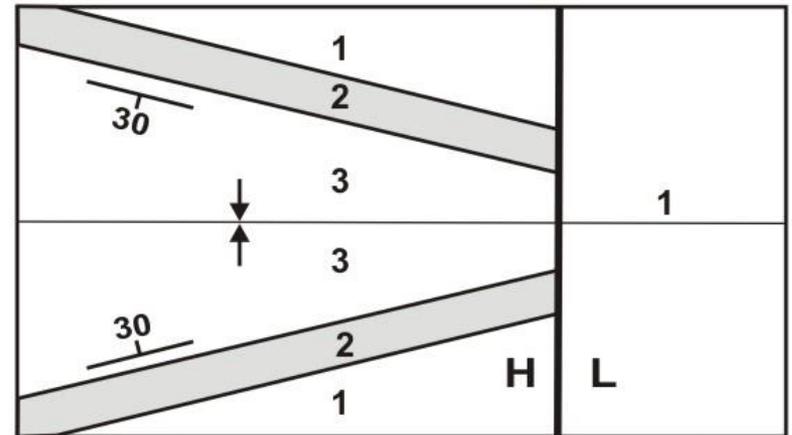
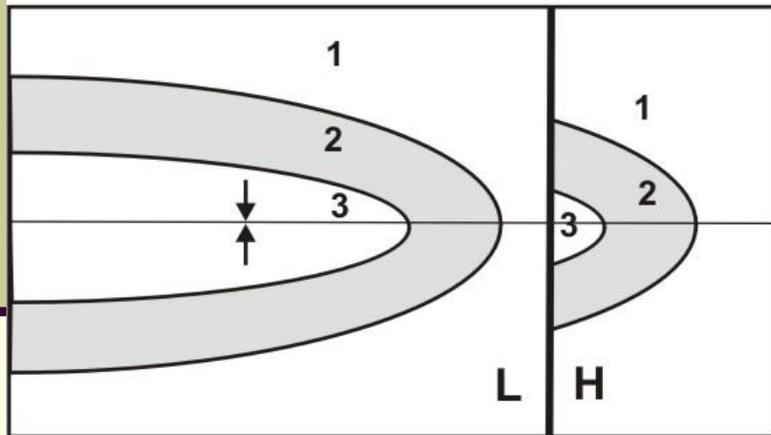
FALLAS EN CAPAS PLEGADAS



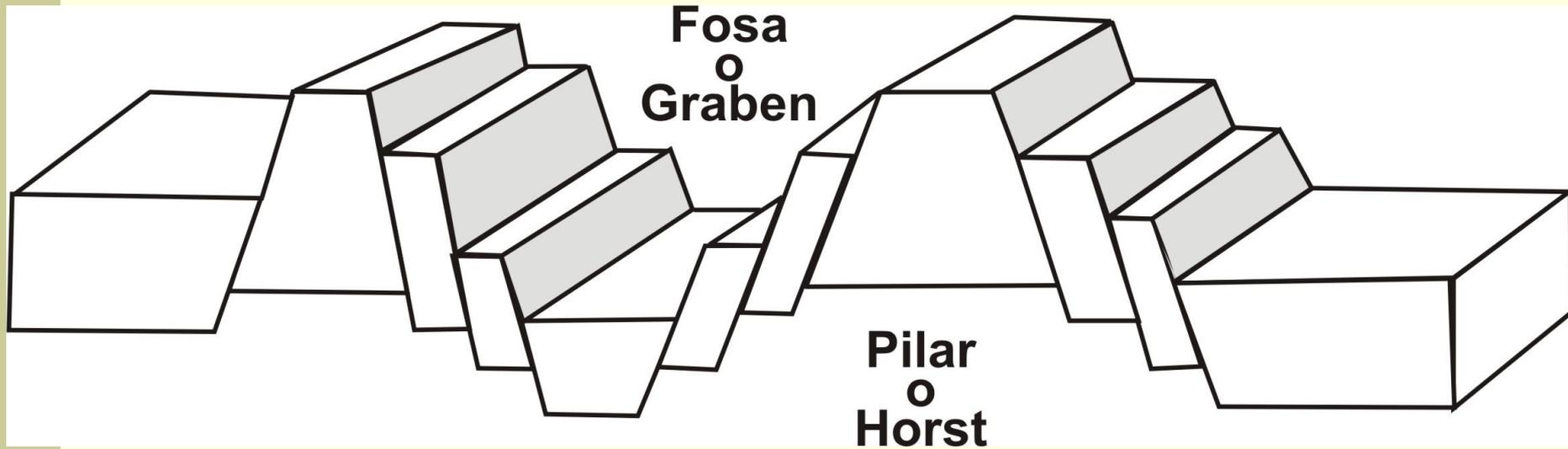
Mapa de un pliegue anticlinal, horizontal, con plano axial inclinado 70° al norte, cortado por una falla vertical, transversal

FALLAS EN CAPAS PLEGADAS

Pliegues sinclinales simétricos,
buzantes al oeste y cortados por fallas
verticales

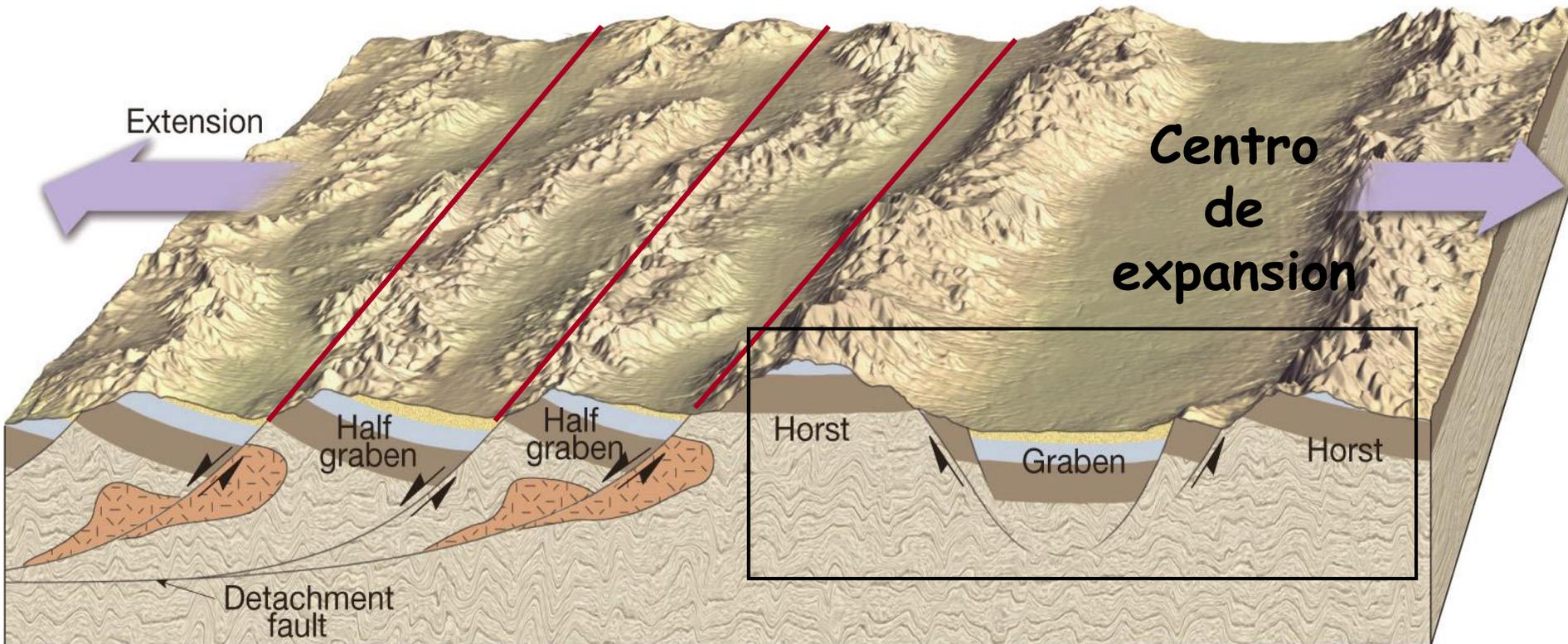


SISTEMAS DE FALLAS NORMALES



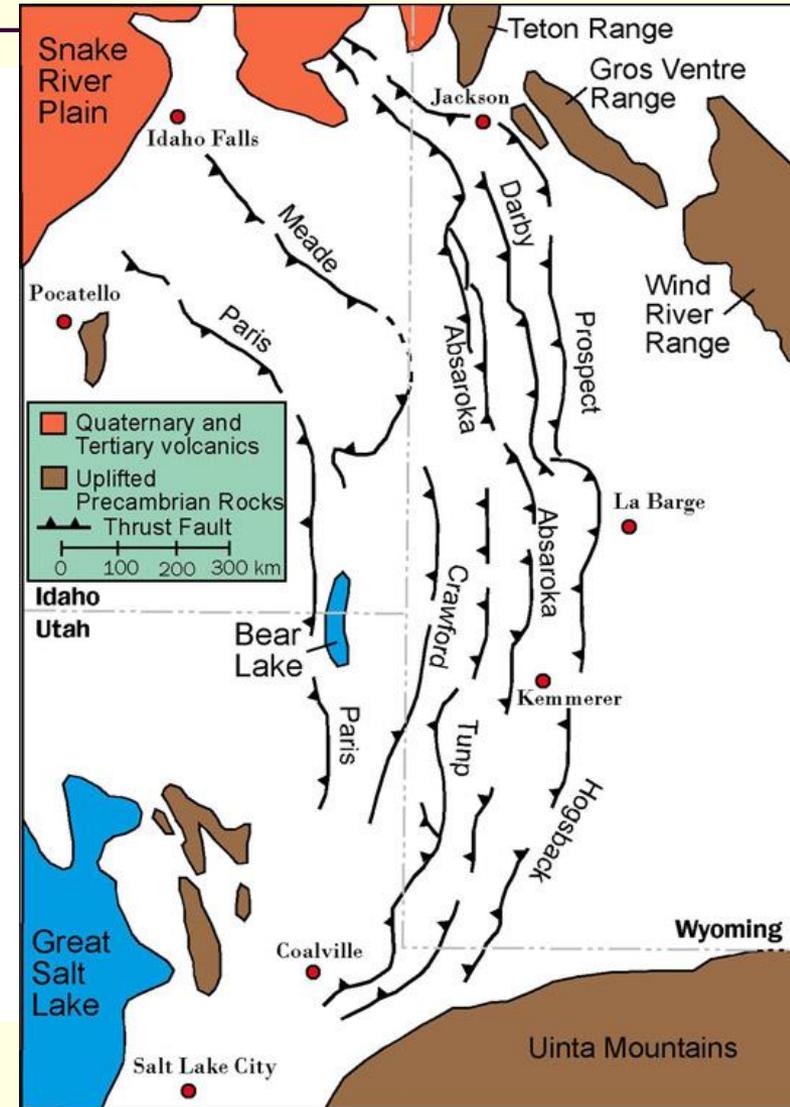
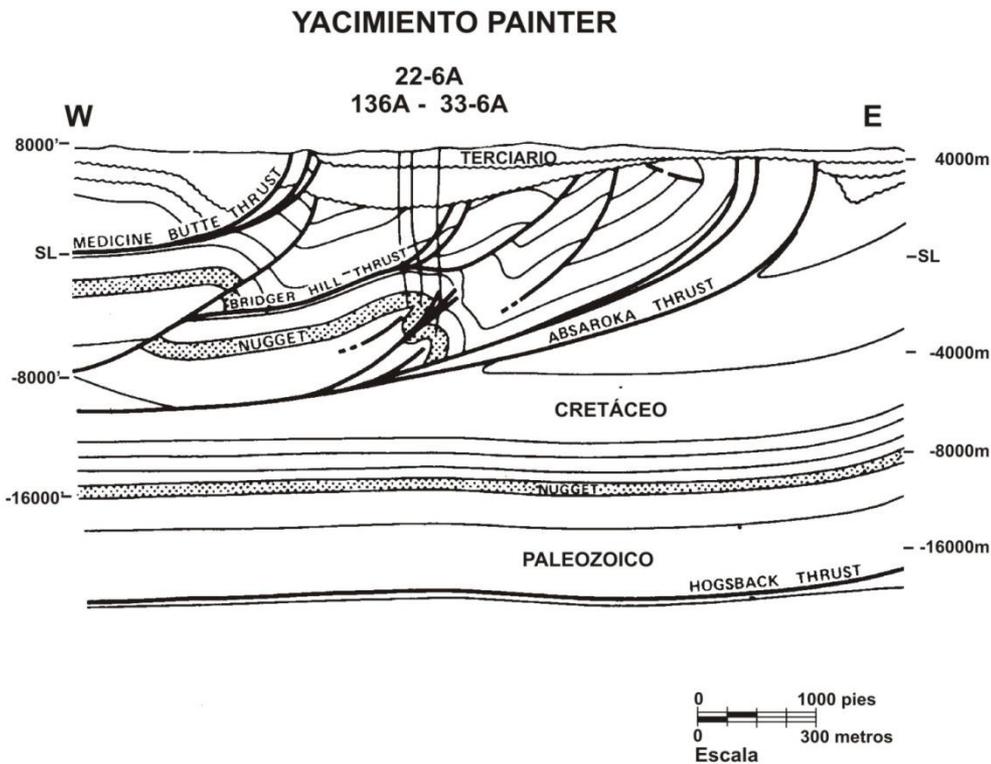
Estas fallas se forman a lo largo de márgenes de placas constructivas, es decir, a lo largo de las dorsales meso-oceánicas.

SISTEMAS DE FALLAS NORMALES. GRABEN Y HORST



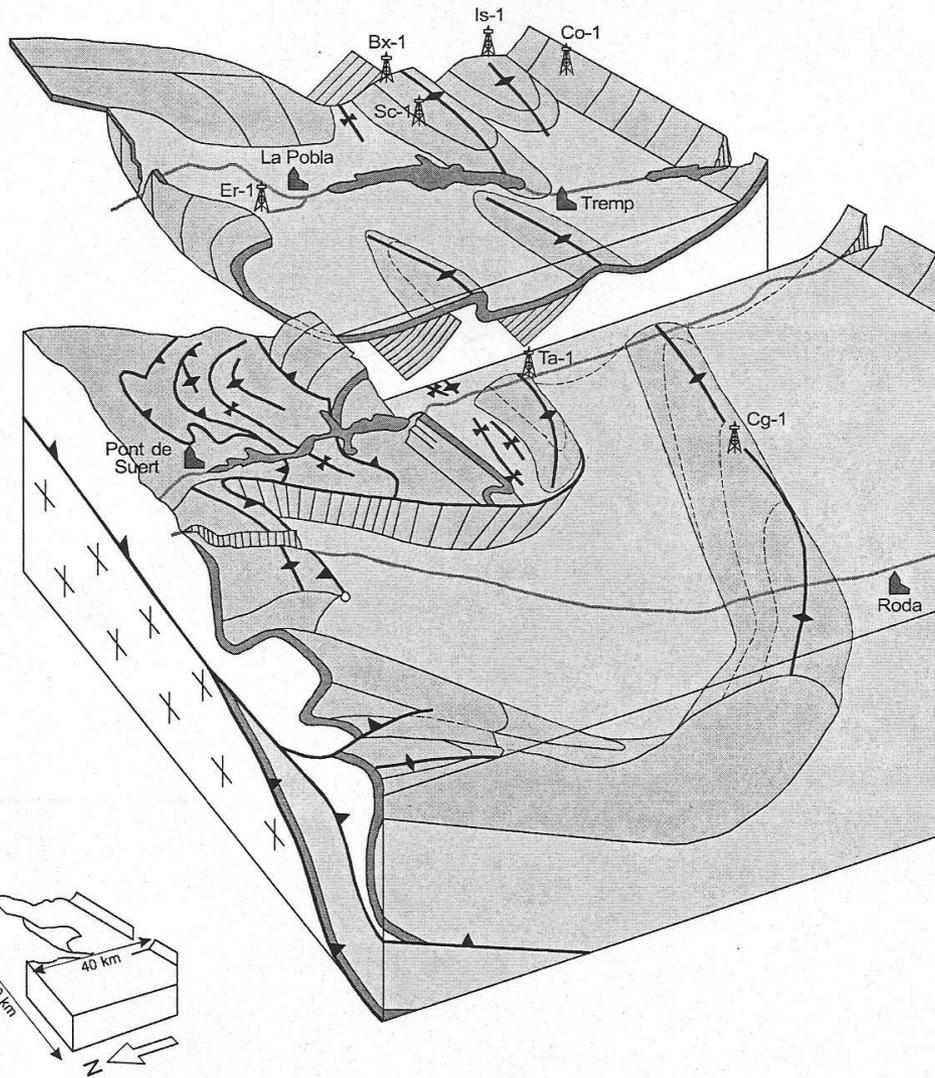
Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

FALLAS DE CABALGAMIENTO

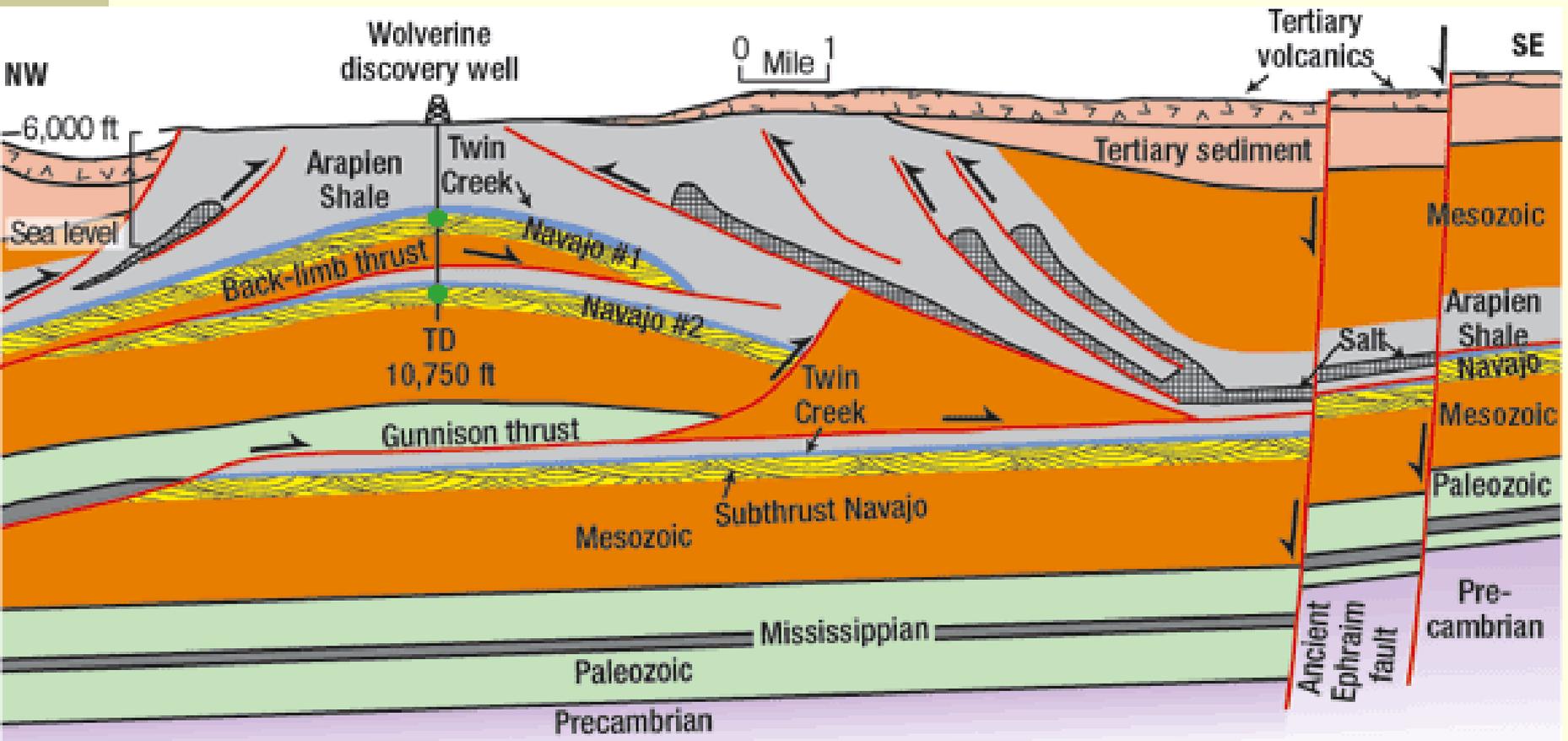


Map of Fold and Thrust Belt redrawn from Armstrong and Oriol (1986).

