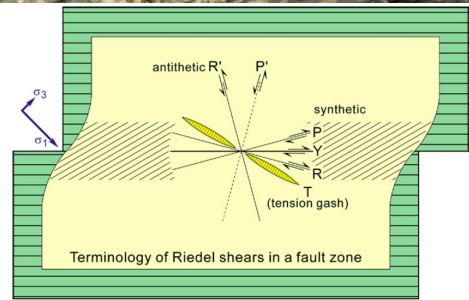


GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Curso 2023/2024



Tema 13:

Estructuras en regímenes de desgarre

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Grado en Ingeniería Geológica

Profesor: Carlos Fernández

Tema 13: ESTRUCTURAS EN REGÍMENES DE DESGARRE

- 1.- Desgarres y fallas de transferencia. Geometría y cinemática
- 2.- Procesos mecánicos de formación de fallas de desgarre
- 3.- Modelos teóricos y experimentales de desarrollo de estructuras de fracturación y plegamiento asociadas a los grandes desgarres
- 4.- Transpresión y transtensión: definición, modelos geométricos y cinemáticos, aplicaciones
- 5.- Desarrollo de fallas de desgarre en límites convergentes y divergentes de placas: el efecto del reparto de la deformación



Tema 13.- ESTRUCTURAS EN REGÍMENES DE DESGARRE

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- **Burg, J.P.** (2018): *Strike-slip and oblique-slip tectonics*. Script to Tectonics. ETH, Zürich, Research Collection. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000279495>
- **Davis, G.H., Reynolds, S.J. y Kluth, C.F.** (2012): *Structural Geology of Rocks and Regions*. John Wiley & Sons. Hoboken, New Jersey.
- **Fossen, H.** (2010): *Structural Geology*. Cambridge Univ. Press. Cambridge (UK). 463 p.
- **Hancock, P.L. (Ed.)** (1994): *Continental Deformation*. Pergamon Press. Oxford.
- **Marshak, S. y Mitra, G.** (1988): *Basic Methods of Structural Geology*. Prentice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey.
- **Twiss, R.J. y Moores, E.M.** (2007): *Structural Geology* (Second Edition). W.H. Freeman and Co. New York.
- **Van der Pluijm, B.A. y Marshak, S.** (2004): *Earth Structure* (Second Edition). W.W. Norton and Company. New York.



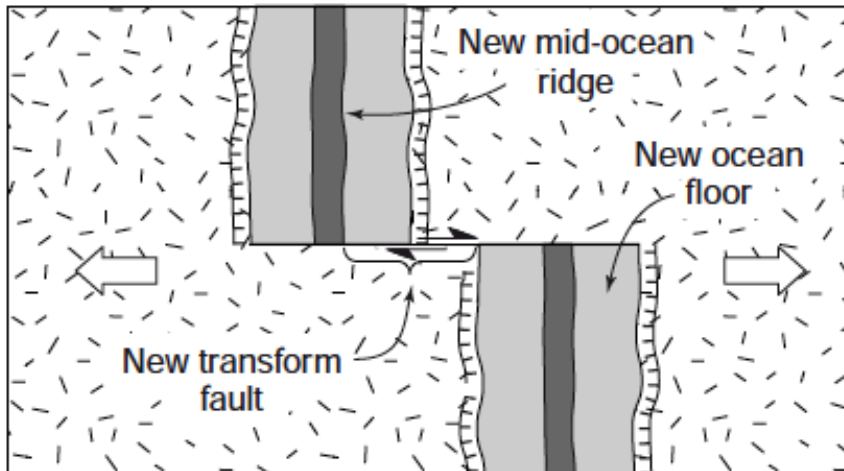
1. DESGARRES Y FALLAS DE TRANSFERENCIA: GEOMETRÍA Y CINEMÁTICA

Sobre la terminología

Fallas de desgarre son todas aquellas cuya componente de desplazamiento es única o esencialmente en dirección
(*wrench or strike-slip faults*)

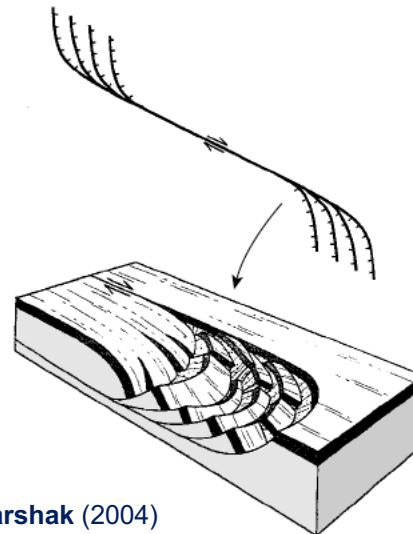
Pero conviene distinguir aquellas fallas cuya cinemática es de desgarre pero actúan como límites de placas:

Esas son las fallas transformantes
(*transform faults*) ...



... de aquellas otras que, no formando un límite de placas, difieren también en distintos aspectos cinemáticos de las fallas transformantes:

Esas son las fallas transcurrentes
(*transcurrent faults*)



- Terminan lateralmente
- Su desplazamiento es menor que su longitud
- El desplazamiento es mayor en la parte central
- Se nuclean en un punto y van creciendo mientras siguen activas



1. DESGARRES Y FALLAS DE TRANSFERENCIA: GEOMETRÍA Y CINEMÁTICA

¿Dónde encontramos los grandes desgarres?

En los límites de placas transformantes:
En los continentes



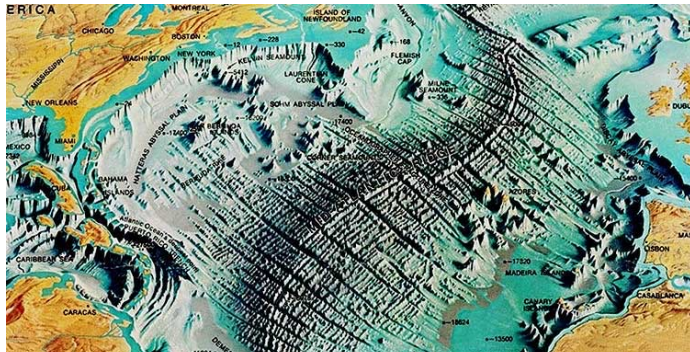
Rotura en el terreno tras el terremoto de San Francisco de 1906 (Falla de San Andrés, California)



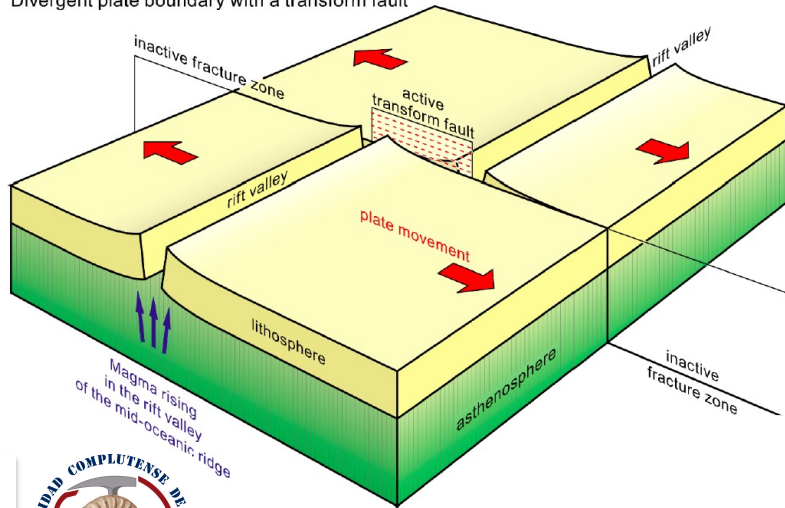
1. DESGARRES Y FALLAS DE TRANSFERENCIA: GEOMETRÍA Y CINEMÁTICA

¿Dónde encontramos los grandes desgarres?

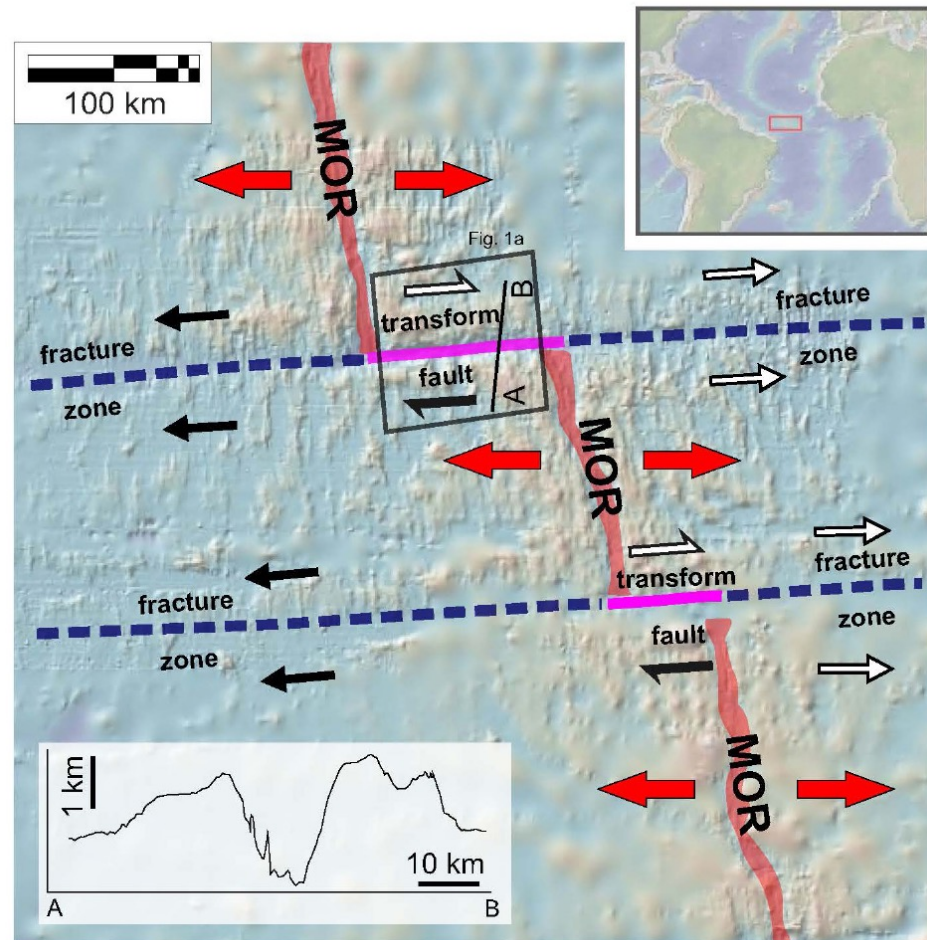
En los los segmentos transformantes que alternan con segmentos de dorsal en límites esencialmente divergentes (zonas oceánicas)