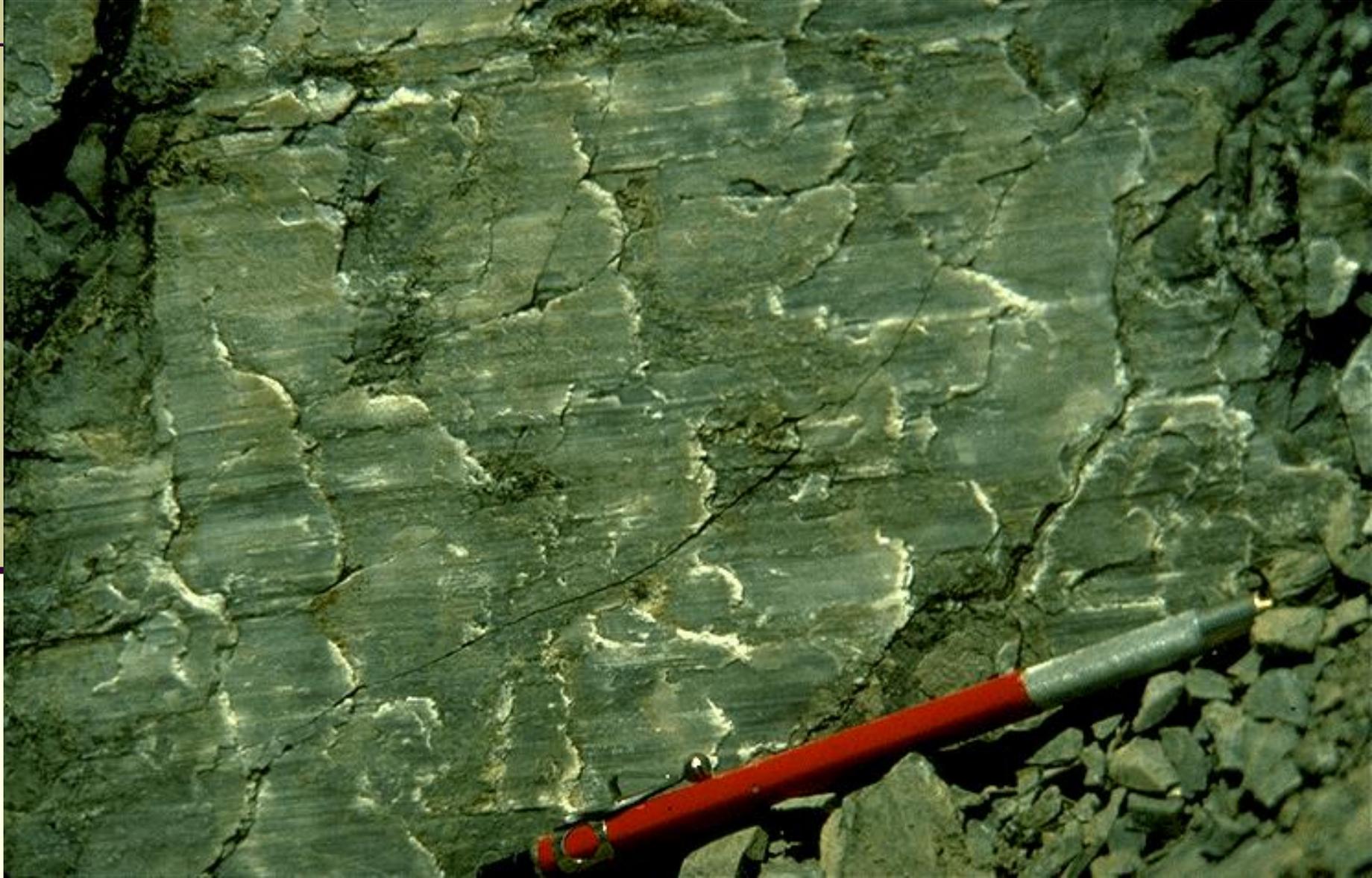
Capítulo 5 ESTRUCTURA GEOLOGICA DE LA LAMINA CABALGANTE DE BOIXOLS EN PONT DE SUERT



SUBTHRUST ANTICLINE TRAP



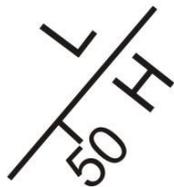
ESTRIAS DE FRICCION



SIMBOLOS CARTOGRAFICOS DE FALLAS



Contacto geológico observado



Falla normal indicando el buzamiento del plano de falla, el bloque hundido y el bloque levantado



Falla de rumbo indicando la dirección del desplazamiento



Falla de cabalgamiento



Falla inferida, localización aproximada



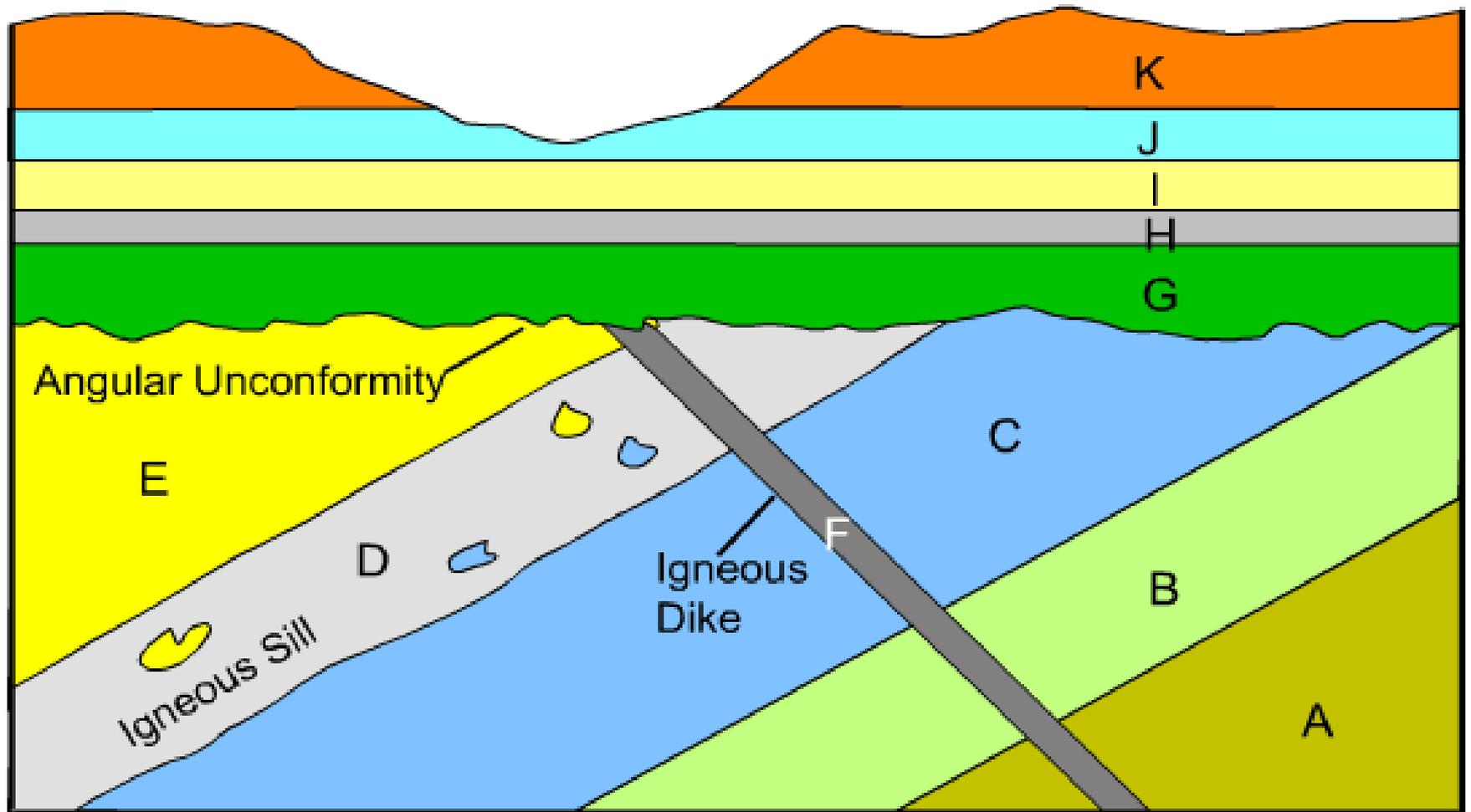
Falla cubierta por sedimentos cuaternarios

DATAACION RELATIVA DE EVENTOS

■ PRINCIPIOS DE LA ESTRATIGRAFIA:

1. Principio de superposición de estratos
2. Principio de horizontalidad de los estratos.
3. Principio de sucesión faunística
4. Principio de relaciones de corte
5. Principio de relaciones de inclusión

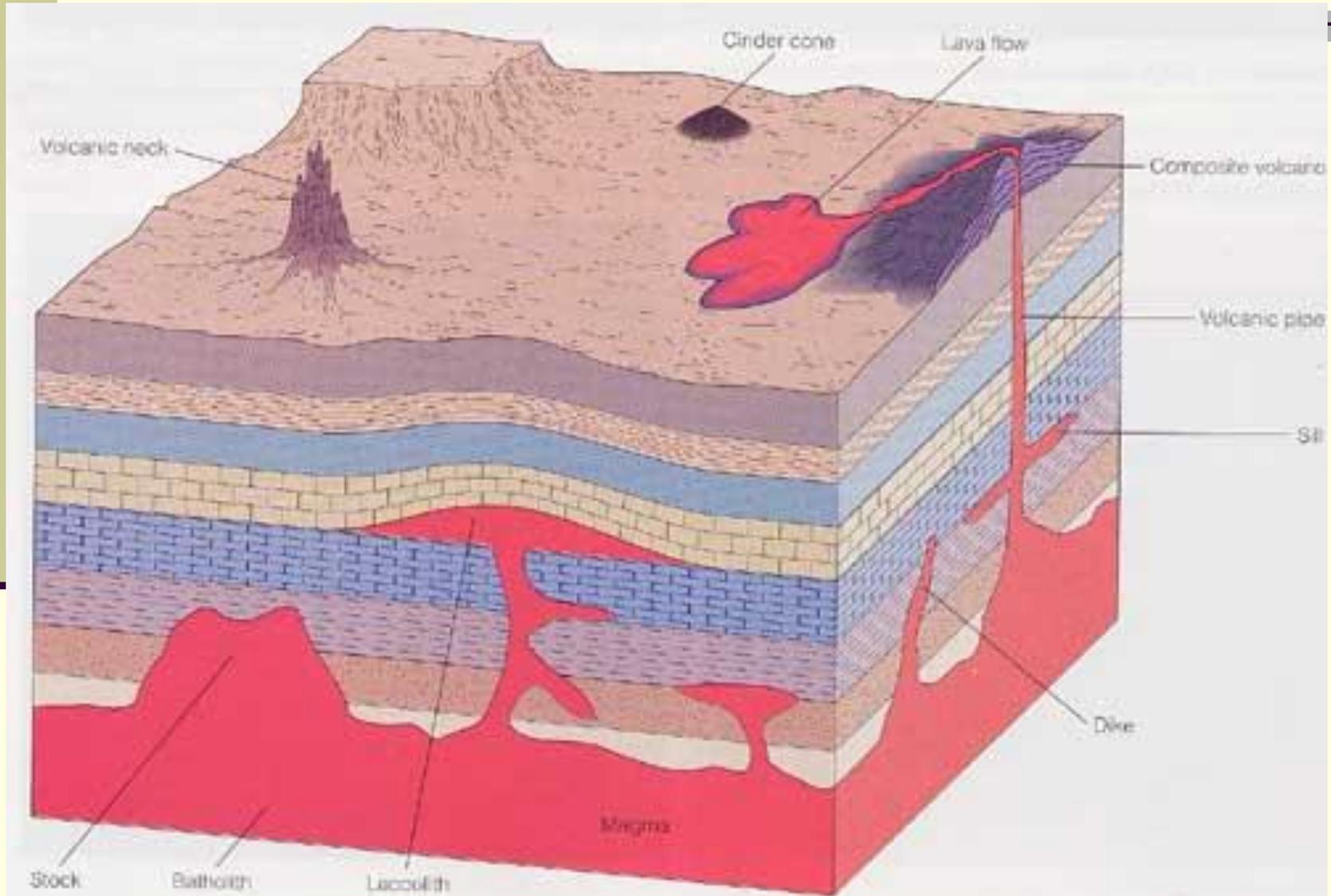
Cross-Cutting Relationships



SILL: INTRUSION CONCORDANTE



TIPOS DE CUERPOS INTRUSIVOS



IMPORTANCIA DE PLIEGUES Y FALLAS

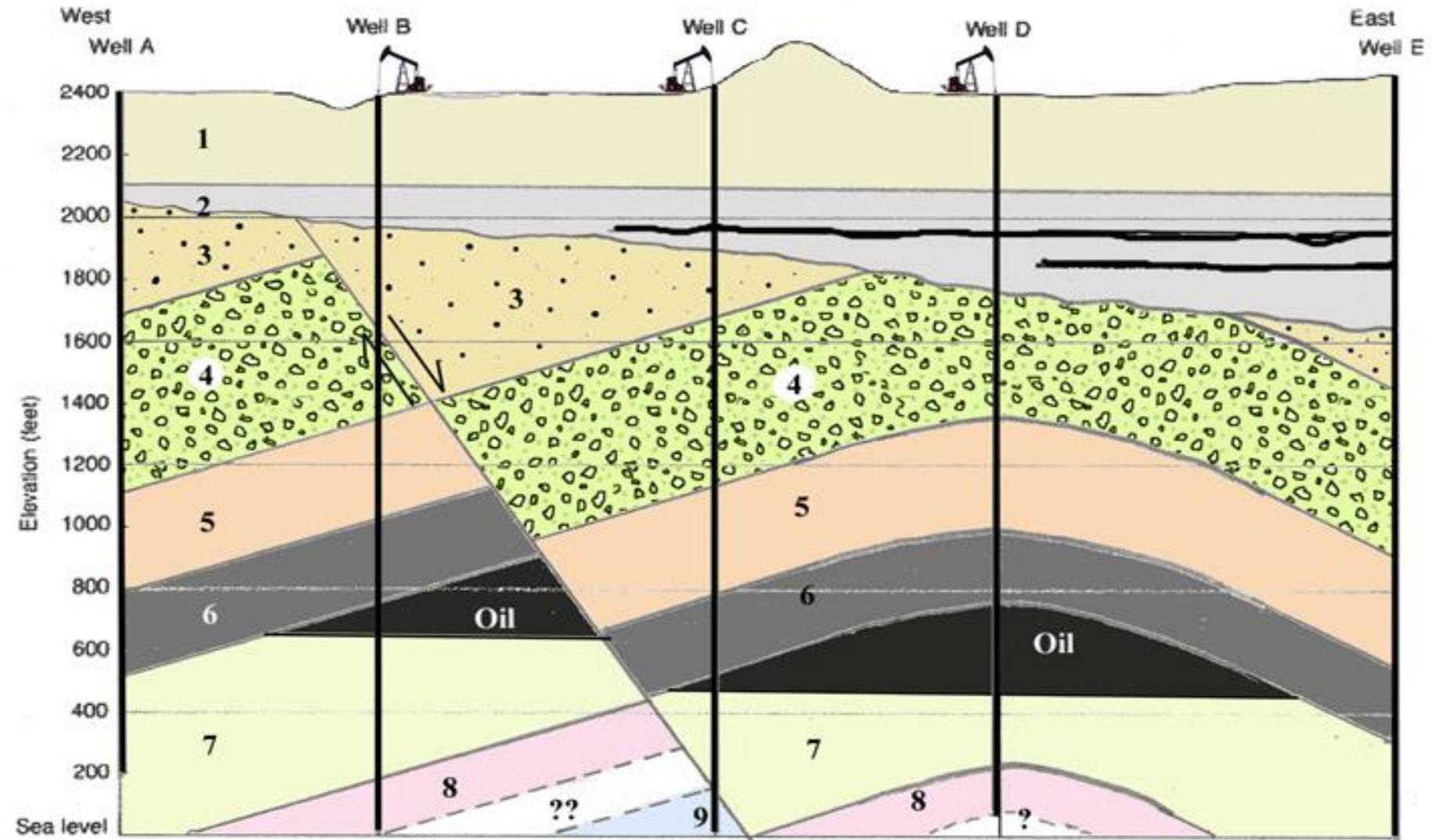


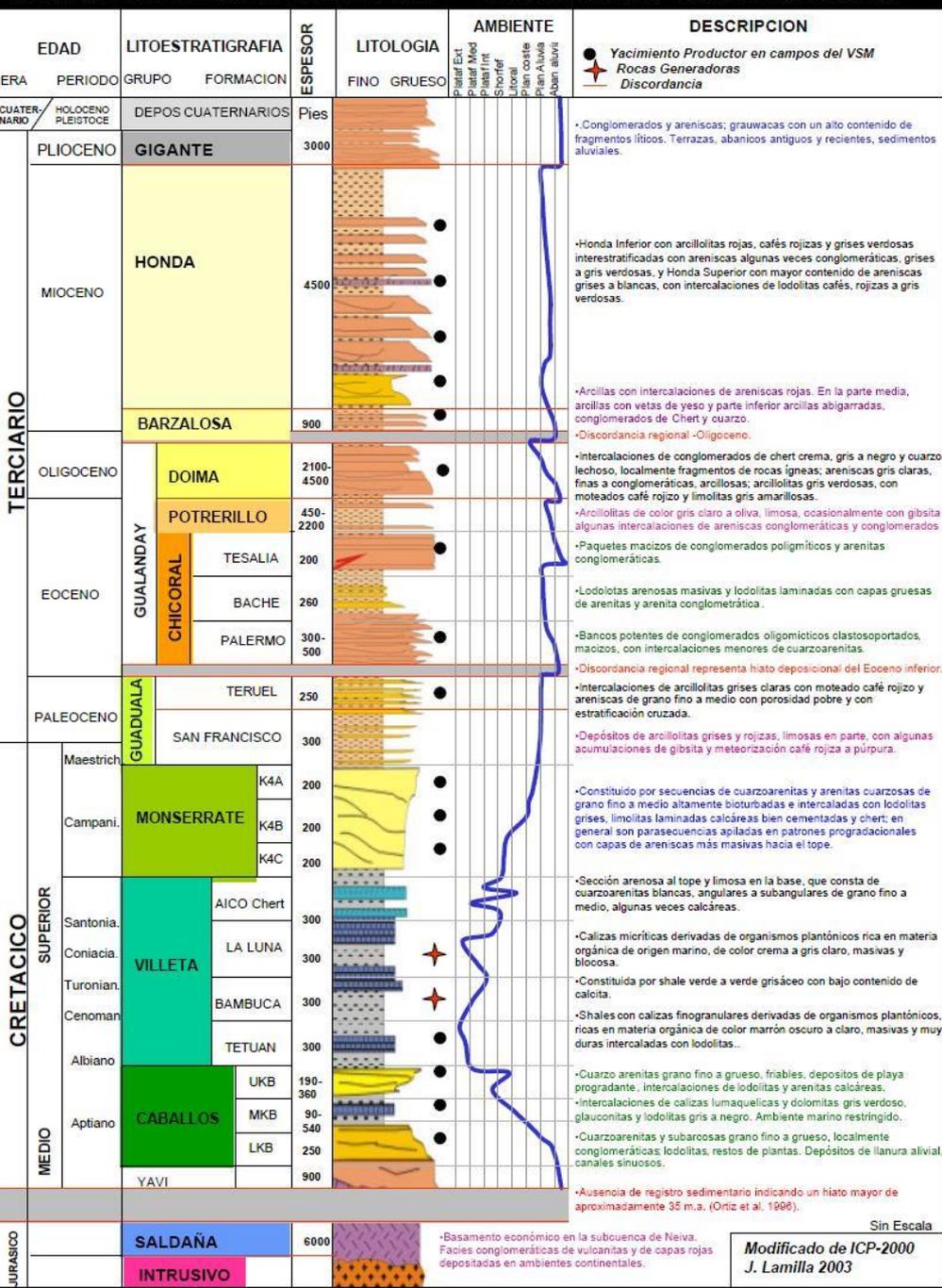
FIGURE 3 Cross section showing well locations.



Escala de los tiempos geológicos

Eón	Era	Período	Época	Intervalo (Millones de años)	Duración (Millones de años)
Fanerozoico	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	- 0.01	0.01
			Pleistoceno	0.01 - 1.8	1.79
		Terciario	Plioceno	1.8 - 5	3.2
			Mioceno	5 - 23	18
			Oligoceno	23 - 37	14
			Eoceno	37 - 55	18
			Paleoceno	55 - 65	10
	Mesozoico	Cretácico	65 - 140	75	
		Jurásico	140 - 210	70	
		Triásico	210 - 250	40	
	Paleozoico	Pérmico	250 - 290	40	
		Carbonífero	290 - 360	70	
		Devónico	360 - 410	50	
Silúrico		410 - 440	30		
Ordovícico		440 - 500	60		
Cámbrico		500 - 590	90		
Precámbrico	Proterozoico	Superior	590 - 900	310	
		Medio	900 - 1600	700	
		Inferior	1600 - 2500	900	

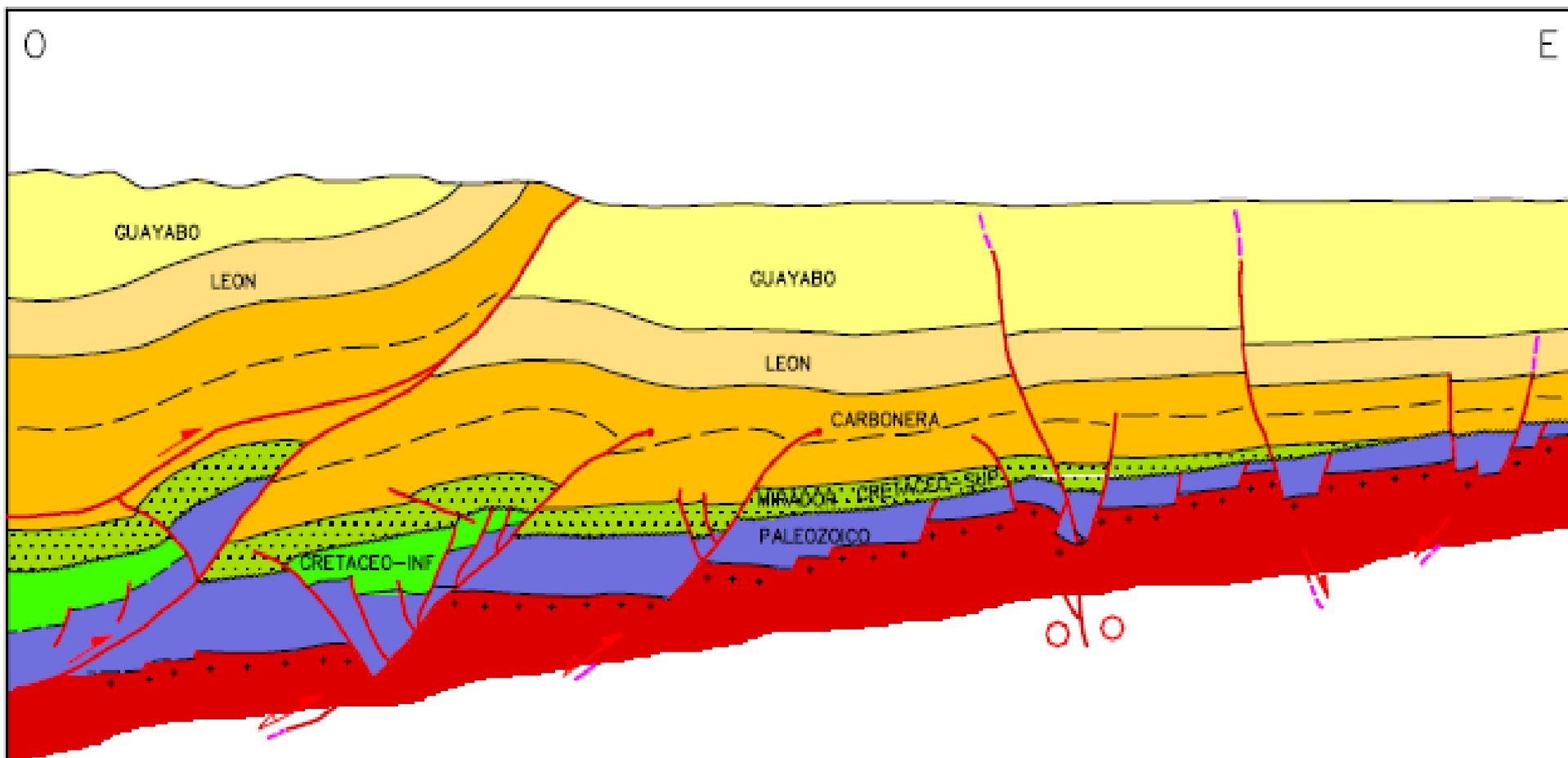
COLUMNA ESTRATIGRAFICA GENERALIZADA - CUENCA VALLE SUPERIOR DEL MAGDALENA



COLUMNA DEL VSM

Sin Escala
 Modificado de ICP-2000
 J. Lamilla 2003

HERENCIA ESTRUCTURAL Y REACTIVACIÓN



1	PIEDEMONTES	"FOREDEEP"	CASANARE OCCIDENTAL	"PLATAFORMA"	CASANARE ORIENTAL VICHADA
2	CABALGAMIENTOS DE COBERTURA GRUESA Y DELGADA	INVERSION ESTRUCT.	INVERSION EST. PARCIAL	FALLAS DE RUMBO DEXTRALES (ORIENTACION NE-SO) SINISTRAS (ORIENTACION NS)	FALLAS NORMALES FUERTE REACTIVACION POCA REACTIV.
3	CUSIANA, CUIPIAGUA, GUAYVO ...	CUMARAL, SUR CUSIANA, SUR GUAYVO ...	CHAPARRAL, UPIA ...	CENTAURO, LA PUNTA ...	CACHAMA, CAÑO BARRULIA ... PLANAS, STO.
4	FUERTE	COMPRESION ANDINA			—> SUAVE
					MIGRACION DEL "FOREBULGE"

1: PROVINCIAS ESTRUCTURALES
2: ESTILOS ESTRUCTURALES

3: EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS
4: MECANISMO DE REACTIVACION ANDINO