Divergent plate boundary with a transform fault



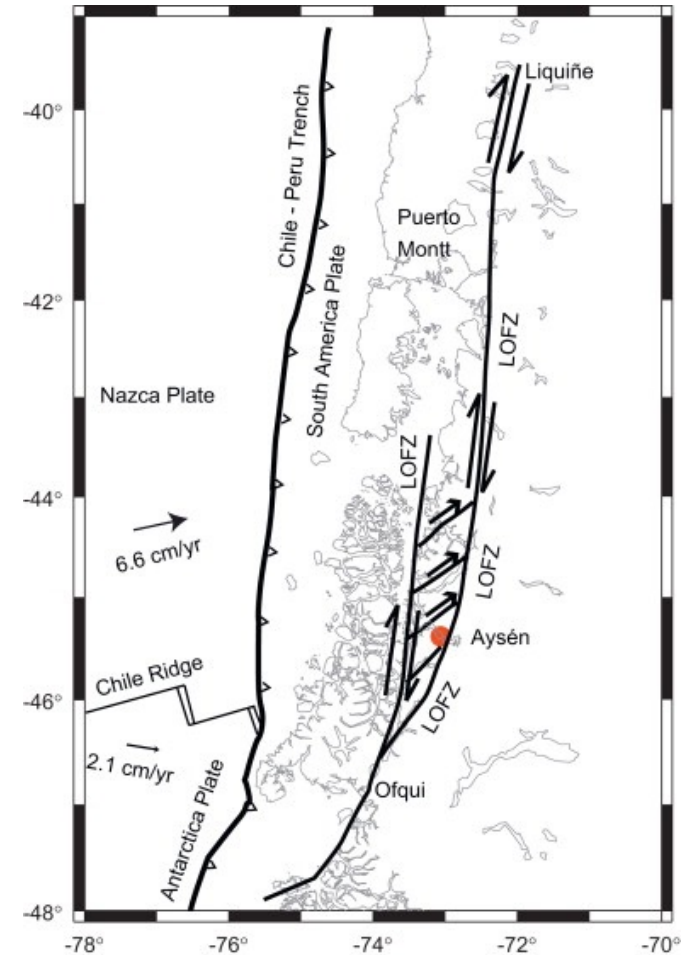
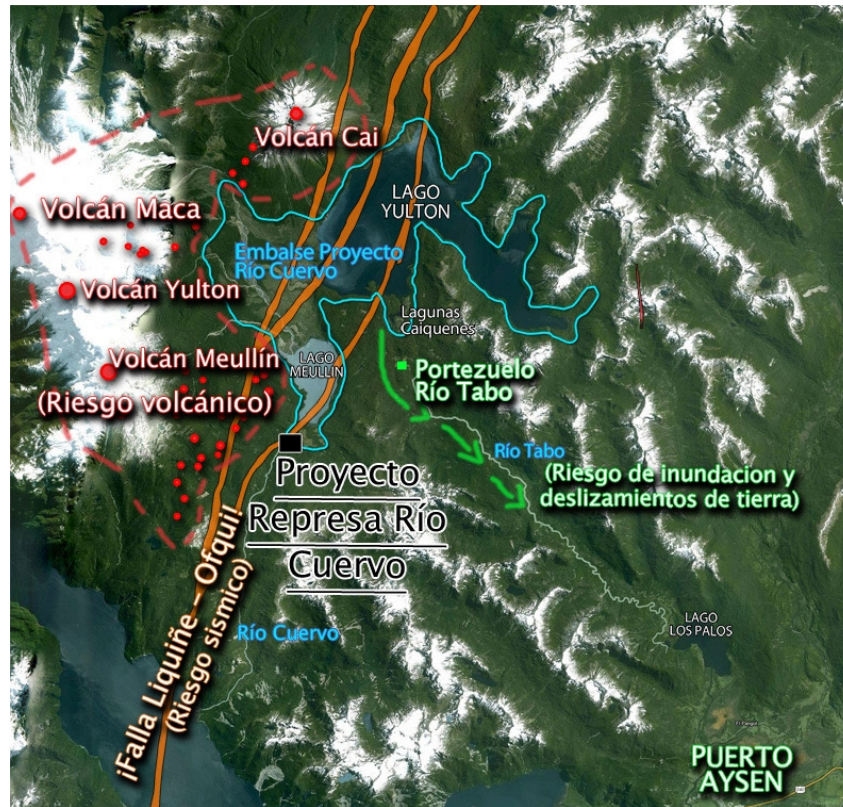
Burg (2020)



1. DESGARRES Y FALLAS DE TRANSFERENCIA: GEOMETRÍA Y CINEMÁTICA

¿Dónde encontramos los grandes desgarres?

En los límites convergentes de placas



Riesgos geológicos en relación con el proyecto de embalse de Río Cuervo (Chile)

El ejemplo de la falla Liquiñe-Ofqui (Andes meridionales)

Legrand et al. (2011)

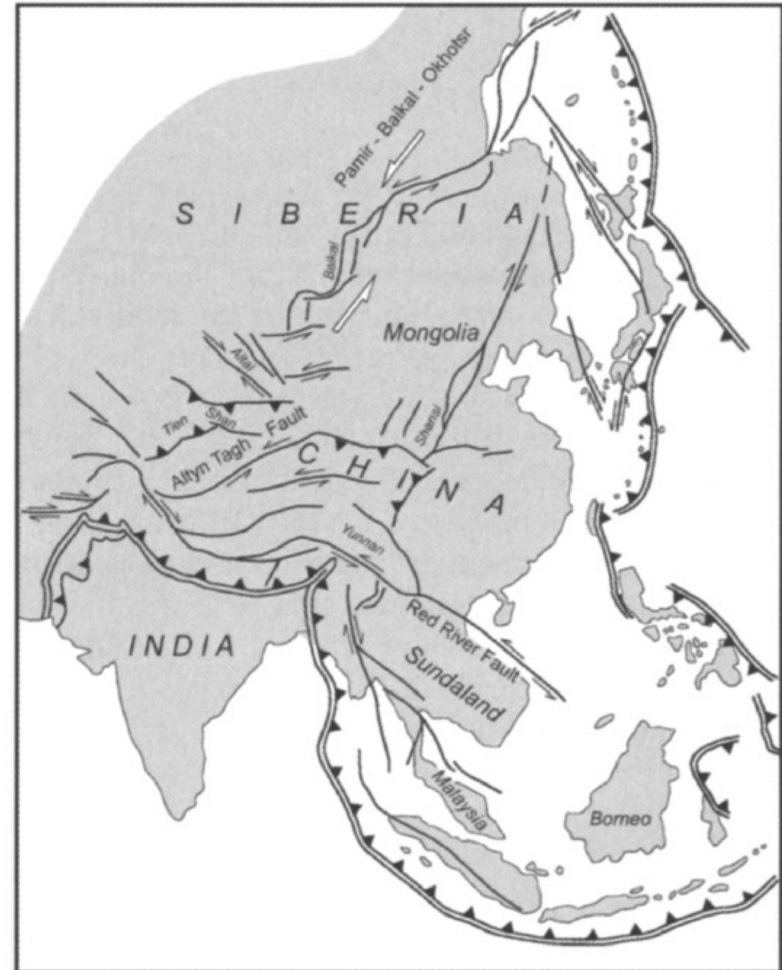
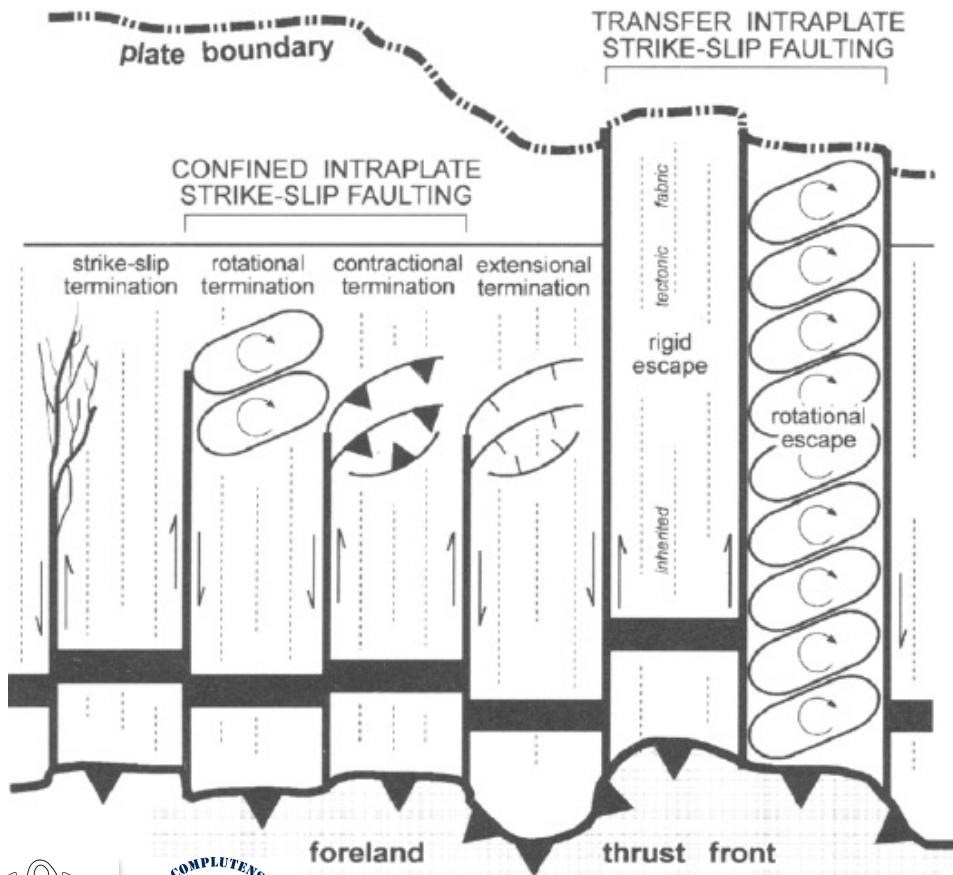


1. DESGARRES Y FALLAS DE TRANSFERENCIA: GEOMETRÍA Y CINEMÁTICA

¿Dónde encontramos los grandes desgarres?