SIN ESCALA

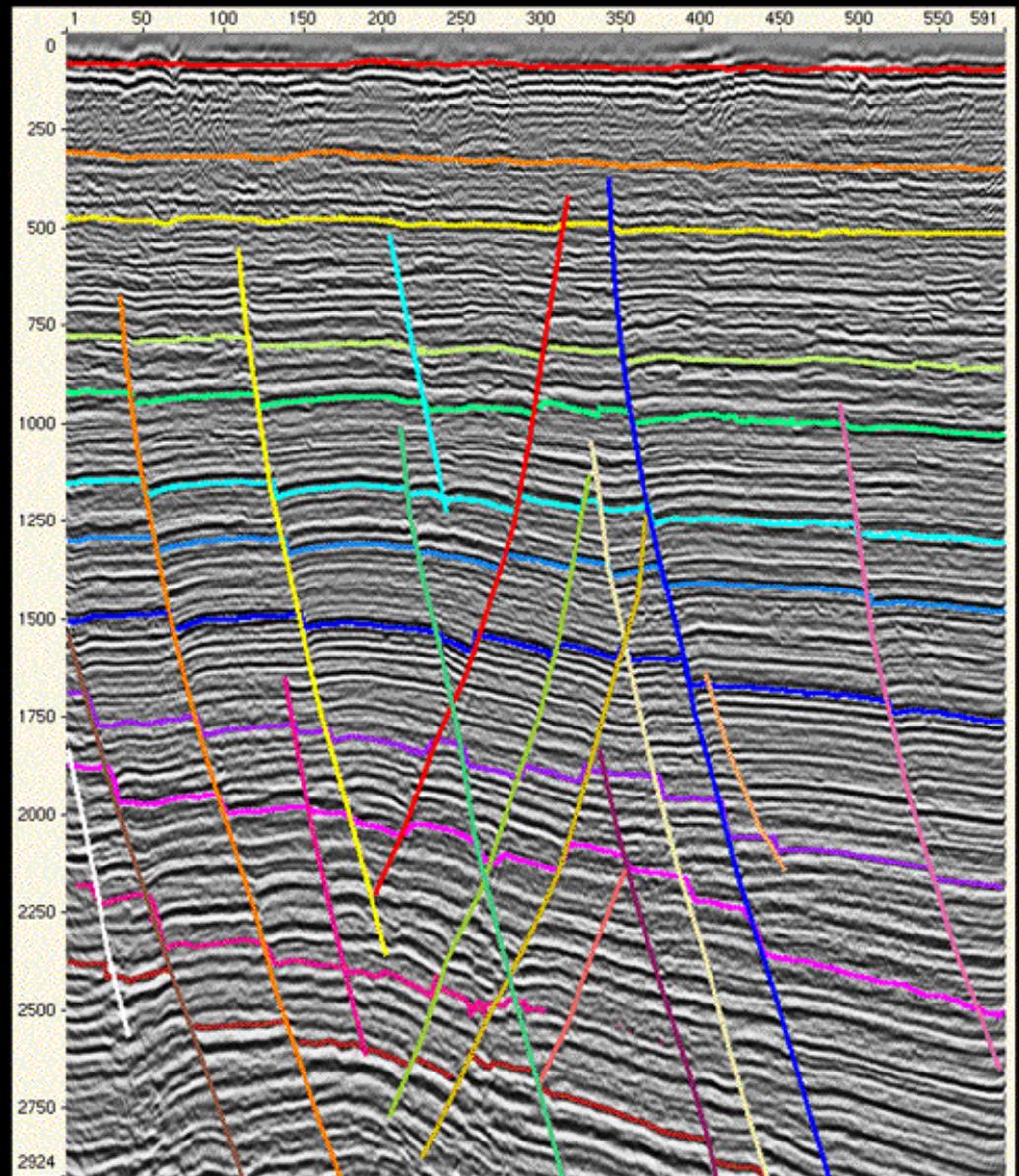
FALLAS SINTÉTICAS Y ANTITÉTICAS

Inline 341

West Cameron 3D survey

N

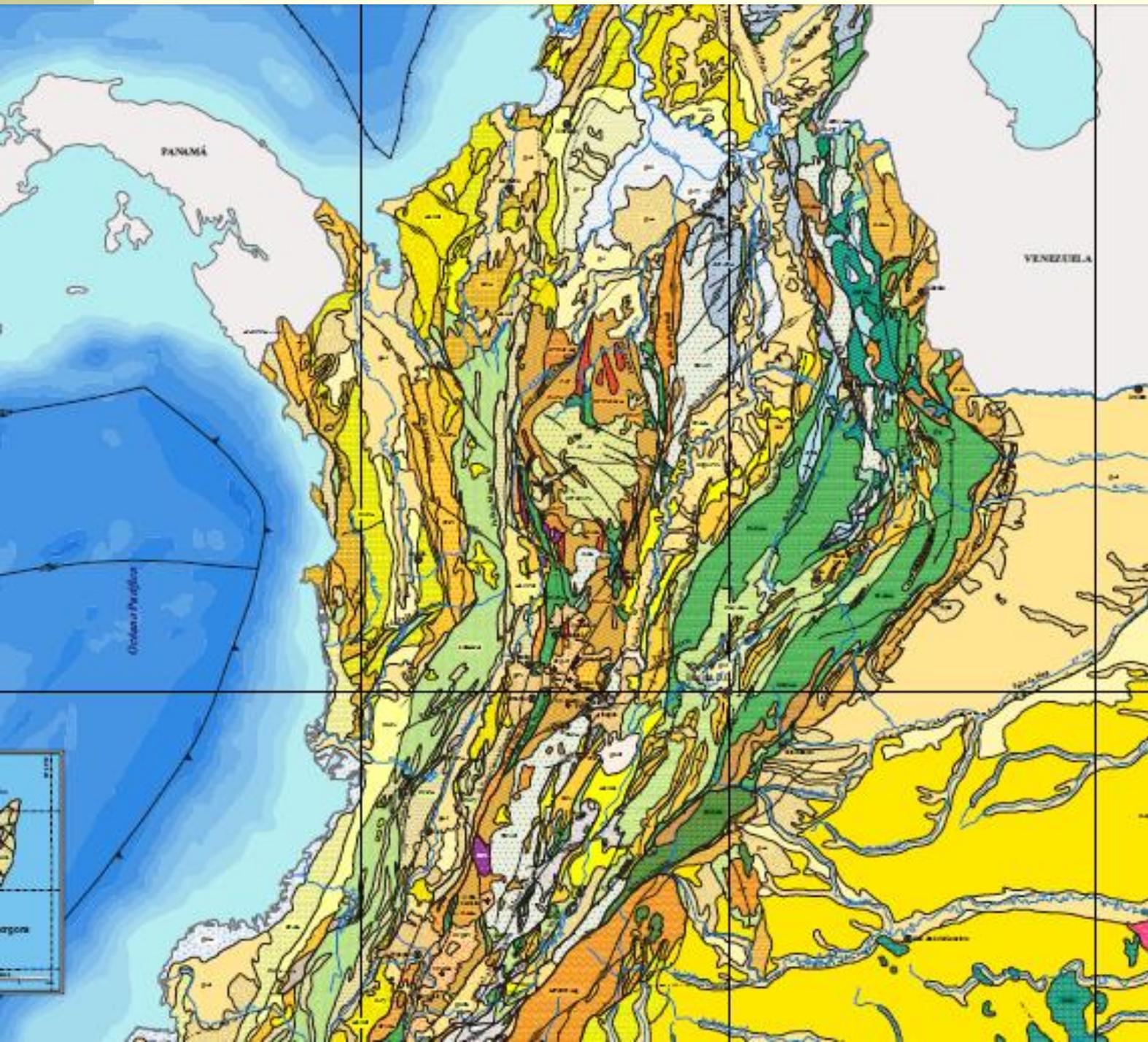
S



5 km

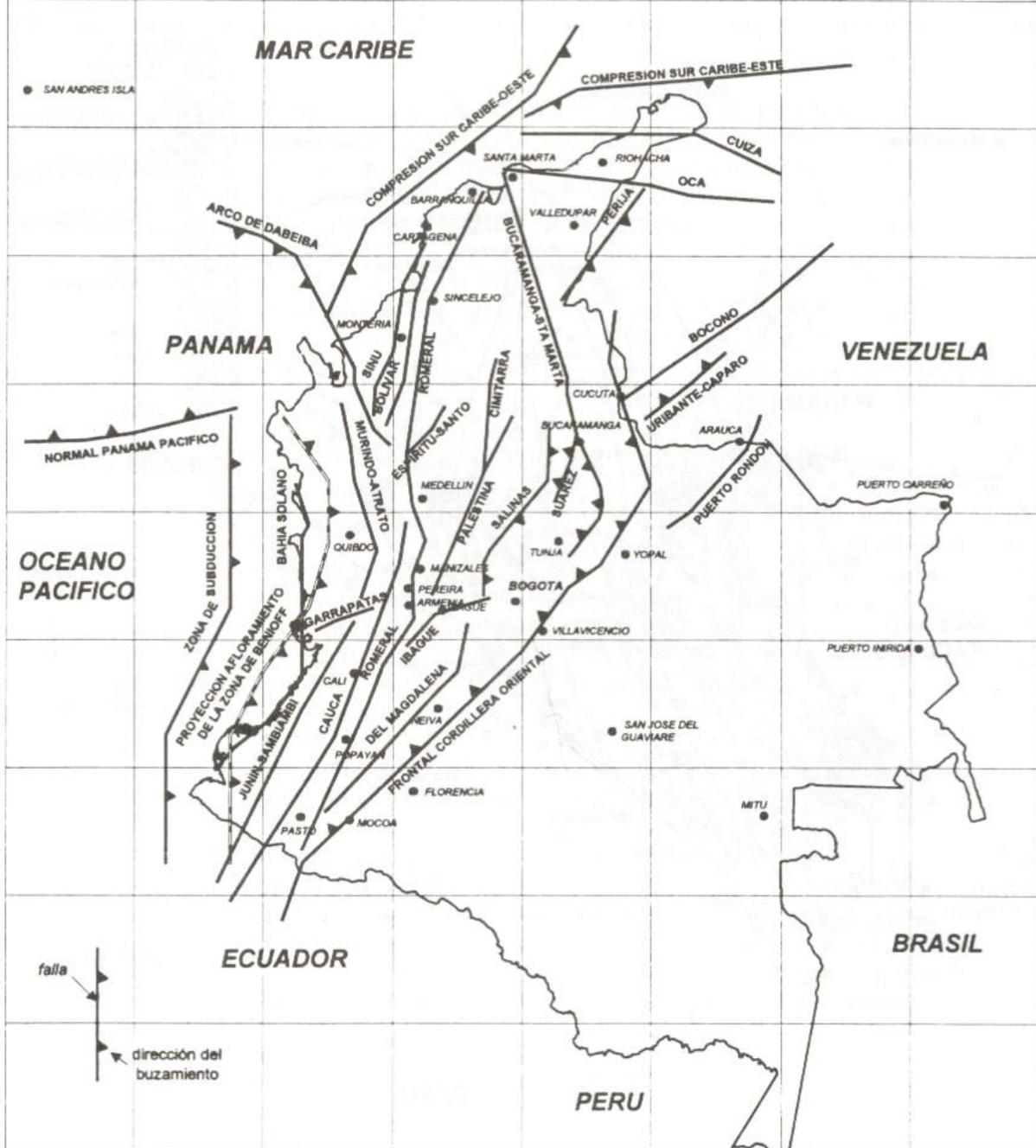
-128

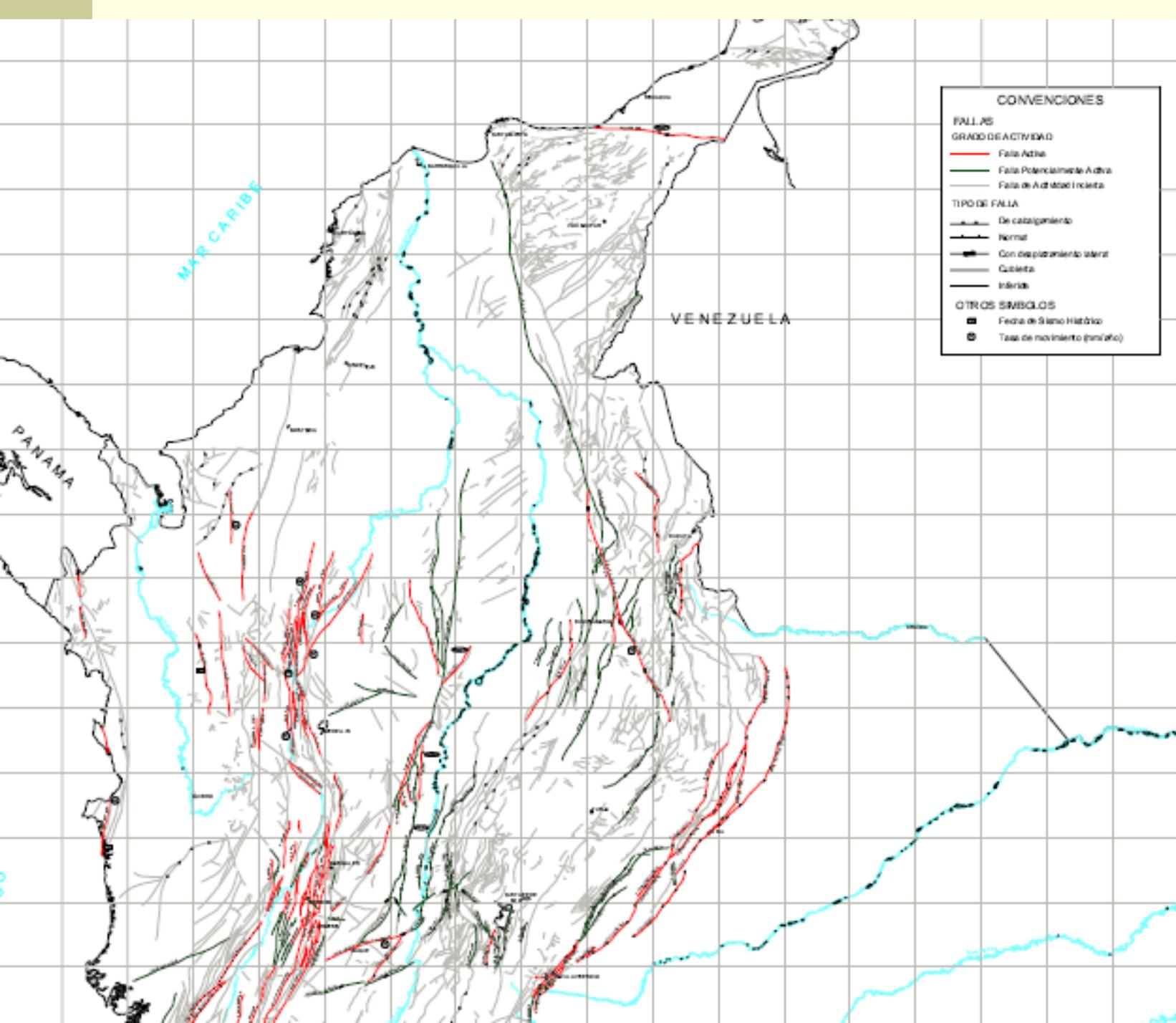
127



-82 -80 -78 -76 -74 -72 -70 -68 -66

14
12
10
8
6
4
2
0
-2
-4





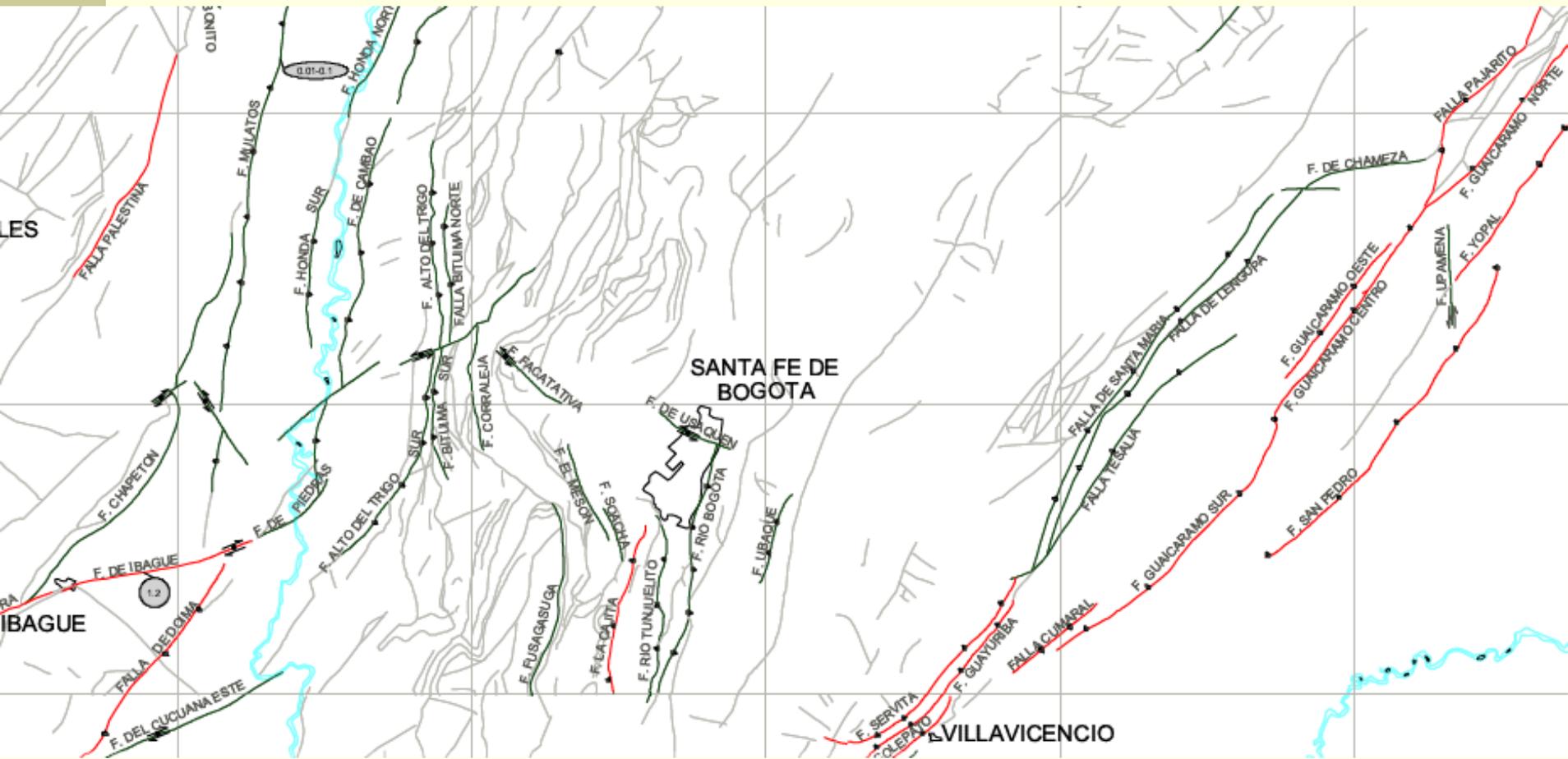
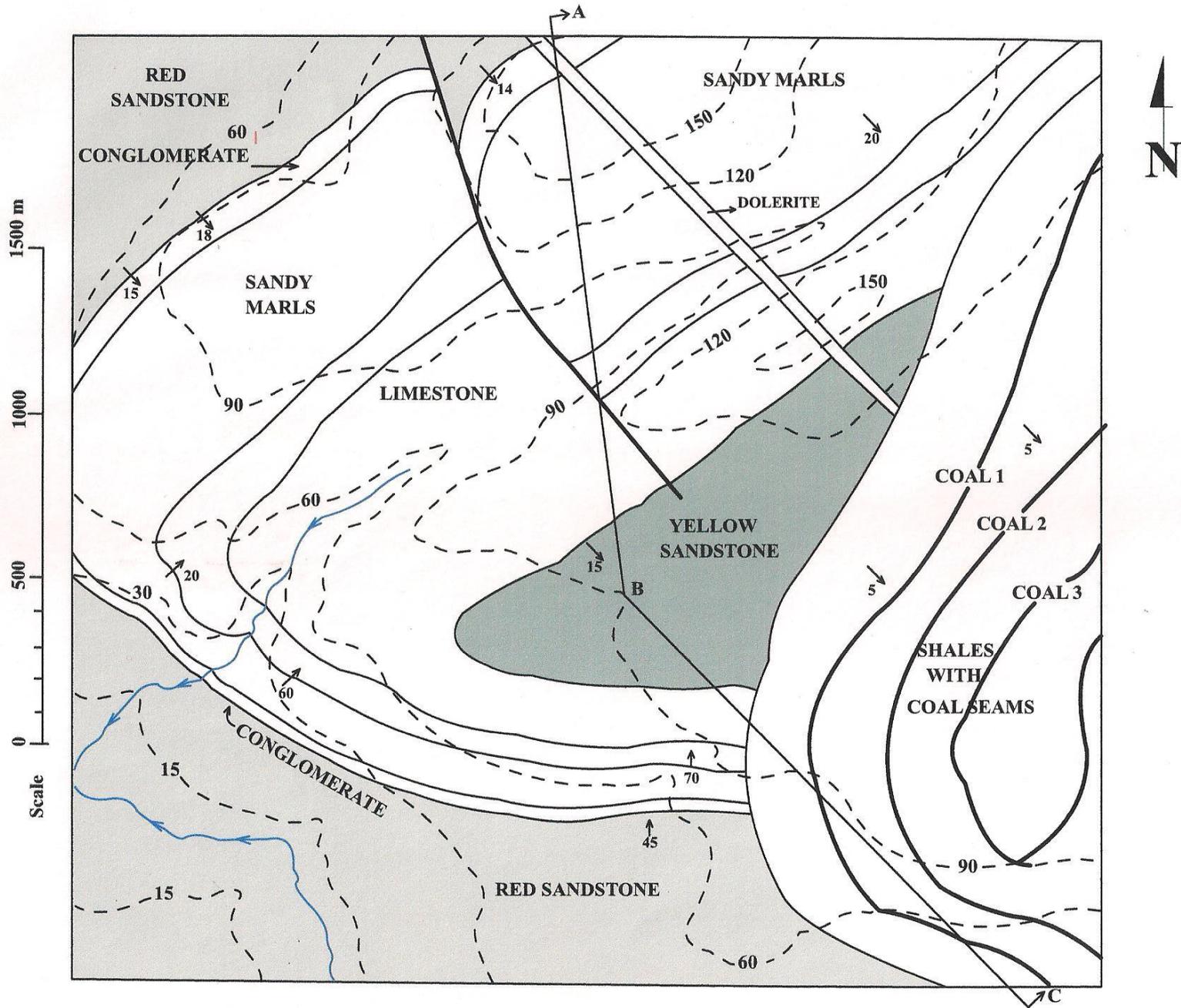


FIGURA 8



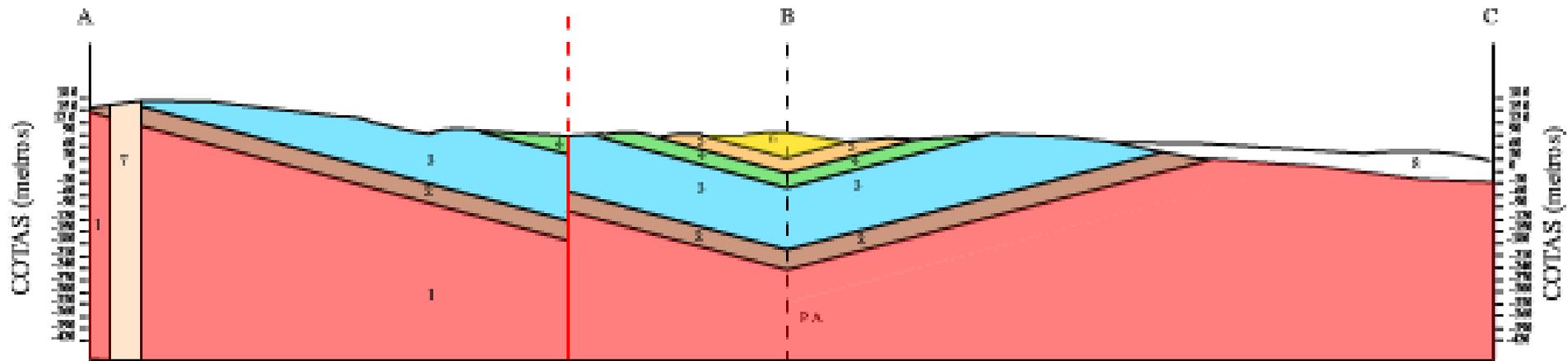
SCALE: 0 500 1000 1500 ft
1 mile



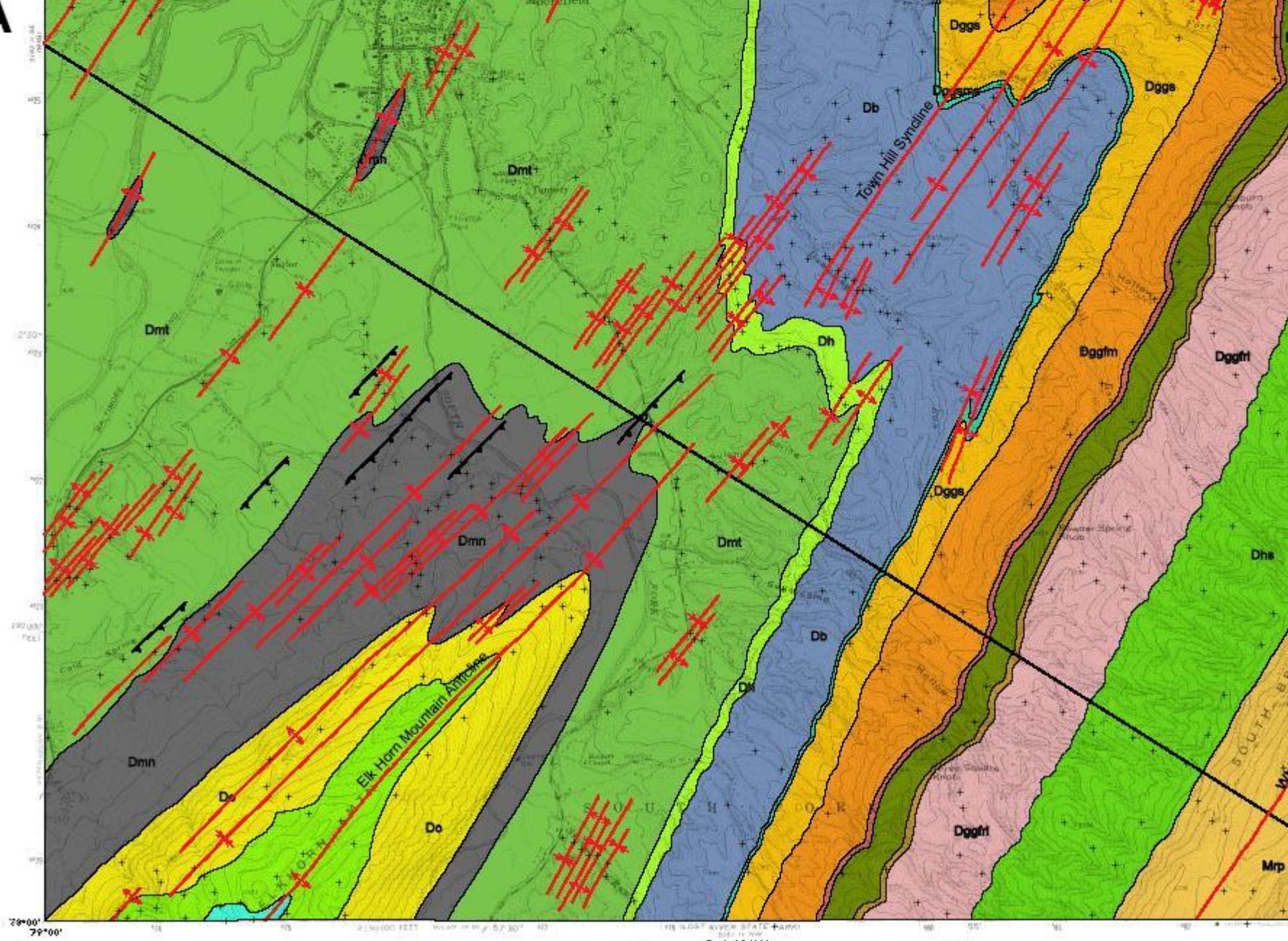
B/51

FIGURA 8 A

CORTE A-B-C



A



Geological Map
Scale 1:24000

Scale 1:24000
0 1/2 1 Mile



GREENFIELD

GREENFIELD

WOODBURY
NORTH

MOUNTAIN

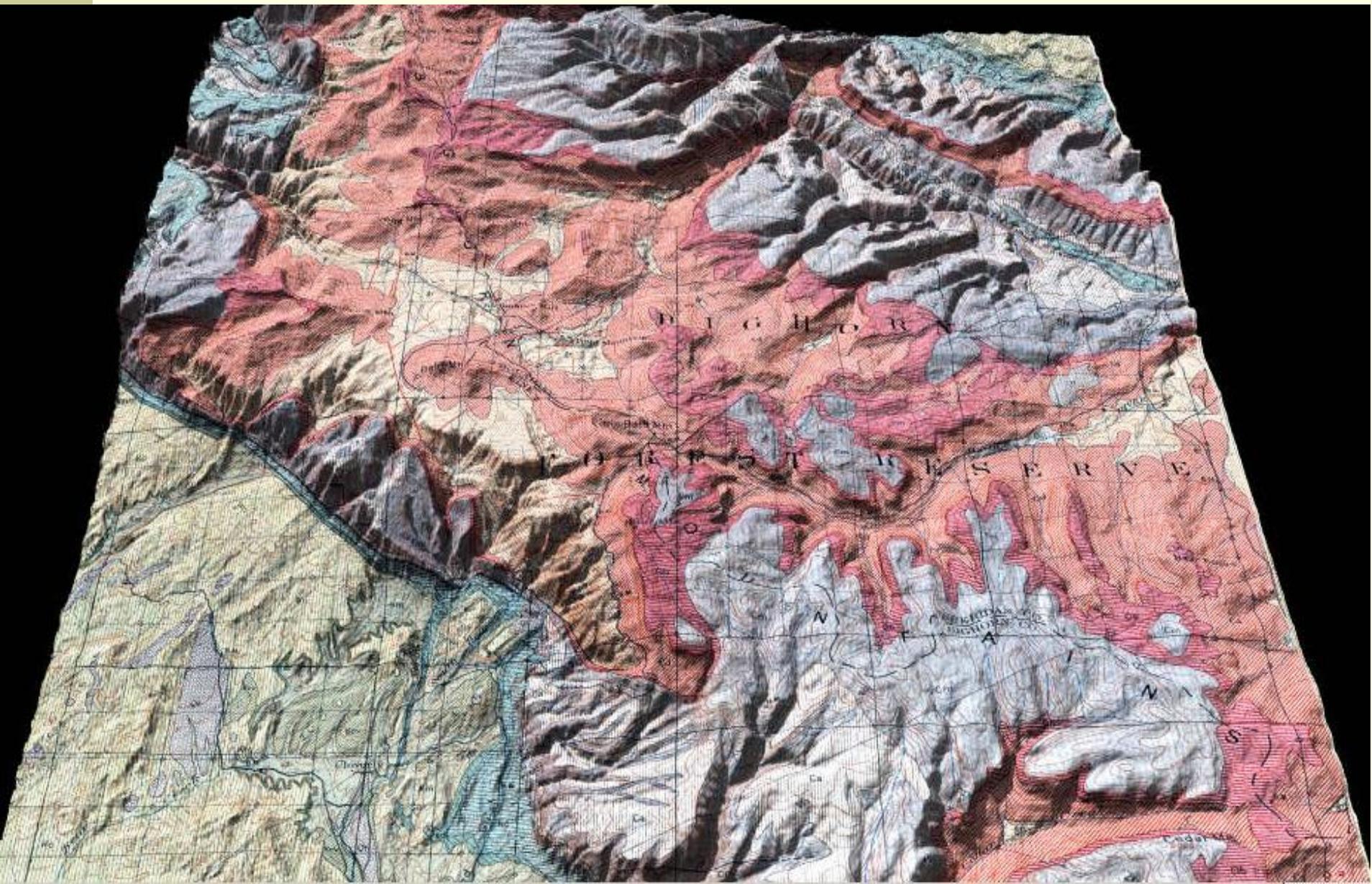
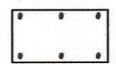
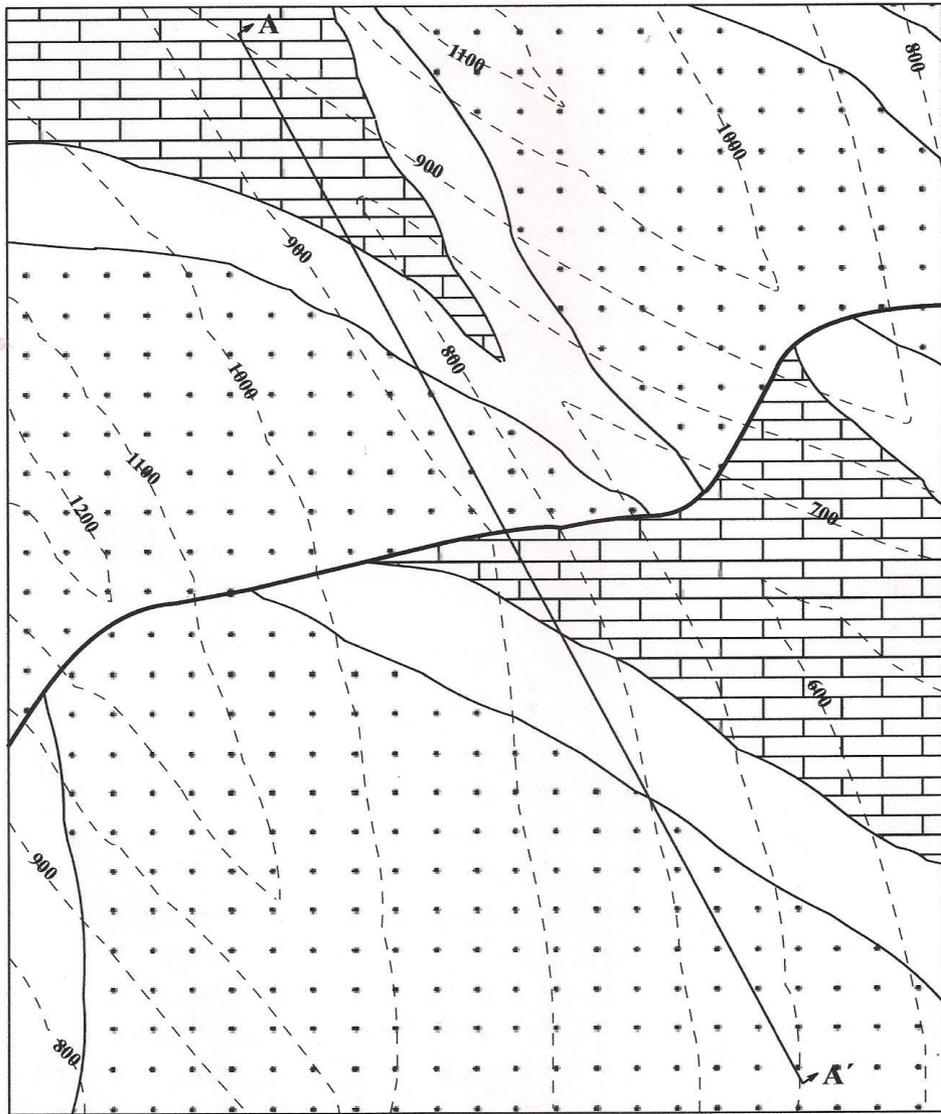
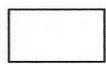


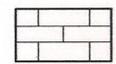
FIGURA 7



Arenisca



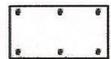
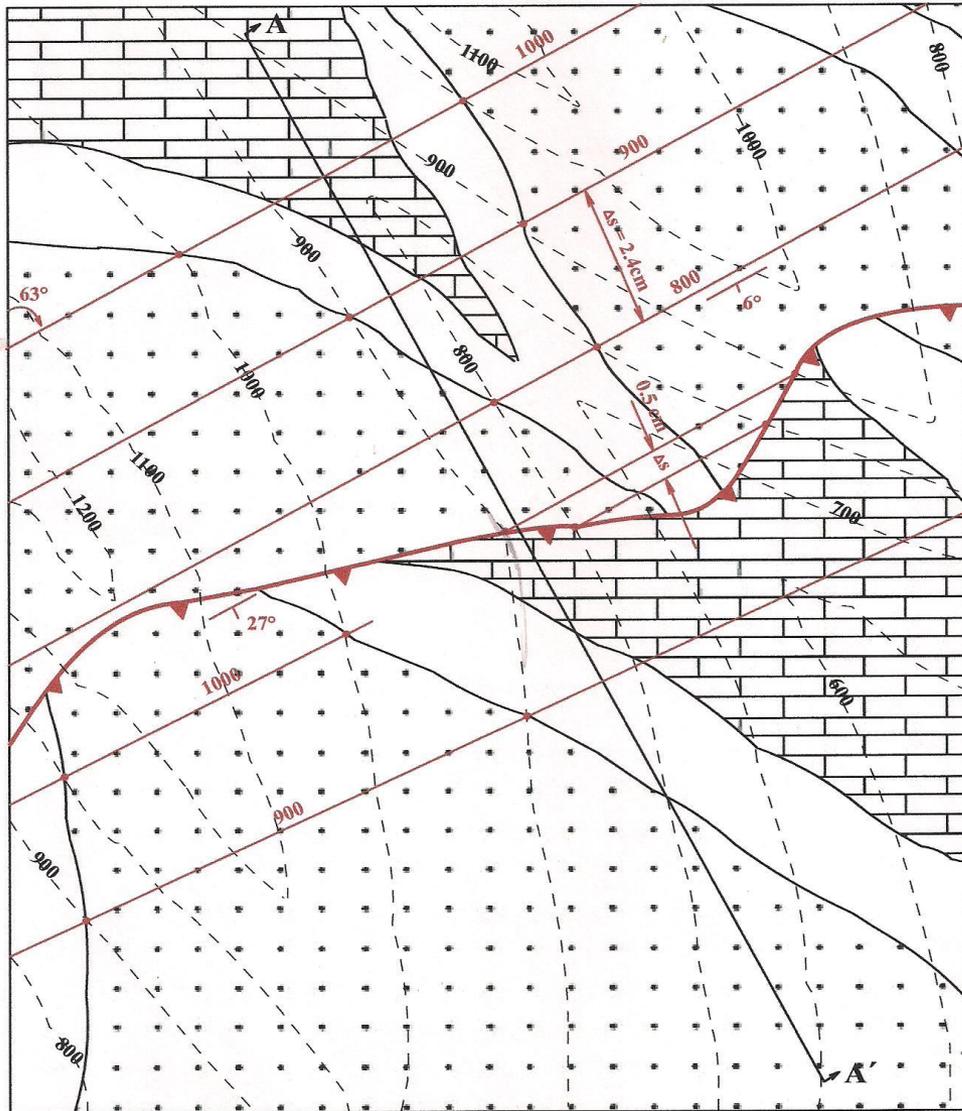
Lodolita



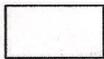
Caliza



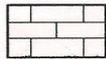
FIGURA 7A



Arenisca



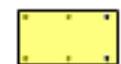
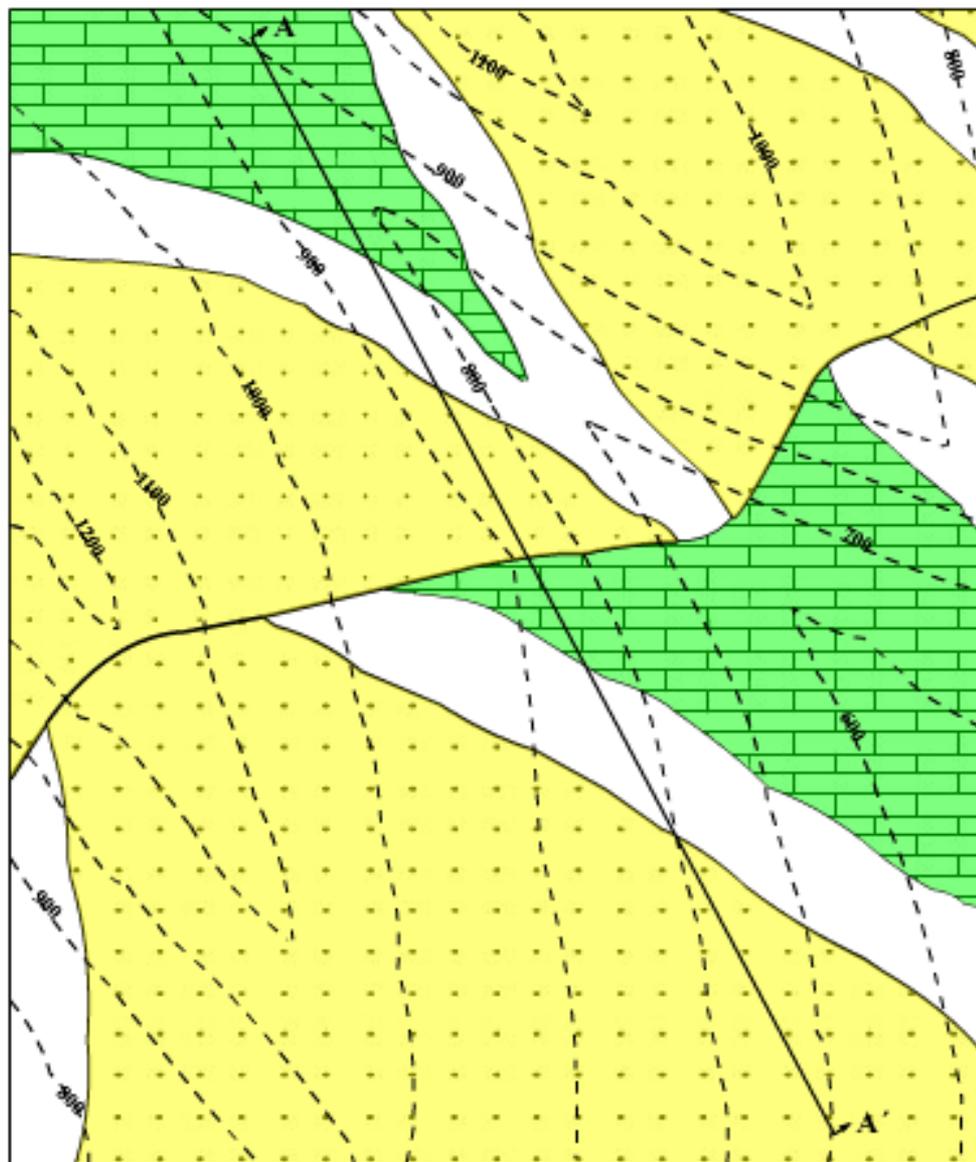
Lodolita



Caliza



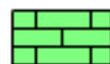
FIGURA 7



Arenisca



Lodolita

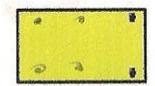
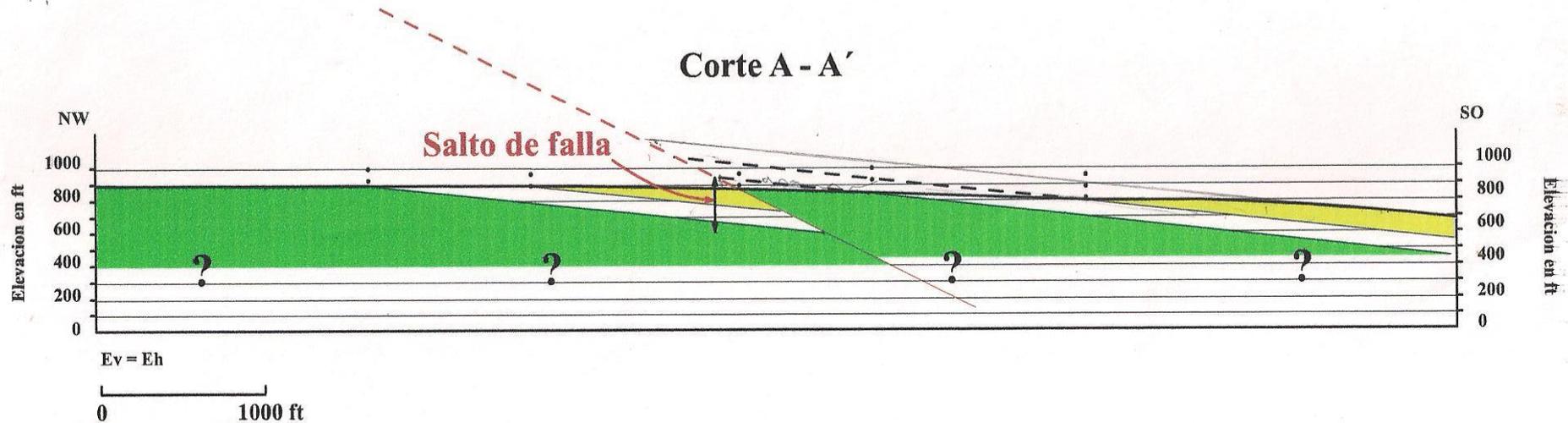
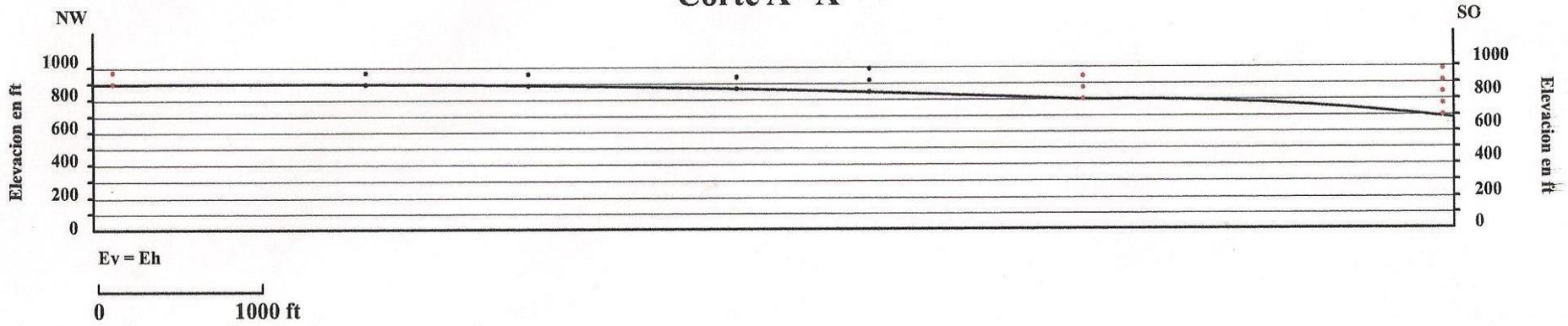


Caliza

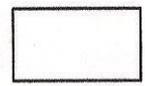
0 1000 ft

FIGURA 7 C

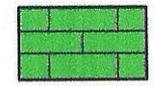
Corte A - A'