Storti et al. (2003)

En zonas intraplaca

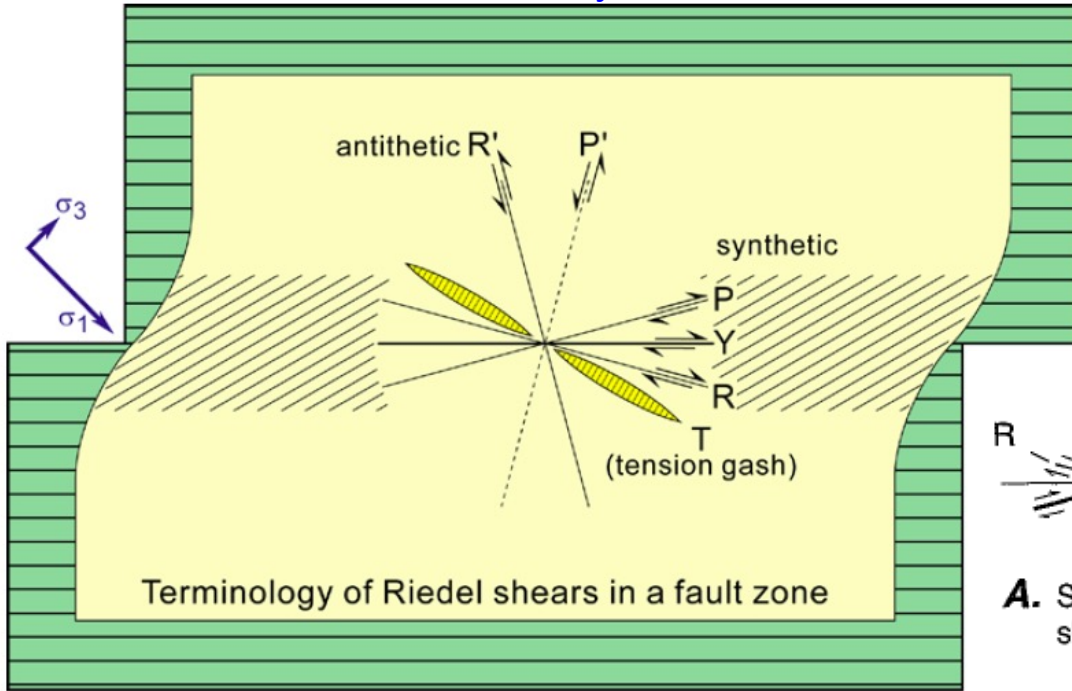


Los grandes desgarres del SE de Asia

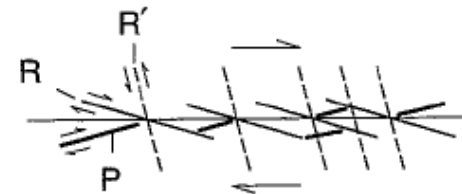


1. DESGARRES Y FALLAS DE TRANSFERENCIA: GEOMETRÍA Y CINEMÁTICA

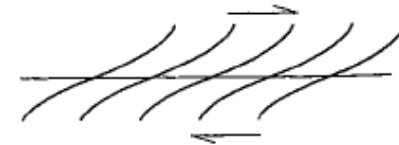
Geometría y cinemática: estructuras menores y asociadas



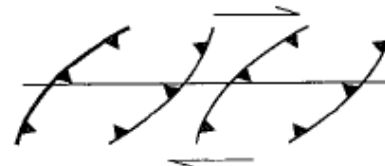
Burg (2018)



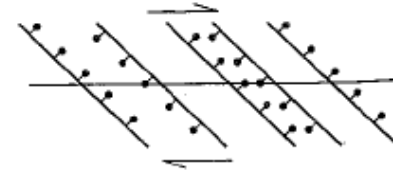
A. Subsidiary R, R', and P shear fractures



B. Folds



C. Thrust faults



D. Normal faults

Twiss y Moores (2007)