Arenisca



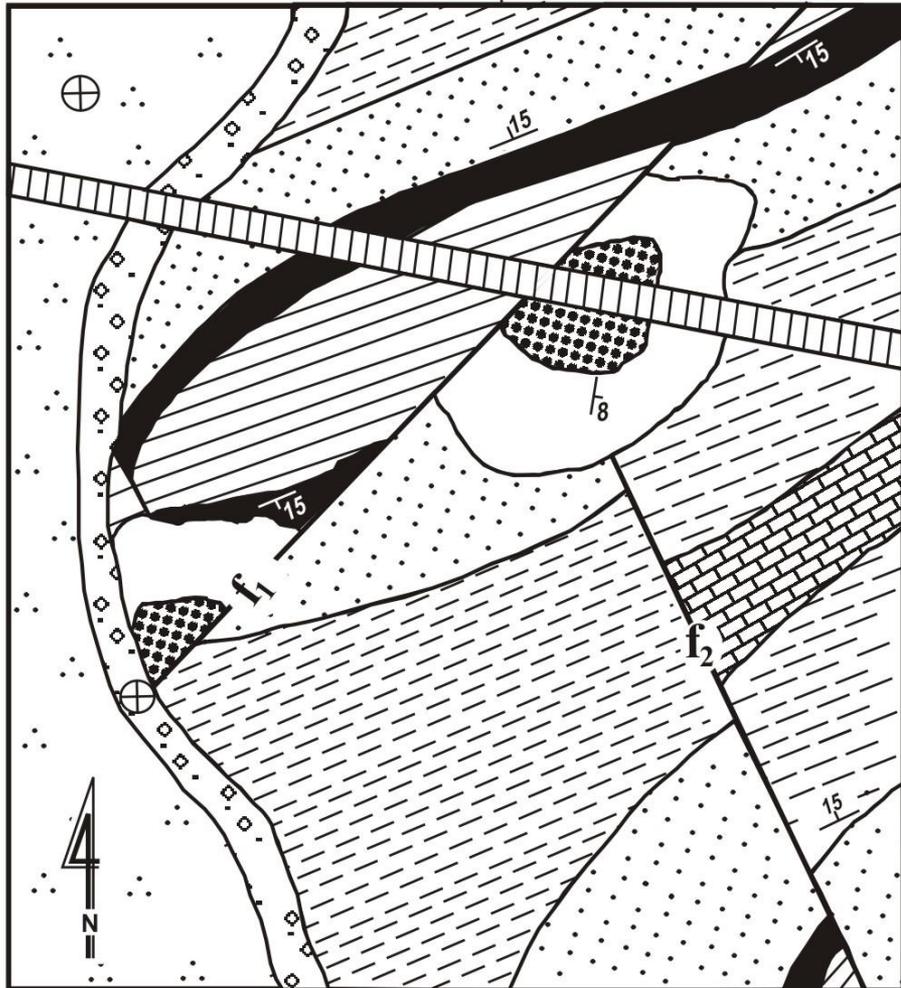
Lodolita



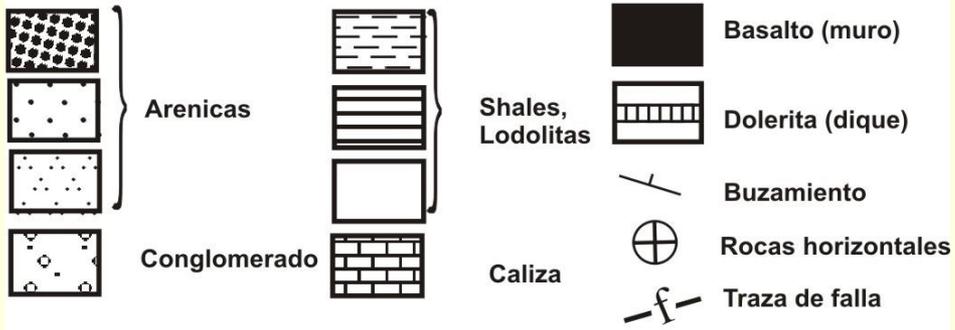
Caliza

HISTORIA DE EVENTOS

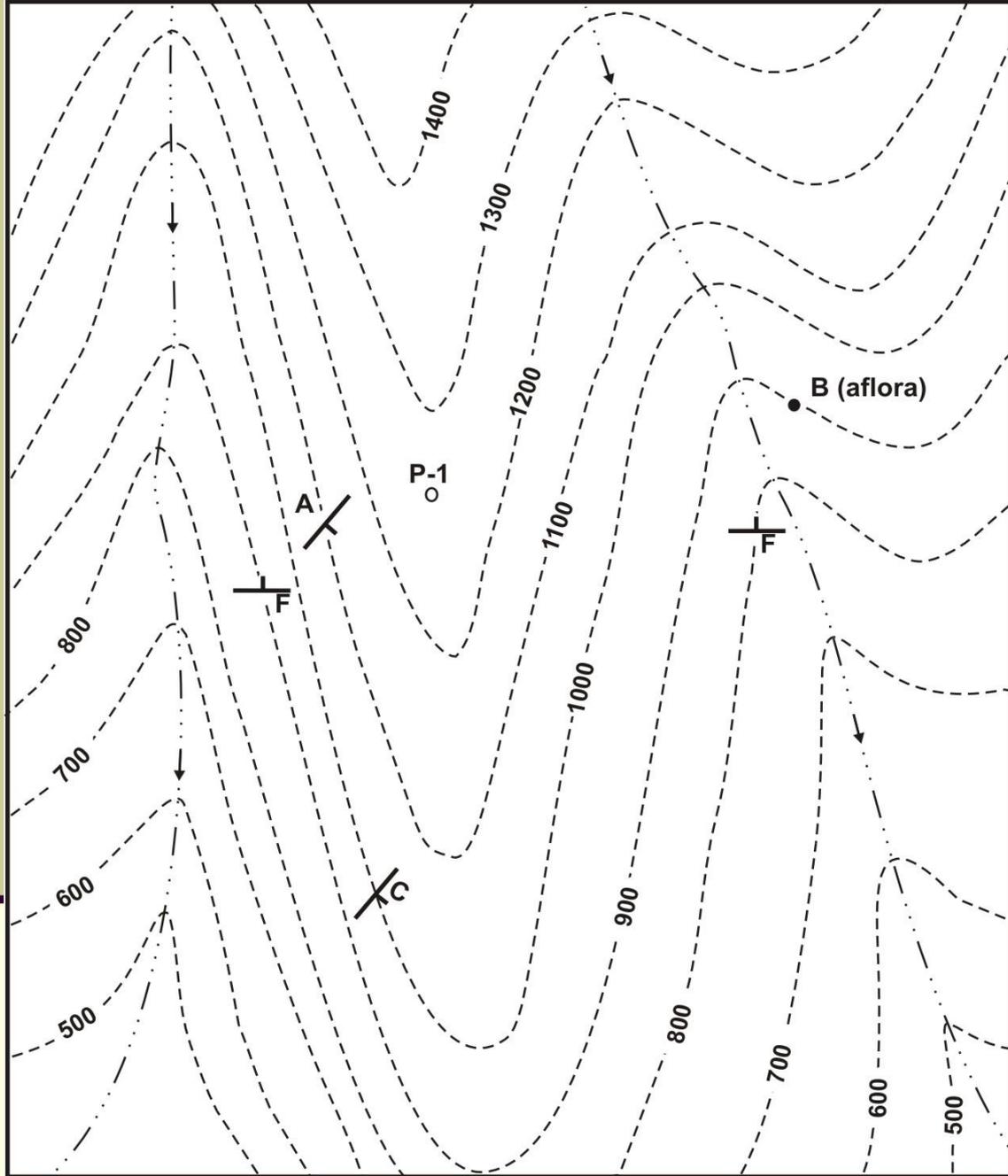
EJERCICIO



0 1000 Pies
Escala



1. Enumerar de más antiguo a reciente los eventos geológicos ocurridos.
2. Construir la columna estratigráfica del área.
3. Datar y clasificar las fallas según el desplazamiento relativo.
4. Clasificar los pliegues y trazar sus ejes.
5. Medir los componentes de la separación de las fallas.



EJERCICIO

1. Determinar el rumbo y buzamiento de la falla y dibujar su traza.
2. Determinar el rumbo y buzamiento de la caliza y dibujar su traza.
3. Determinar el salto de la falla
4. Determinar a qué profundidad se encontraría la zona mineralizada en el pozo P-1, cuya cota es de 1250 m.s.n.m.



TIPO DE FALLA?



FALLA ACTIVA!



FALLA DE RUMBO ACTIVA



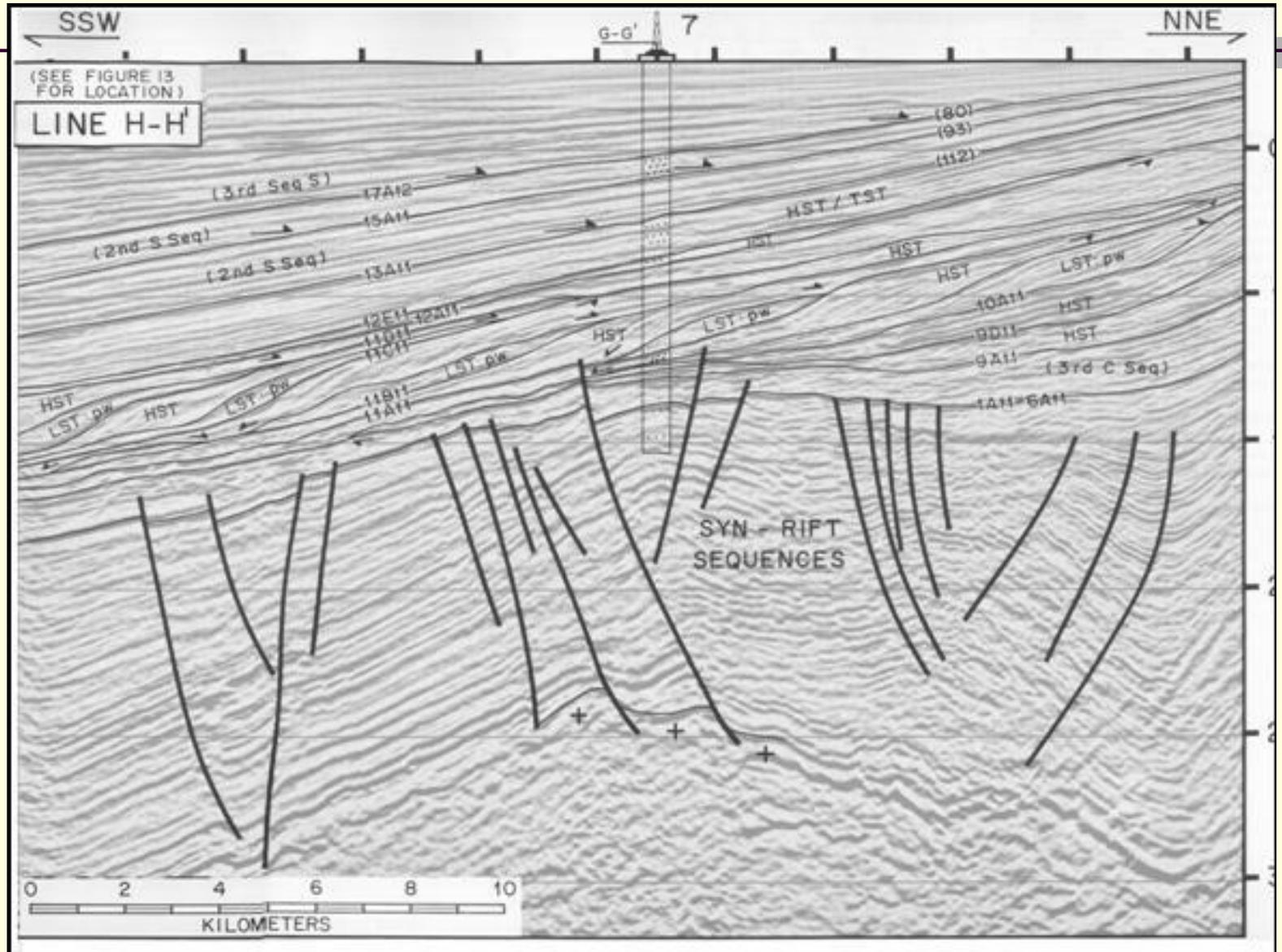
FALLAMIENTO Y DIACLASAMIENTO



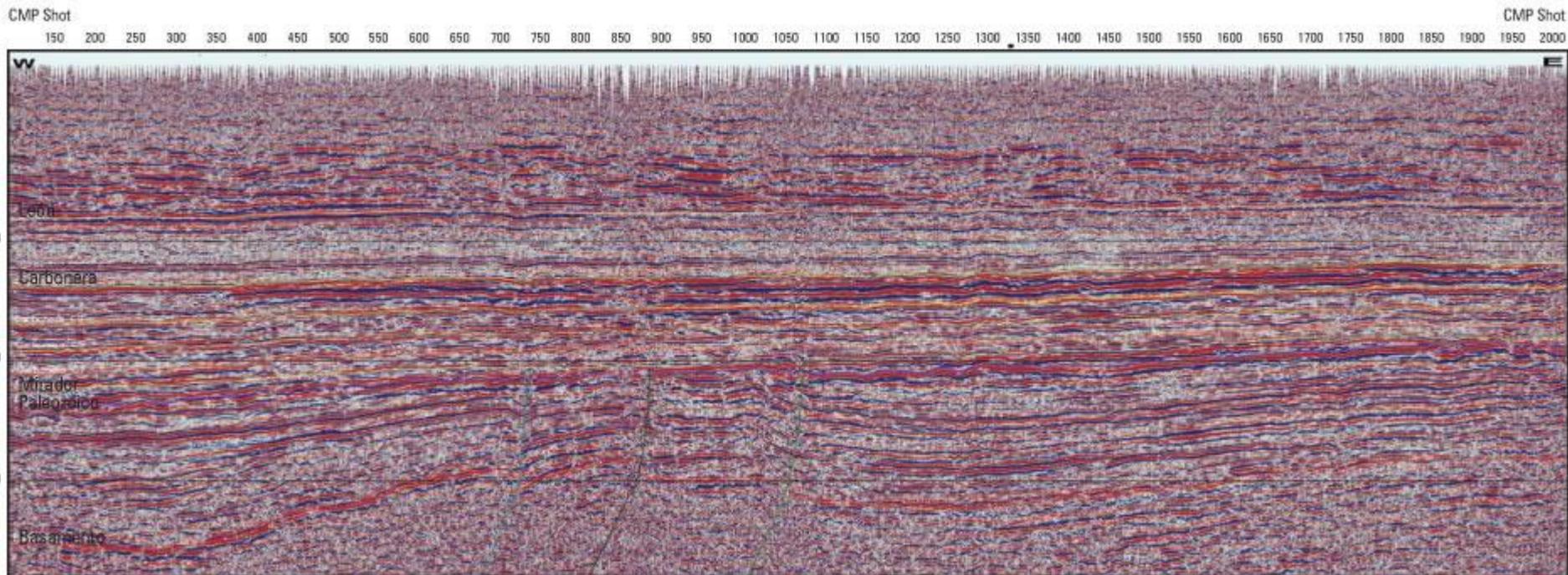
ARENISCA FRACTURADA



EDAD DE LAS FALLAS



SECCION SISMICA CUENCA LLO



TAREA PARA PROXIMA CLASE

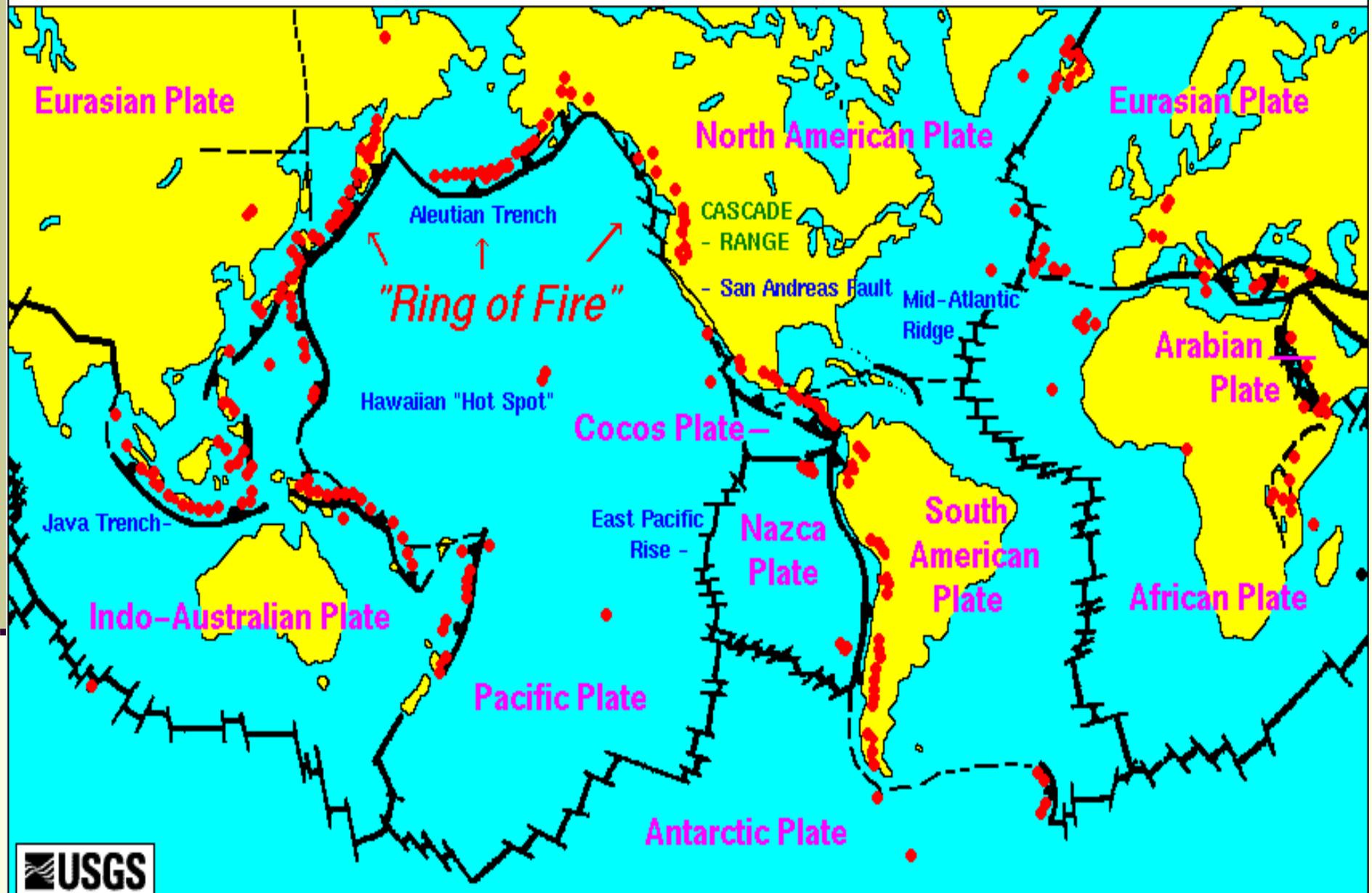
- 1. Consultar sobre el efecto de la facturación o diaclasamiento sobre la porosidad y la permeabilidad.
- 2. Clasificación de yacimientos de petróleo y gas naturalmente fracturados.
- 3. Presentar resumen de 1 pagina escrito con sus propias palabras.
- 4. Elaborar 3-5 filminas ilustrativas.

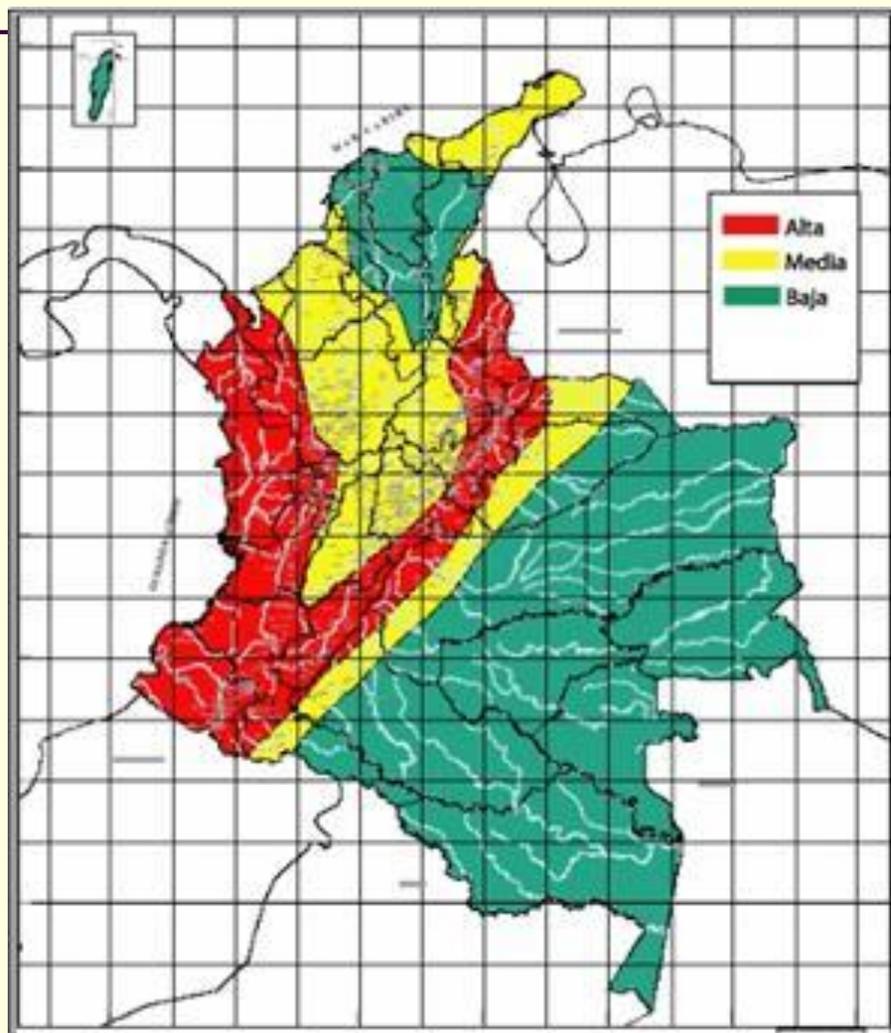
TAREA: PLATE TECTONICS

Elaborar presentación en power point (15-20 filminas) que ilustren las siguientes teorías:

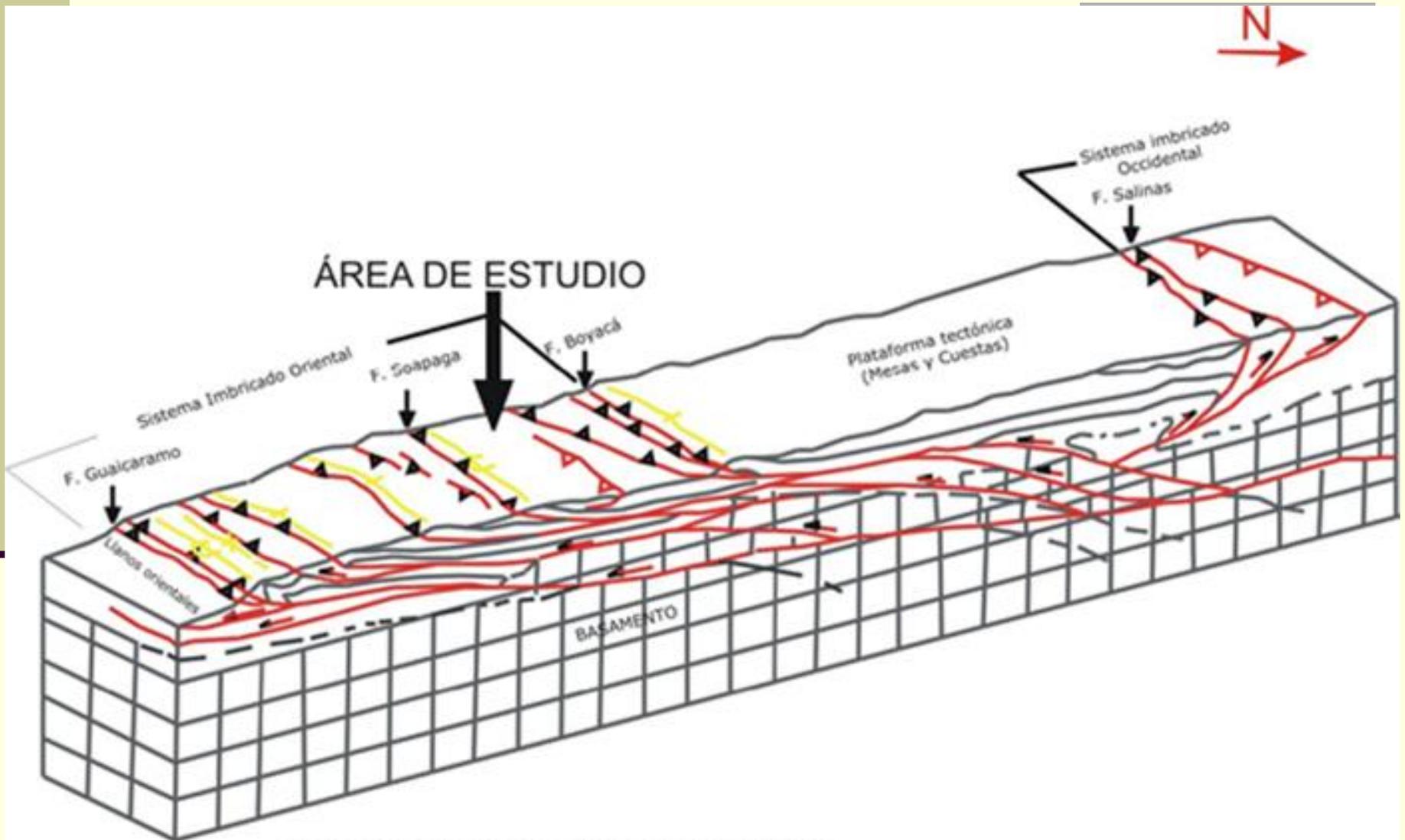
1. Deriva Continental (Continental Drift)
2. Expansión de los fondos oceánicos (Sea floor spreading)
3. Tectónica de Placas (Plate tectonics)
 - Bordes divergentes (divergent edges)
 - Bordes convergentes (convergent edges)
 - Fallas de transformación (Transform Faults)
 - Subduction zones, Dorsals, Hot spots, Black Chimneys
4. Tectónica de placas aplicada a Colombia.
5. Bajar de la red un video o una collección de diapositivas sobre tectónica de placas

Active Volcanoes, Plate Tectonics, and the "Ring of Fire"



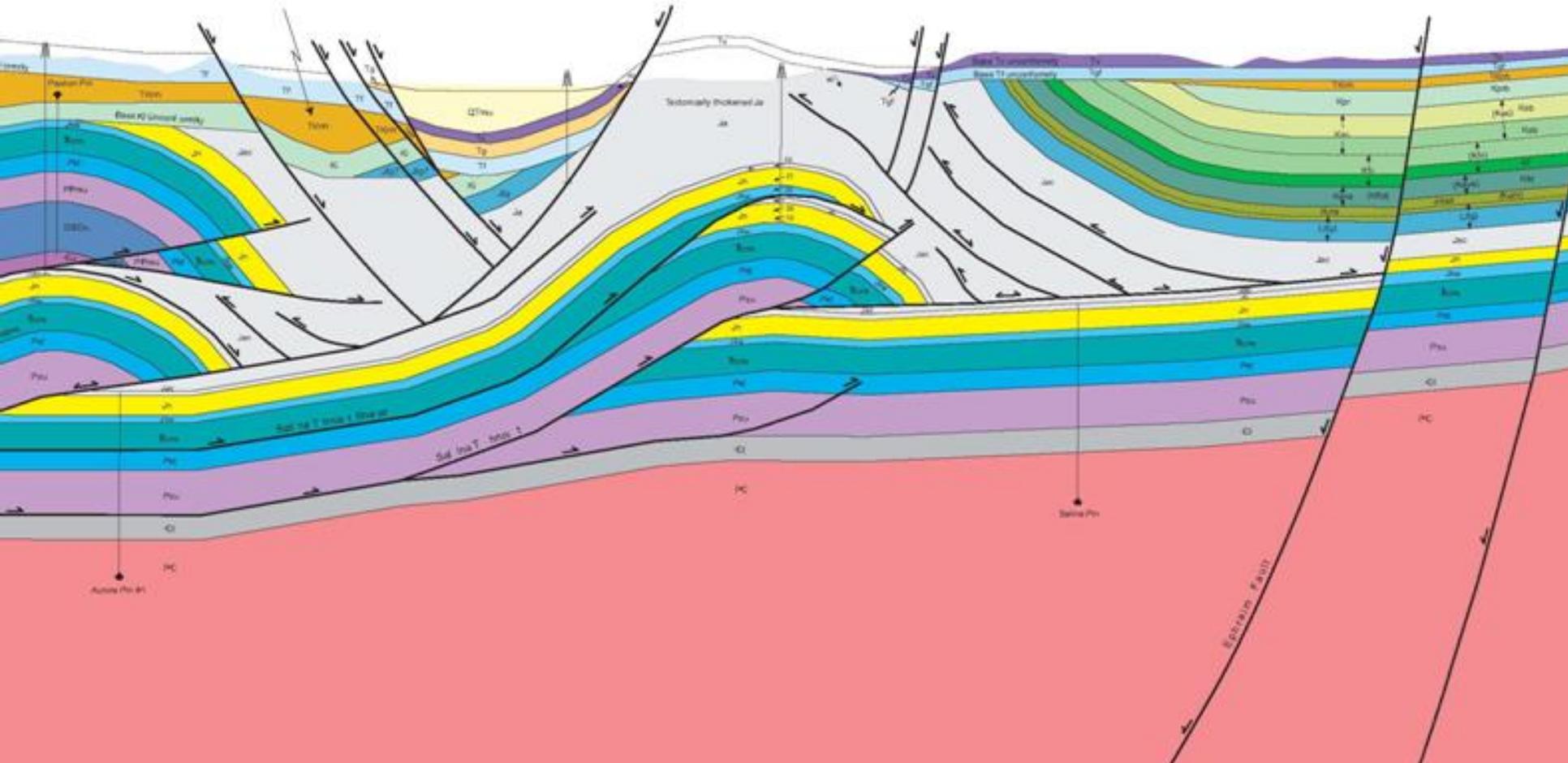


FALLAS DEL PIEDEMORTE LLANERO



Modelo estructural de cordillera. Según Reyes (2001)

Wolverine Federal Unit Post-Drill



SW

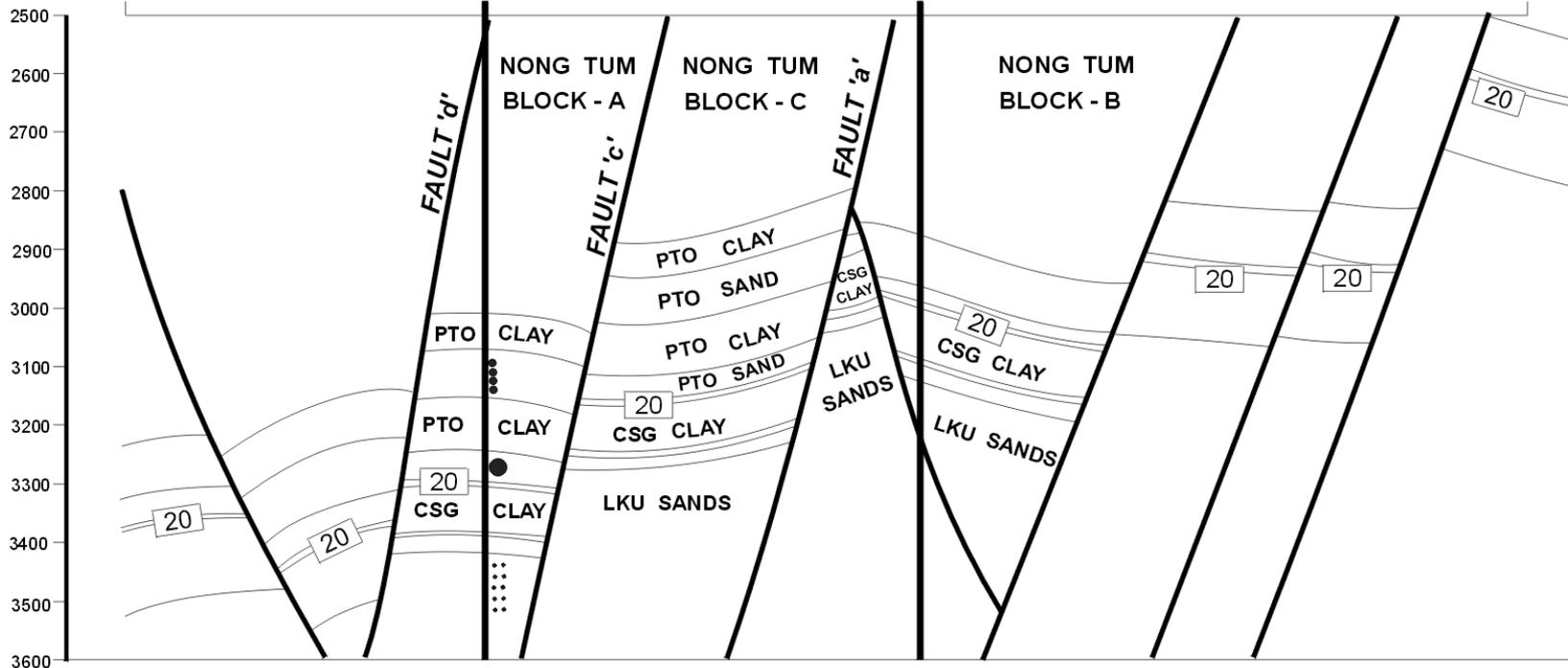
NTM - 1 (A)

NTM - 2 (B)

NE

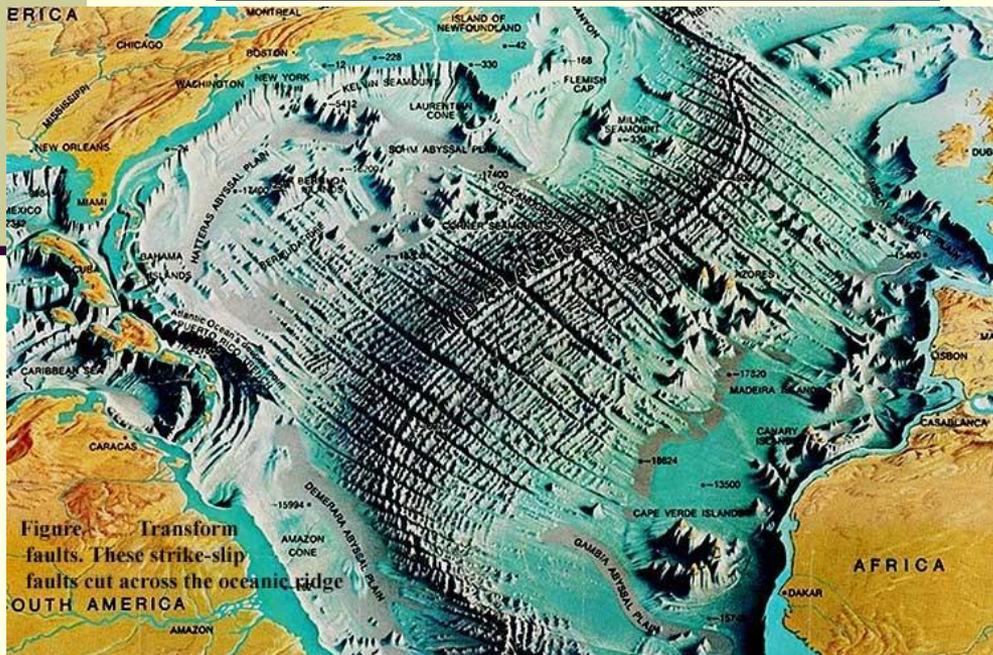
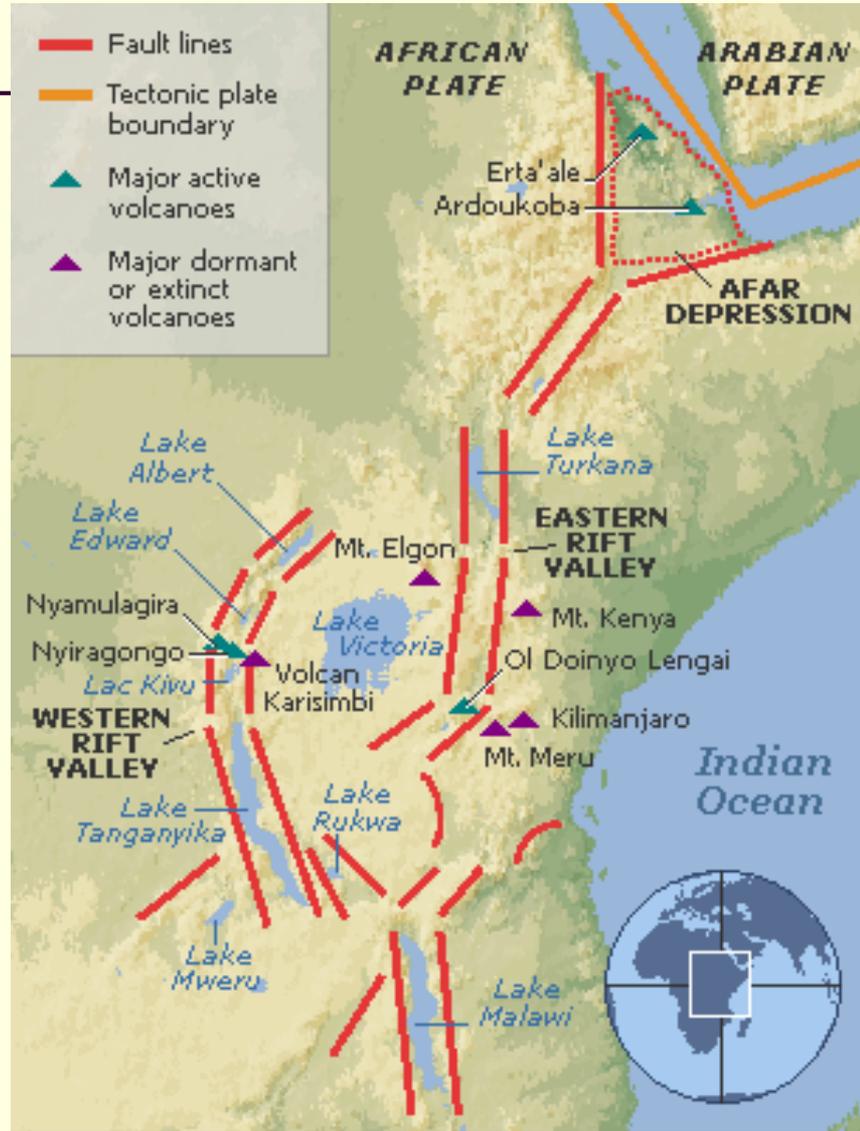
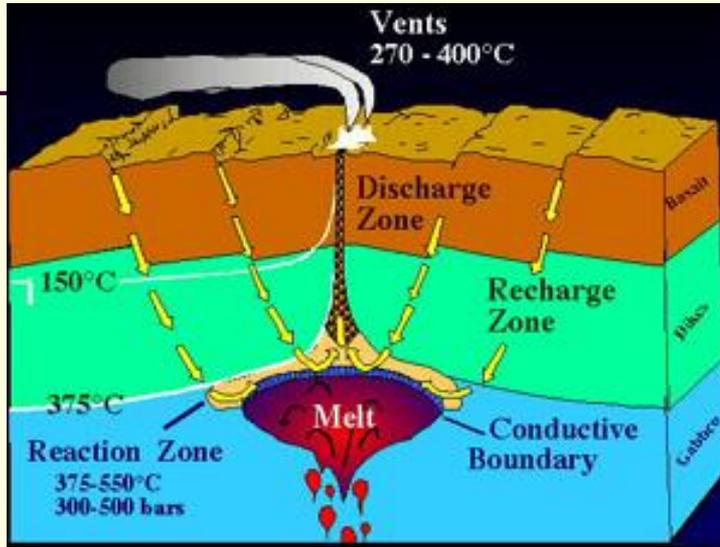
DEPTH
m (TVSS) LINE 340
CDP 90