**Fracturas R, R', P, P', Y, T
Pliegues, fallas normales e inversas**

1. DESGARRES Y FALLAS DE TRANSFERENCIA: GEOMETRÍA Y CINEMÁTICA

Geometría y cinemática: efectos geomorfológicos

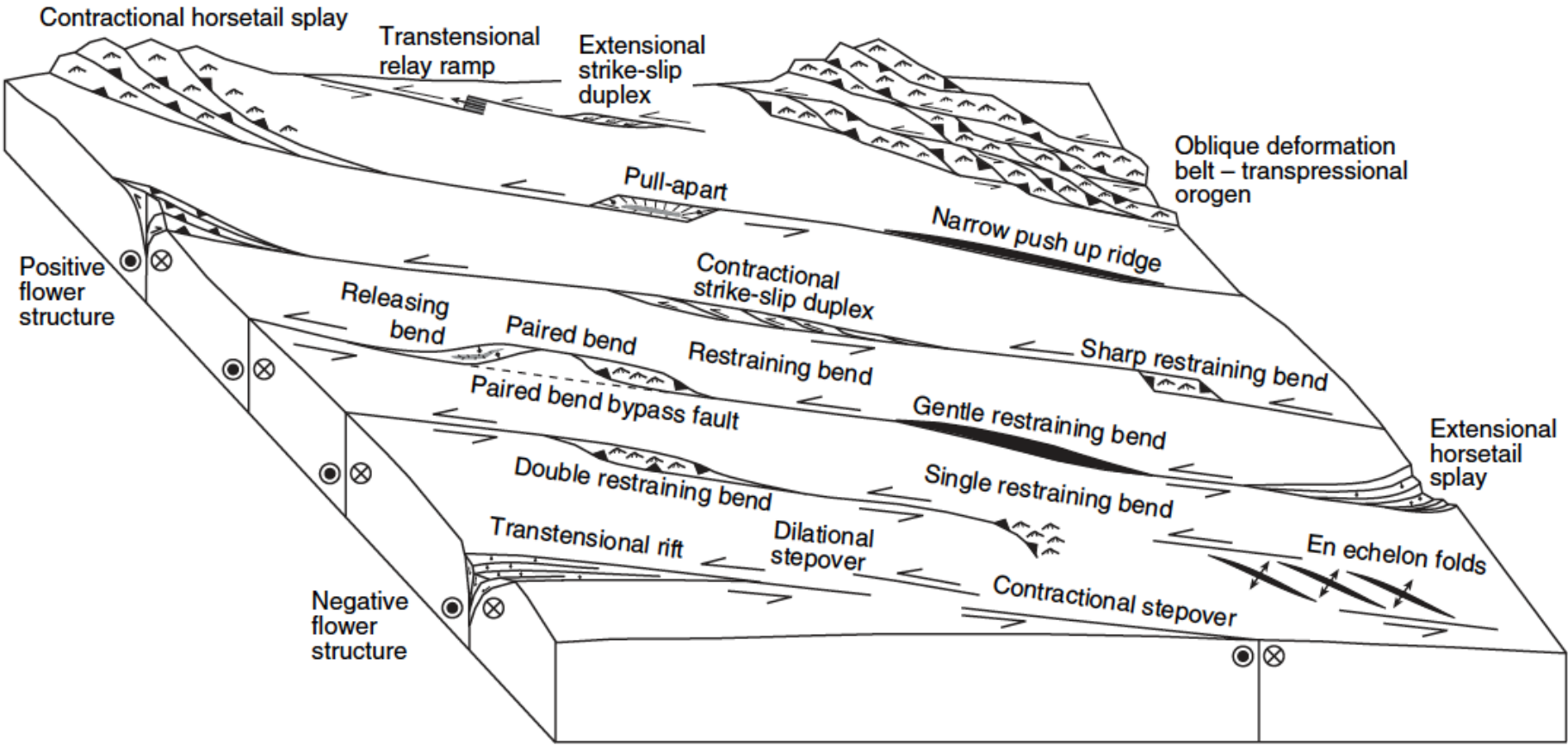


**Desviaciones en la
red fluvial
(Falla de San
Andrés)**



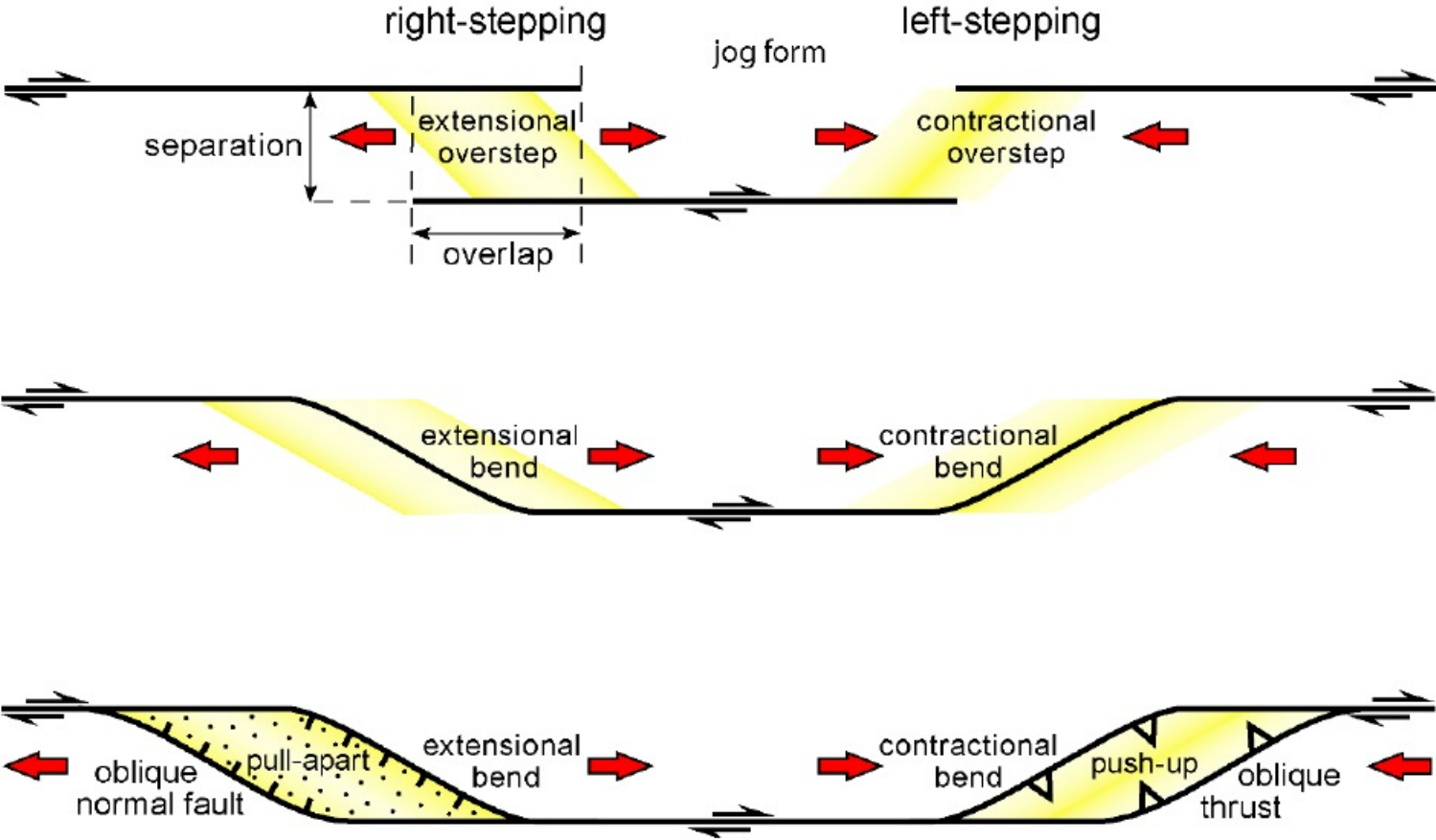
1. DESGARRES Y FALLAS DE TRANSFERENCIA: GEOMETRÍA Y CINEMÁTICA

Geometría y cinemática: complejidades



1. DESGARRES Y FALLAS DE TRANSFERENCIA: GEOMETRÍA Y CINEMÁTICA

Geometría y cinemática: complejidades



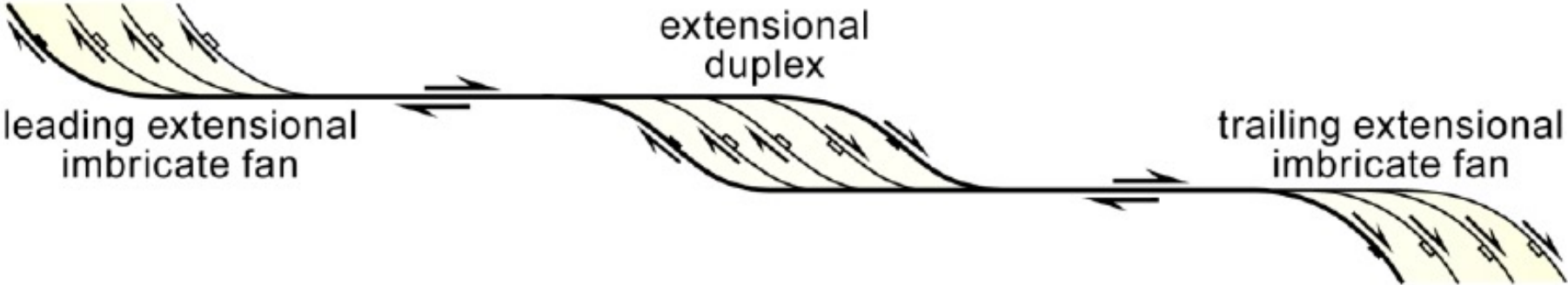
Restraining and releasing stepovers and bends



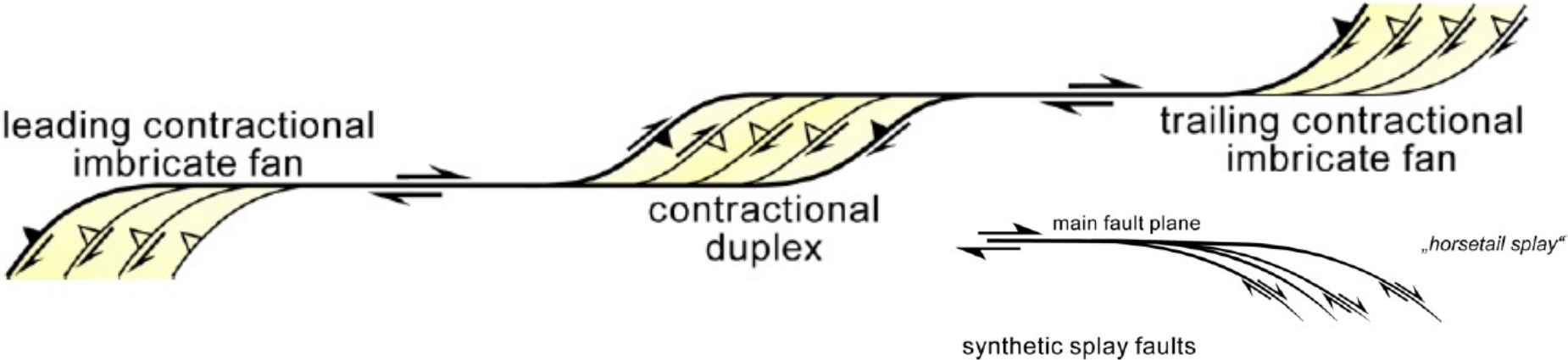
1. DESGARRES Y FALLAS DE TRANSFERENCIA: GEOMETRÍA Y CINEMÁTICA

Geometría y cinemática: complejidades

Map view of an idealized dextral strike-slip system



after Woodcock & Fischer (1986) *J. Struct. Geol.* 8(7) 725-735



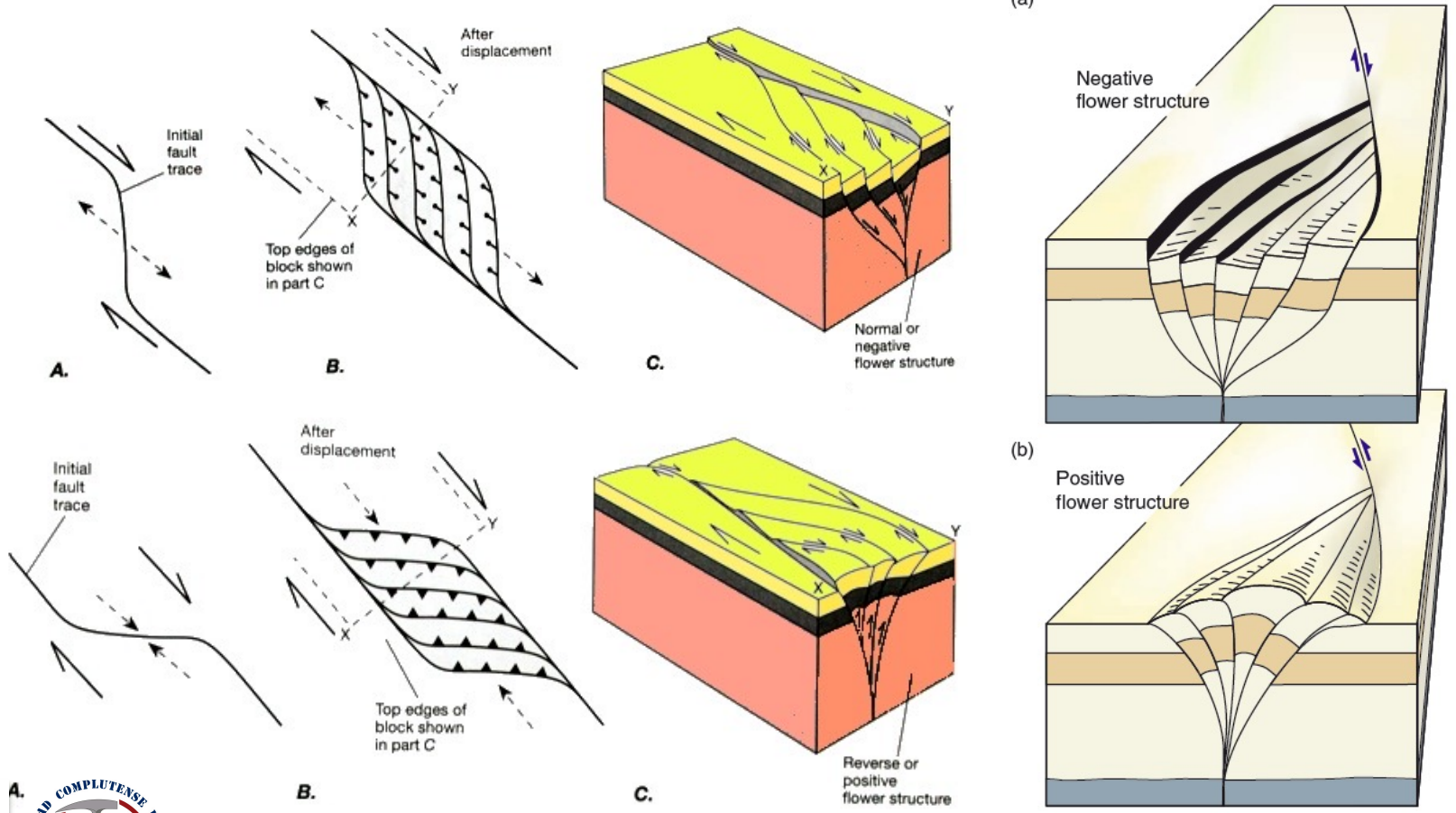
Duplex e imbricaciones de desgarre
Horsetail splay



1. DESGARRES Y FALLAS DE TRANSFERENCIA: GEOMETRÍA Y CINEMÁTICA

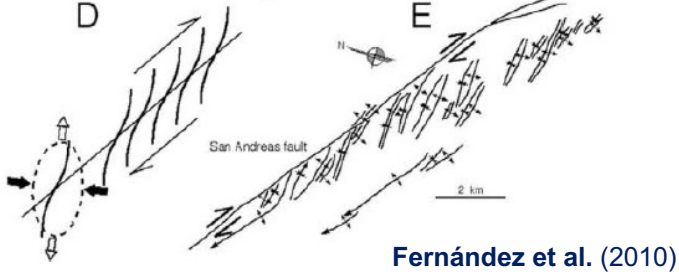
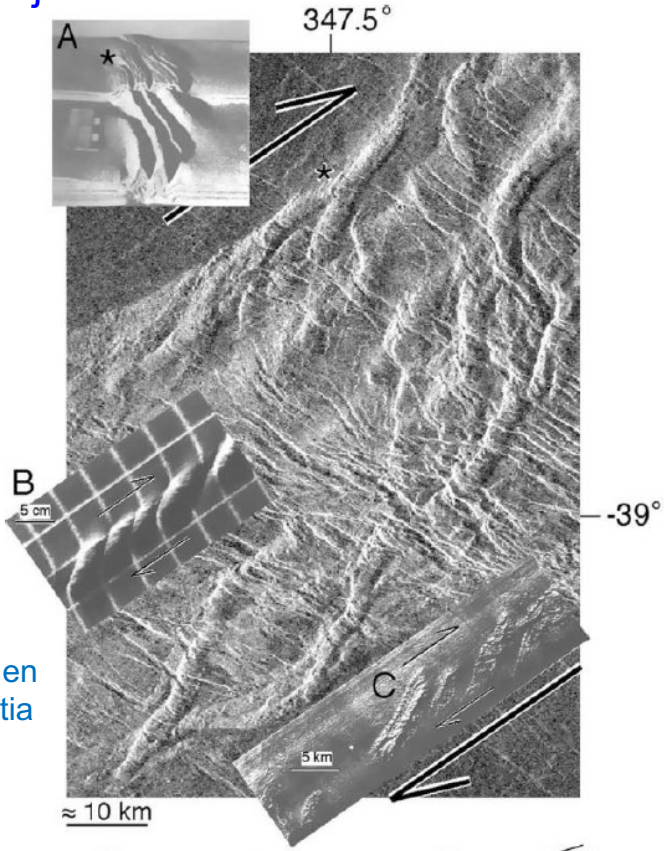
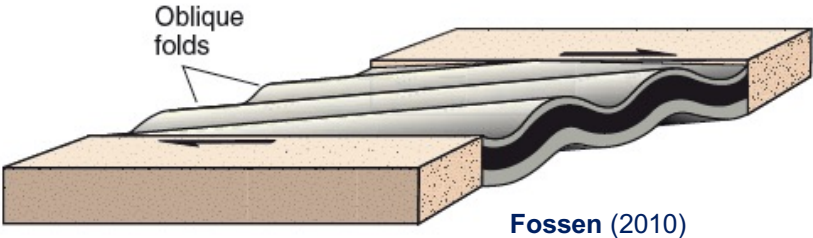
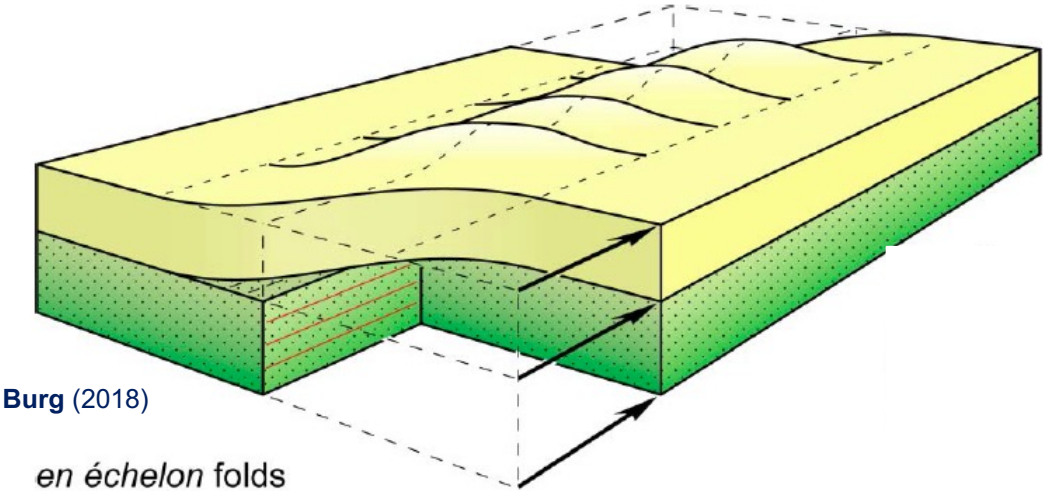
Geometría y cinemática: complejidades

Estructuras “en flor” o “en palmera”
negativas (arriba, *releasing bend*) y positivas (abajo, *restraining bend*)



1. DESGARRES Y FALLAS DE TRANSFERENCIA: GEOMETRÍA Y CINEMÁTICA

Geometría y cinemática: complejidades



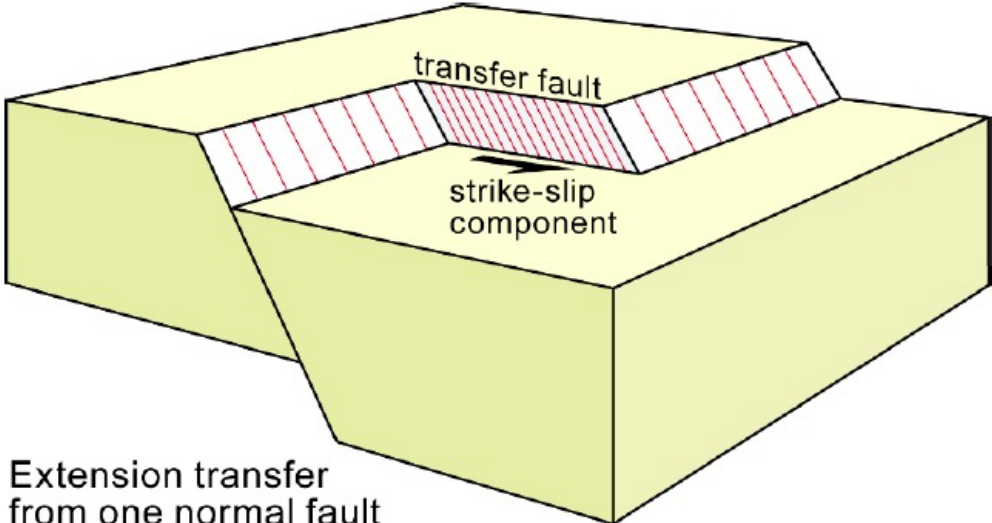
Pliegues escalonados (en échelon)



1. DESGARRES Y FALLAS DE TRANSFERENCIA: GEOMETRÍA Y CINEMÁTICA

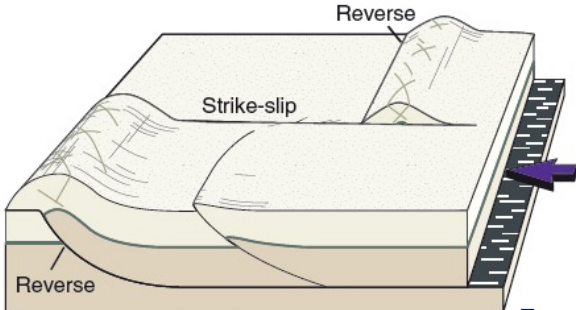
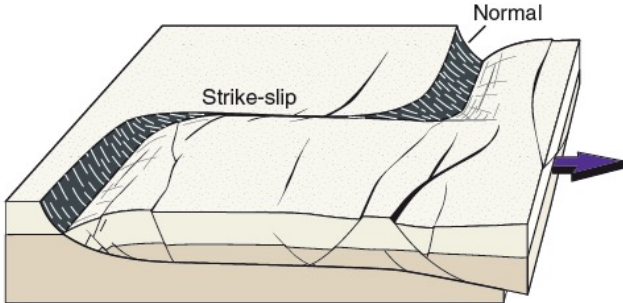
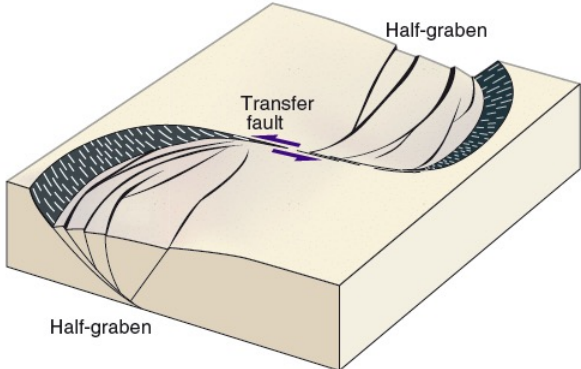
Geometría y cinemática: complejidades