LINE 450
CDP 250

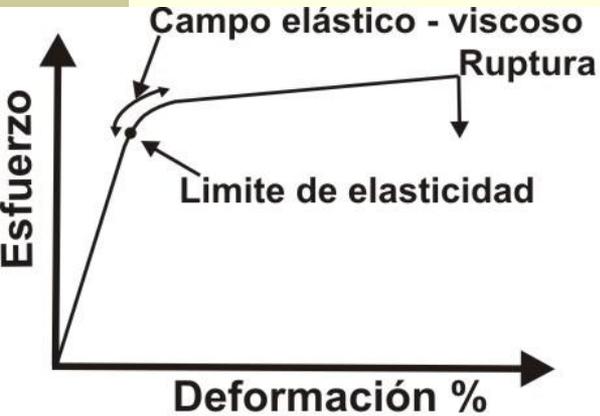


THAI SHELL EXPLORATION AND PRODUCTION CO.LTD.	
BANGKOK	PRODUCTION
STRUCTURAL CROSS SECTION	
ALONG WELL NTM - 1 (A) & NTM - 2 (B)	
SCALE 1 : 25,000	
Author : EPX	Fig. Date : APR. 1989
9	Draw. No. : 19974

MESODORSALES Y VALLES RIFT



FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DEFORMACIÓN DE LAS ROCAS



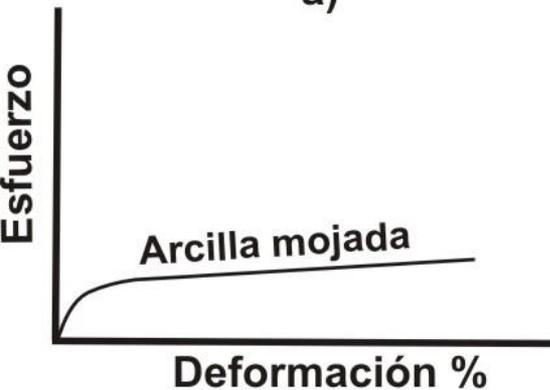
a)



b)



c)



d)

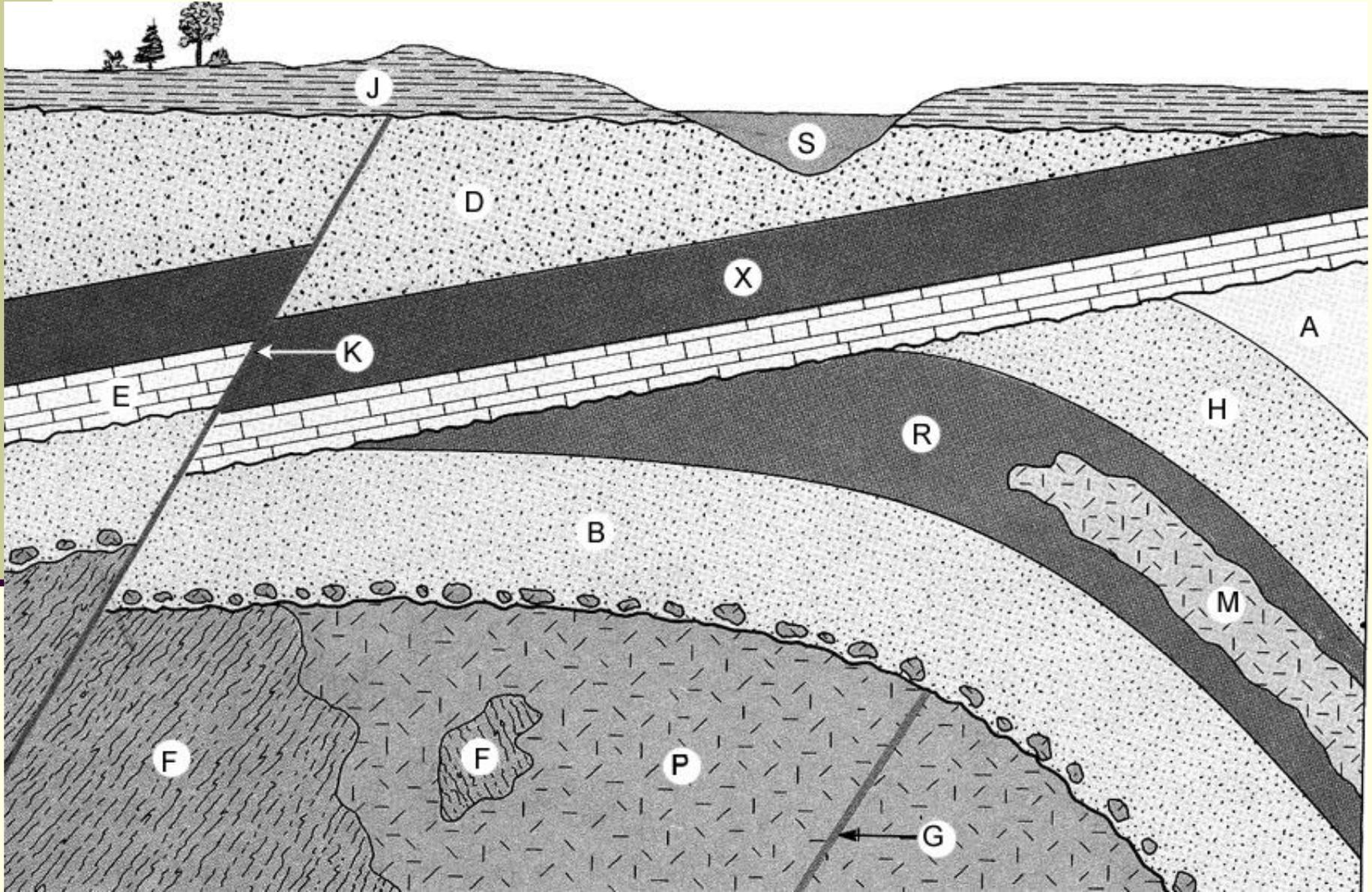


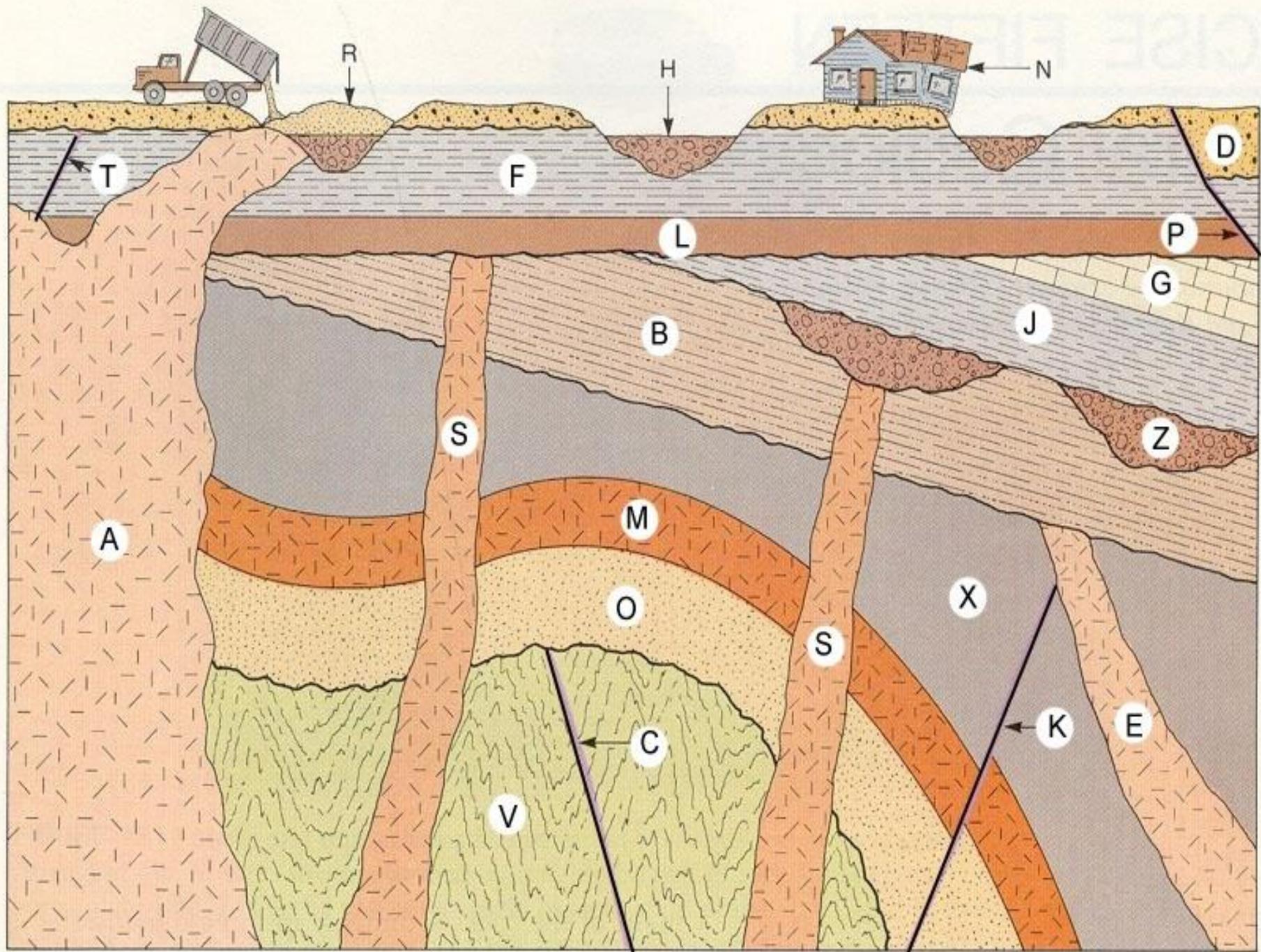
e)



f)

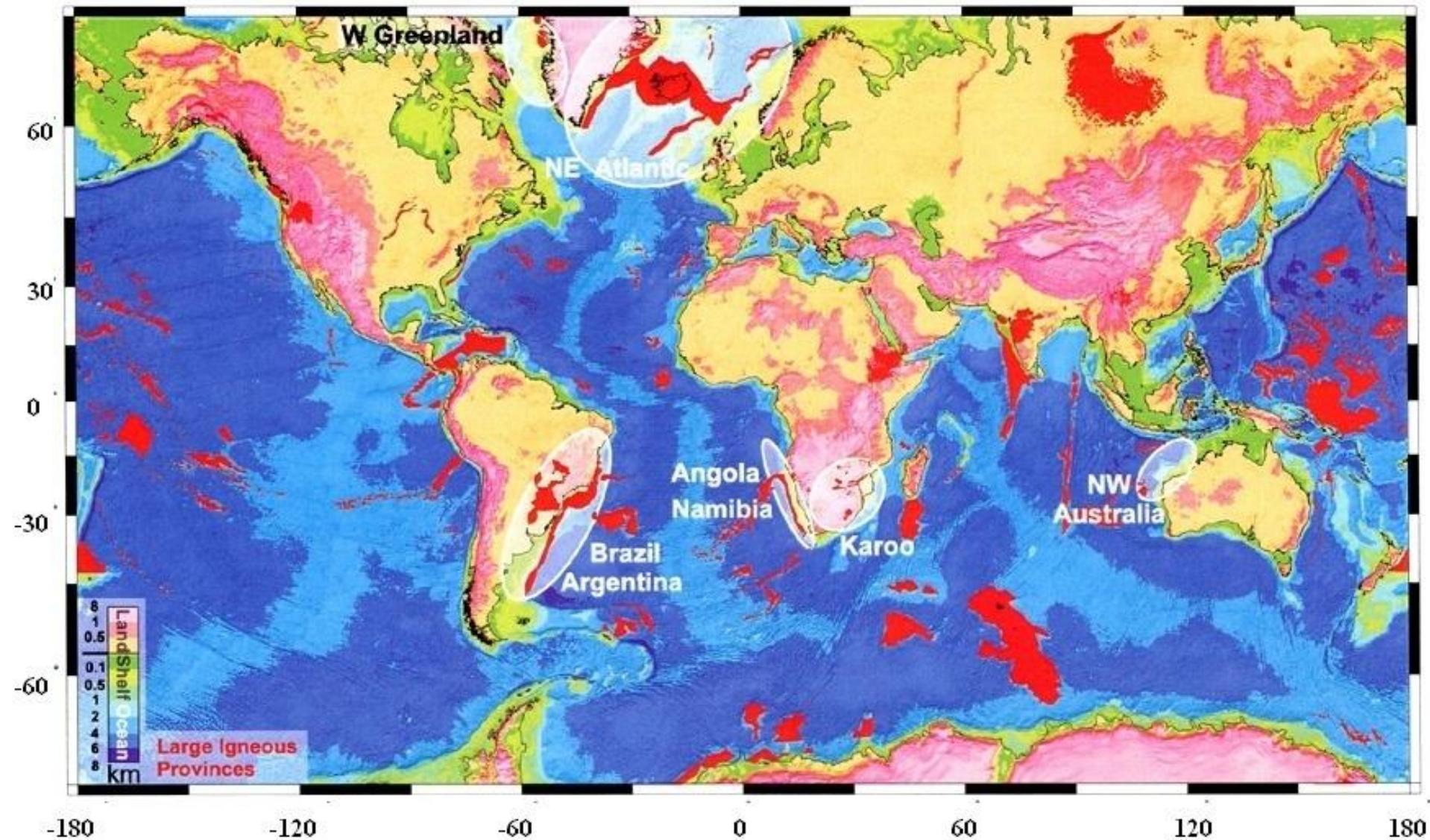
HISTORIA DE EVENTOS





Yo

EXTENSION DE LAVAS BASALTICAS



TAREA: PLATE TECTONICS

Elaborar un wiki : TECTOCLUB (16 estudiantes) con el siguiente material de referencia:

1. Deriva Continental (Continental Drift)
2. Expansión de los fondos oceánicos (Sea floor spreading)
3. Tectónica de Placas (Plate tectonics)
 - Bordes divergentes (divergent edges)
 - Bordes convergentes (convergent edges)
 - Fallas de transformación (Transform Faults)
 - Subduction zones, Dorsals, Hot spots, Black Chimneys
4. Tectónica de placas aplicada a Colombia.
5. Bajar de la red un video o una colección de diapositivas sobre tectónica de placas

TAREA: SISMICIDAD

- Elaborar un wiki: SISMOCLUB (16 estudiantes) con el siguiente material de referencia:
- Ondas de cuerpo: P Y S
- Ondas de superficie: Ondas Love y Raleigh
- Escalas de intensidad y de magnitud sísmica
- Localización de epicentros a partir de la diferencia en tiempo de llegada de las ondas P y S
- Determinación de la Magnitud a partir de la diferencia en tiempo de llegada de P y S y de la amplitud de la onda S en el sismograma .
- Tipo de sismógrafos. Red sismológica nacional.
- Zonificación sísmica del país y del Huila.

TAREA: TIPOS DE ACUIFEROS

- Elaborar un wiki: ACUICLUB (1 estudiantes) con el siguiente material de referencia
- Ciclo hidrológico
- Importancia del agua subterránea en el mundo.
- Explotación de agua subterránea en Colombia
- Clasificación de acuíferos (libres, confinados, colgados, etc), pozos artesianos.
- Nivel freático, mapas de nivel freático
- Nivel piezométrico
- Proyectos de inyección de agua en campos petrolíferos en el Huila.

Elaborar una wiki siguiendo el tutorial de Ana Basterra (anexo)

- Un wiki permite que se escriban artículos colectivamente (trabajo colaborativo) por medio de un lenguaje de wikitexto editado mediante un navegador. Una página wiki singular es llamada «página wiki», mientras que el conjunto de páginas (normalmente interconectadas mediante hipervínculos) es «el wiki».
- Actualmente, el wiki más grande que existe es la versión en inglés de Wikipedia
- Una característica que define la tecnología wiki es la facilidad con que las páginas pueden ser creadas y actualizadas. En general no hace falta revisión para que los cambios sean aceptados. La mayoría de wikis están abiertos al público sin la necesidad de registrar una cuenta de usuario