Transfiere el desplazamiento entre dos estructuras similares (de cualquier cinemática), no coplanares



Extension transfer from one normal fault to another normal fault through a transfer fault

Burg (2018)



Fallas de transferencia (transfer faults)

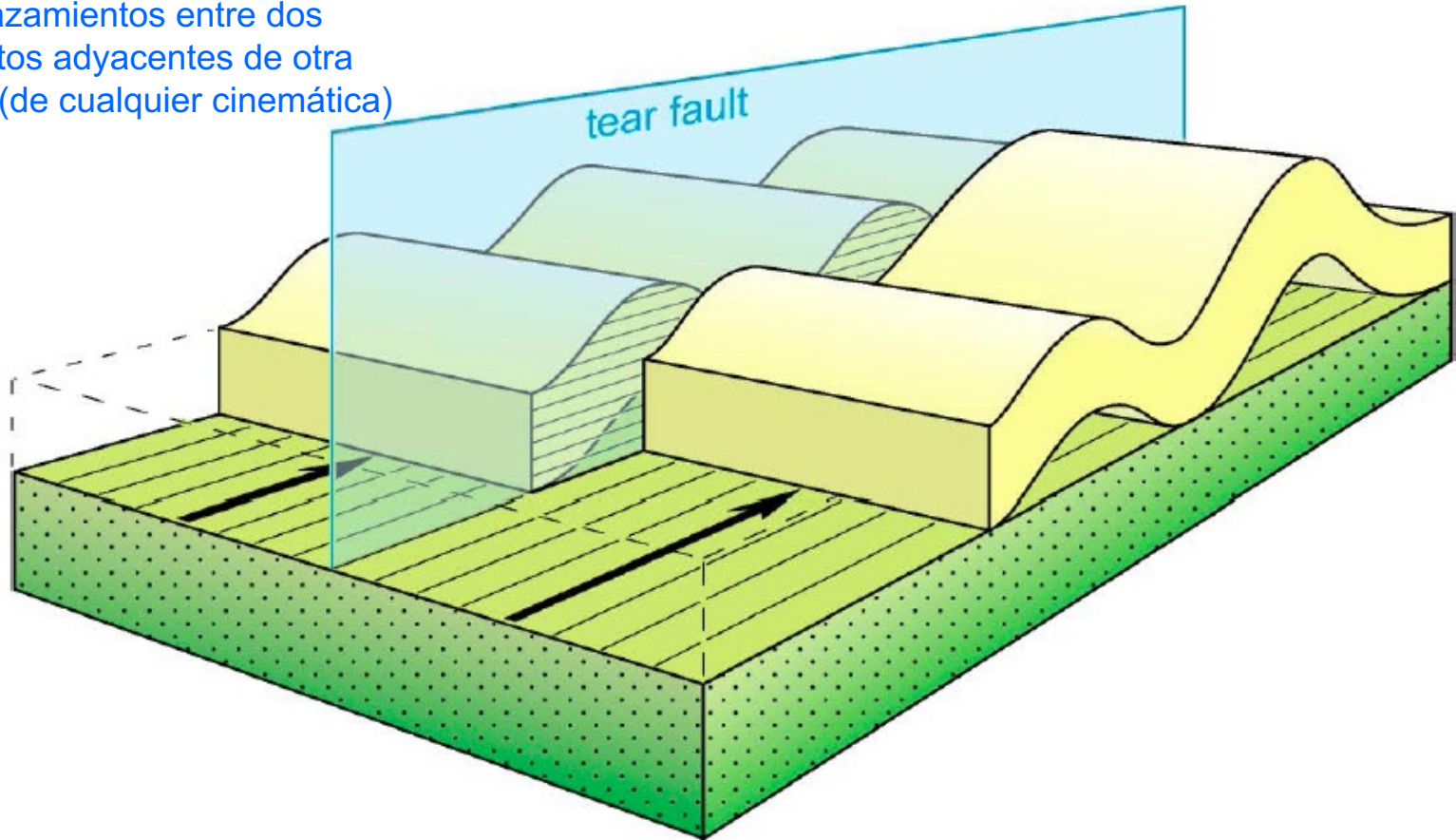
Fossen (2010)



1. DESGARRES Y FALLAS DE TRANSFERENCIA: GEOMETRÍA Y CINEMÁTICA

Geometría y cinemática: complejidades

Acomoda diferentes desplazamientos entre dos segmentos adyacentes de otra estructura (de cualquier cinemática)



Tear fault

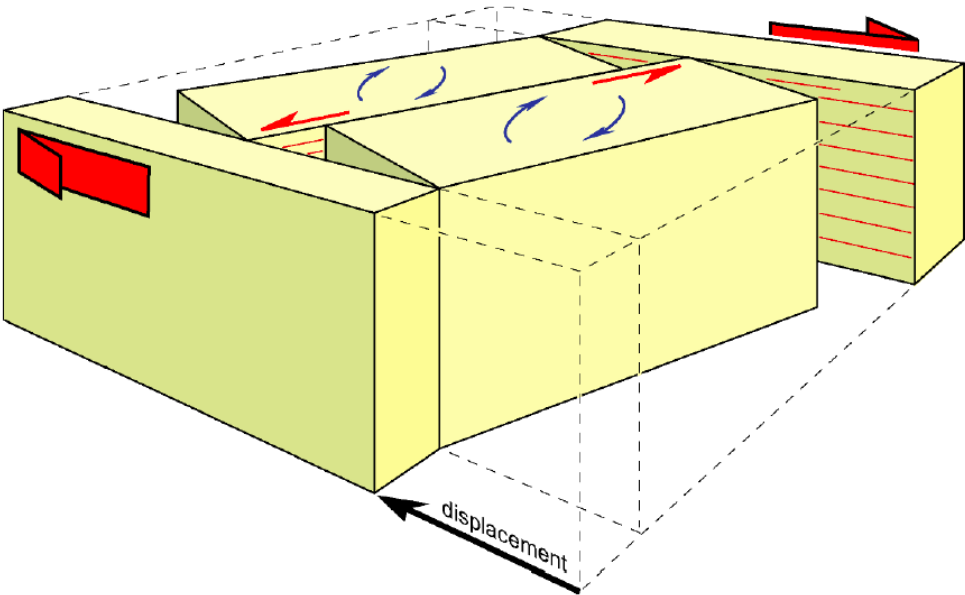


1. DESGARRES Y FALLAS DE TRANSFERENCIA: GEOMETRÍA Y CINEMÁTICA

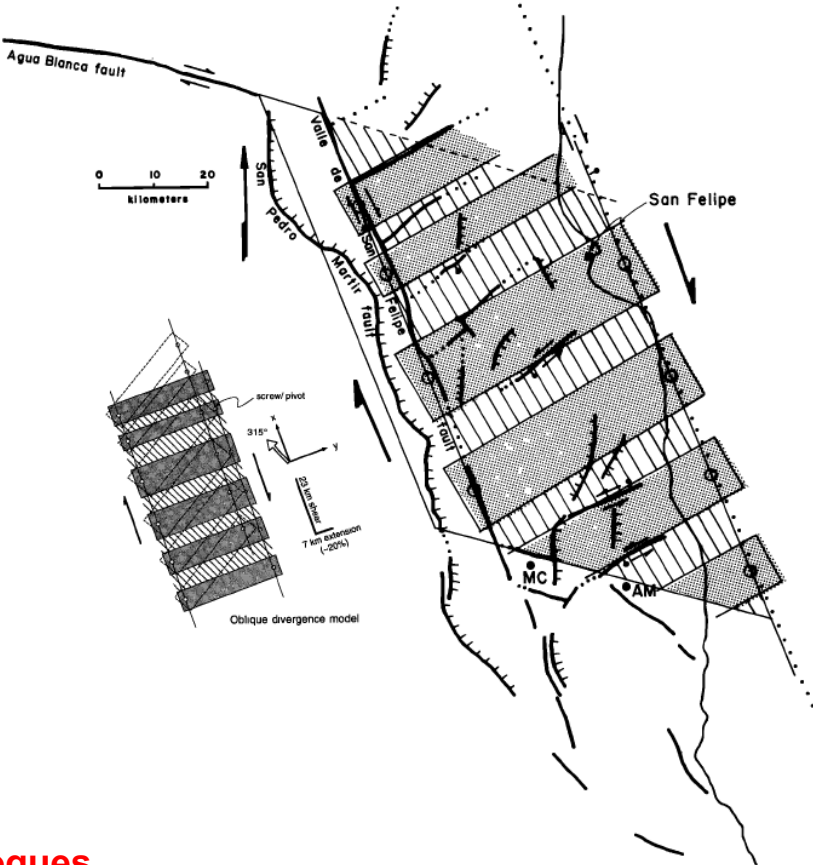
Geometría y cinemática: complejidades

Rotación de bloques en la Sierra de San Felipe (Baja California, México)

Clockwise block rotation in a dextral wrench zone



Burg (2018)



Rotación de bloques

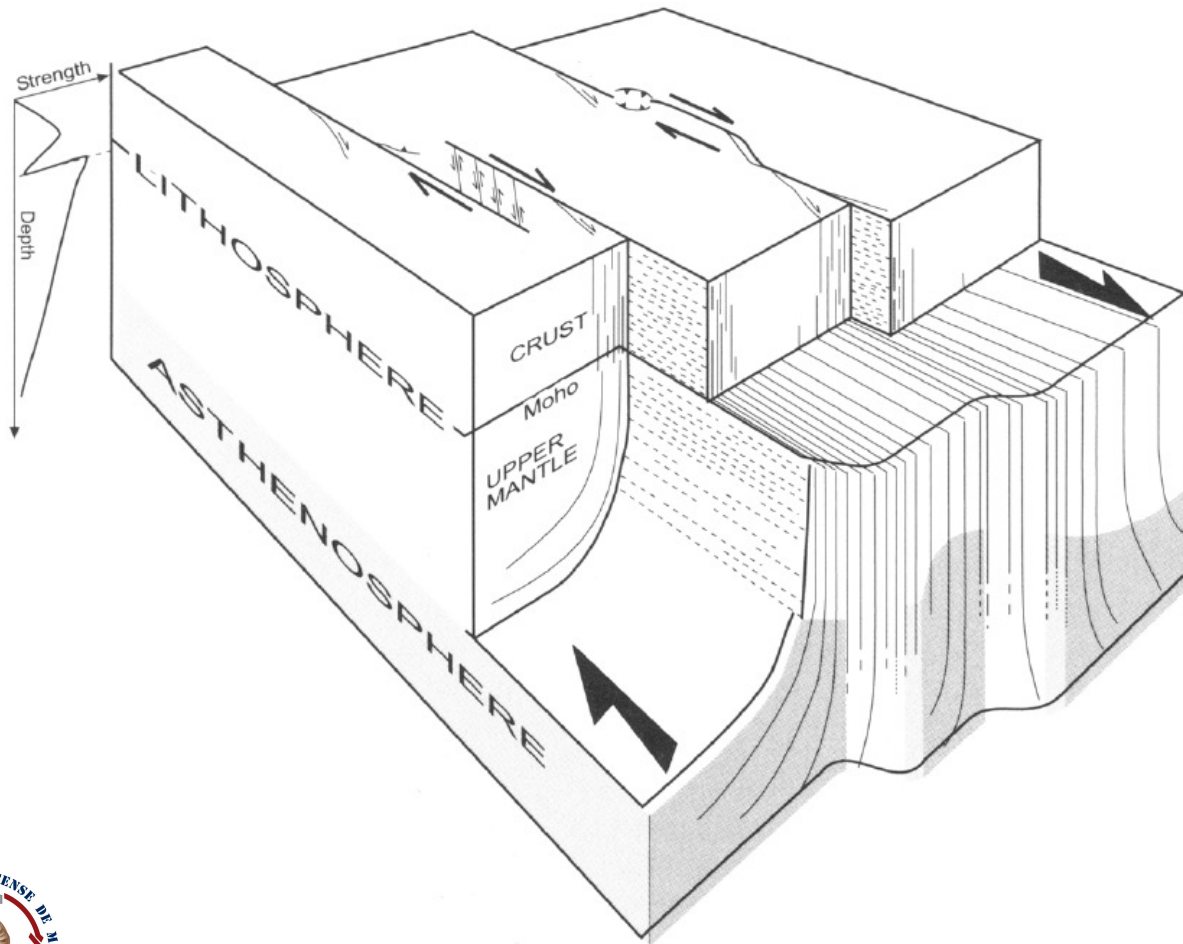
Lewis y Stock (1998)



2. PROCESOS MECÁNICOS DE FORMACIÓN DE FALLAS DE DESGARRE

Condiciones mecánicas para la formación de desgarres

Esquema de resistencia frente a profundidad

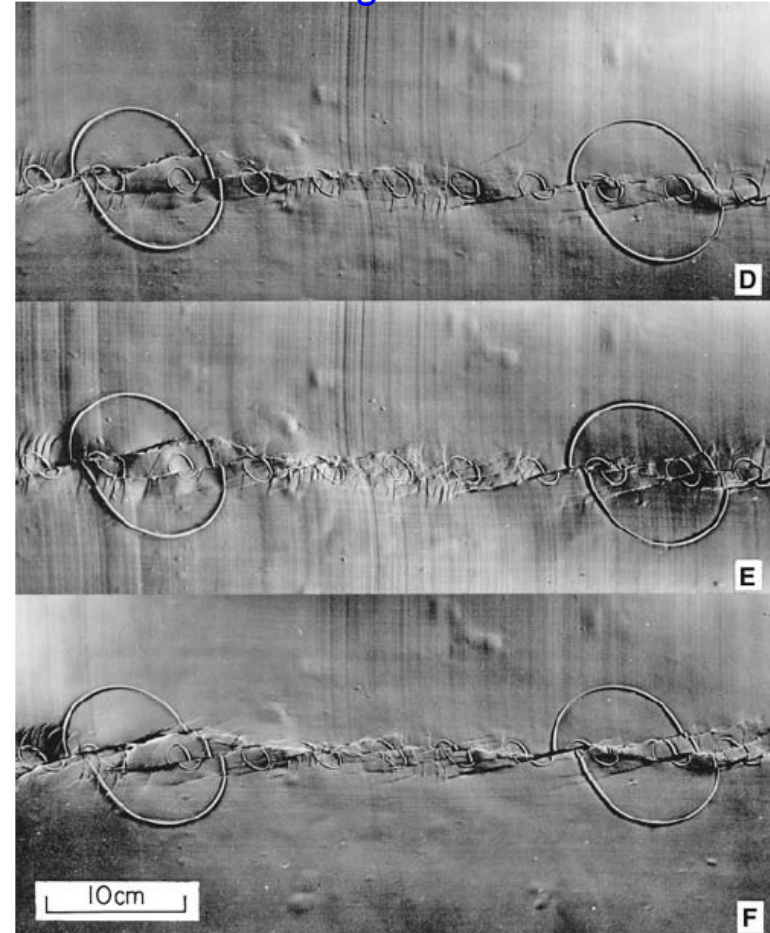
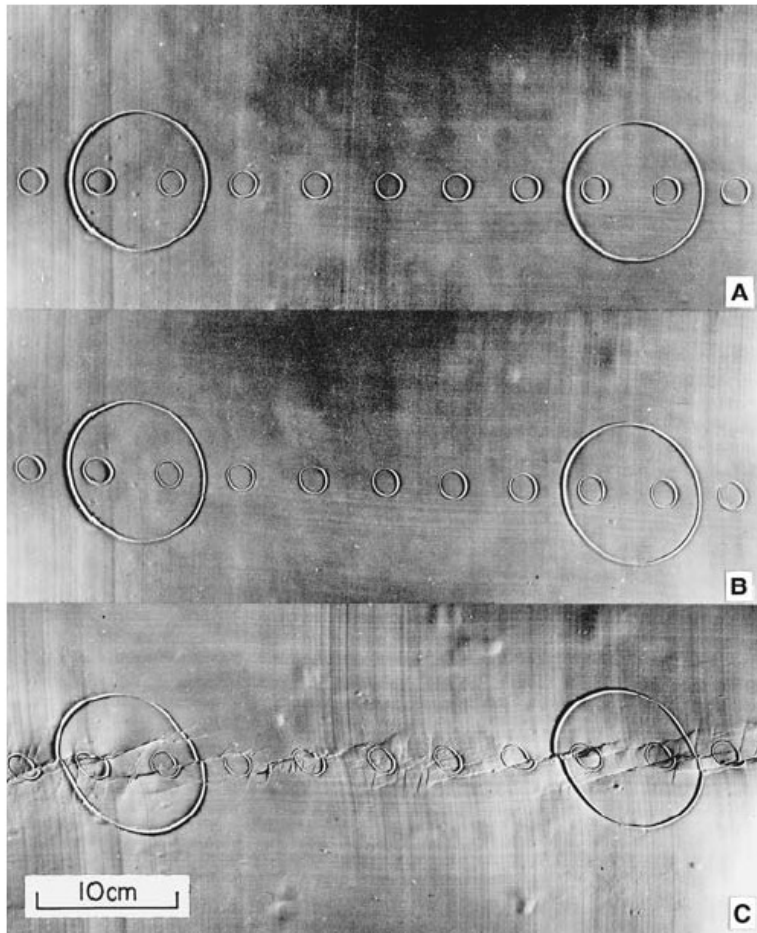


Modelo esquemático mostrando un gran desgarre que afecta a toda la litosfera. Las fallas de la corteza superior pasan en profundidad a zonas de cizalla más anchas. Las líneas discontinuas representan lineaciones paralelas a la dirección del desplazamiento.



3. MODELOS TEÓRICOS Y EXPERIMENTALES

Modelos analógicos clásicos con arcillas y materiales similares simulando el desarrollo de estructuras menores asociadas a los desgarres



Experimento de Wilcox et al. (1973)

Davis et al. (2012)

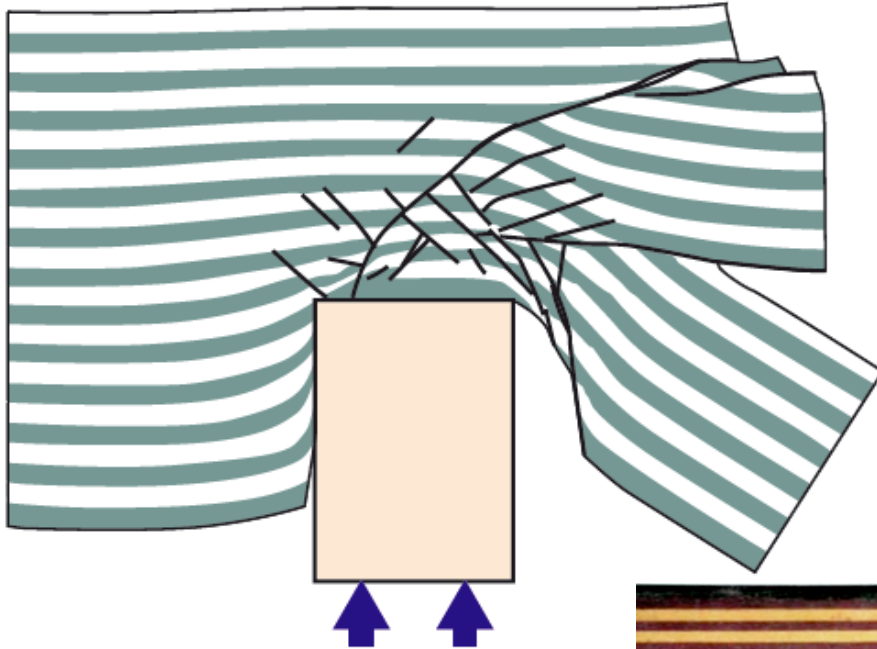


3. MODELOS TEÓRICOS Y EXPERIMENTALES

Modelos analógicos clásicos simulando deformaciones a gran escala

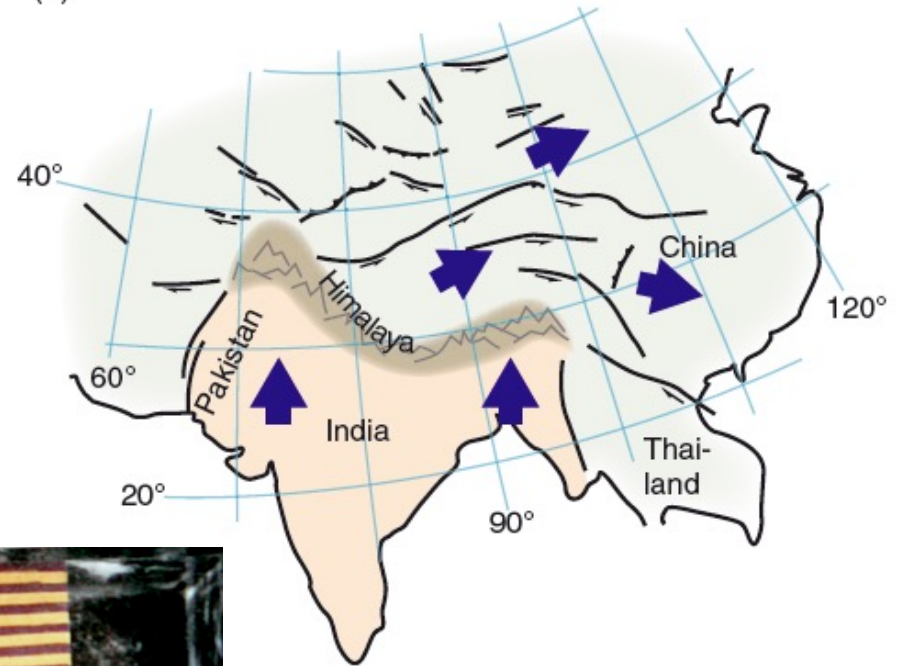
Experimento de Tapponier et al. (1986)

(a)



Fossen (2010)

(b)

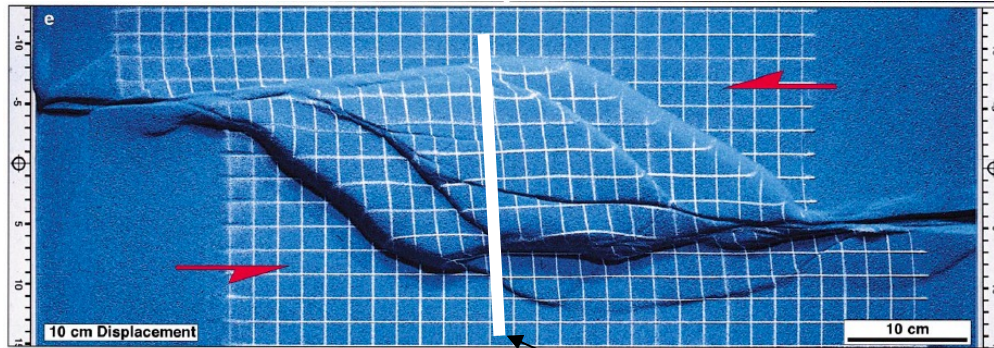


3. MODELOS TEÓRICOS Y EXPERIMENTALES

Modelos analógicos clásicos simulando deformaciones a distintas escalas

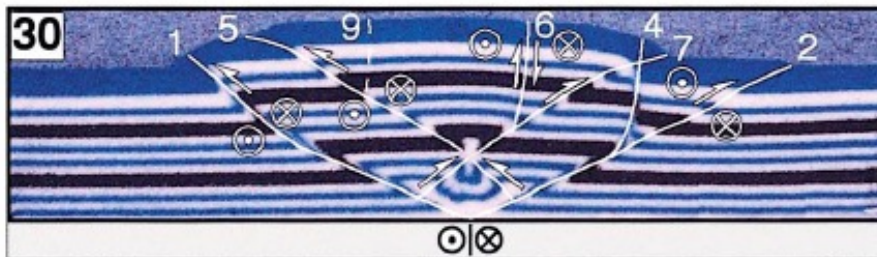
Estructuras en *bends* o *stepovers*

Estructuras *push-up* asociadas a un *restraining stepover*
(modelo analógico)

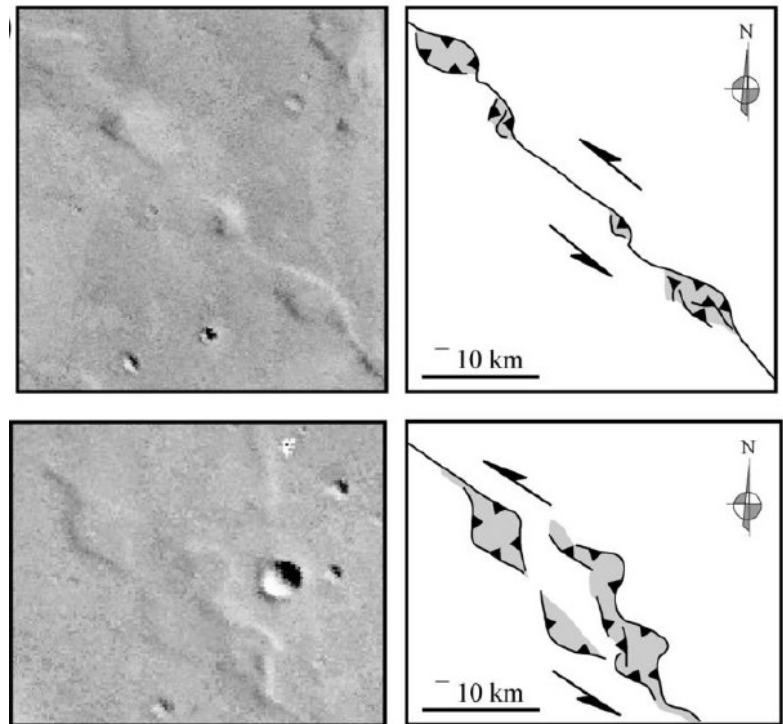


McClay y Bonora (2001)

Sección 30



Estructuras *push-up* en Nectaris Fossae (Marte)



Anguita et al. (2006)



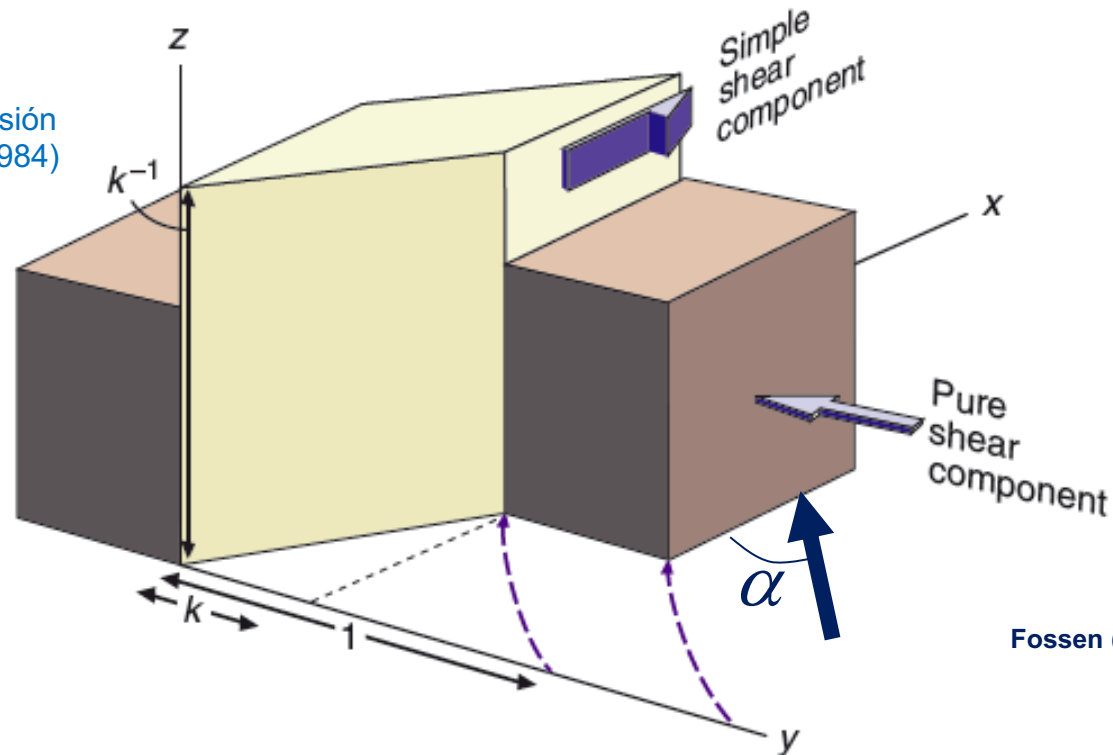
4. TRANSPRESIÓN Y TRANSTENSIÓN

Definición

El término de transpresión fue utilizado por primera vez por Harland (1971) en sus estudios sobre el cinturón caledónico noruego.

Luego fue desarrollado y definido con más rigor por Sanderson y Marchini (1984)

Modelo sencillo de transpresión de Sanderson y Marchini (1984)



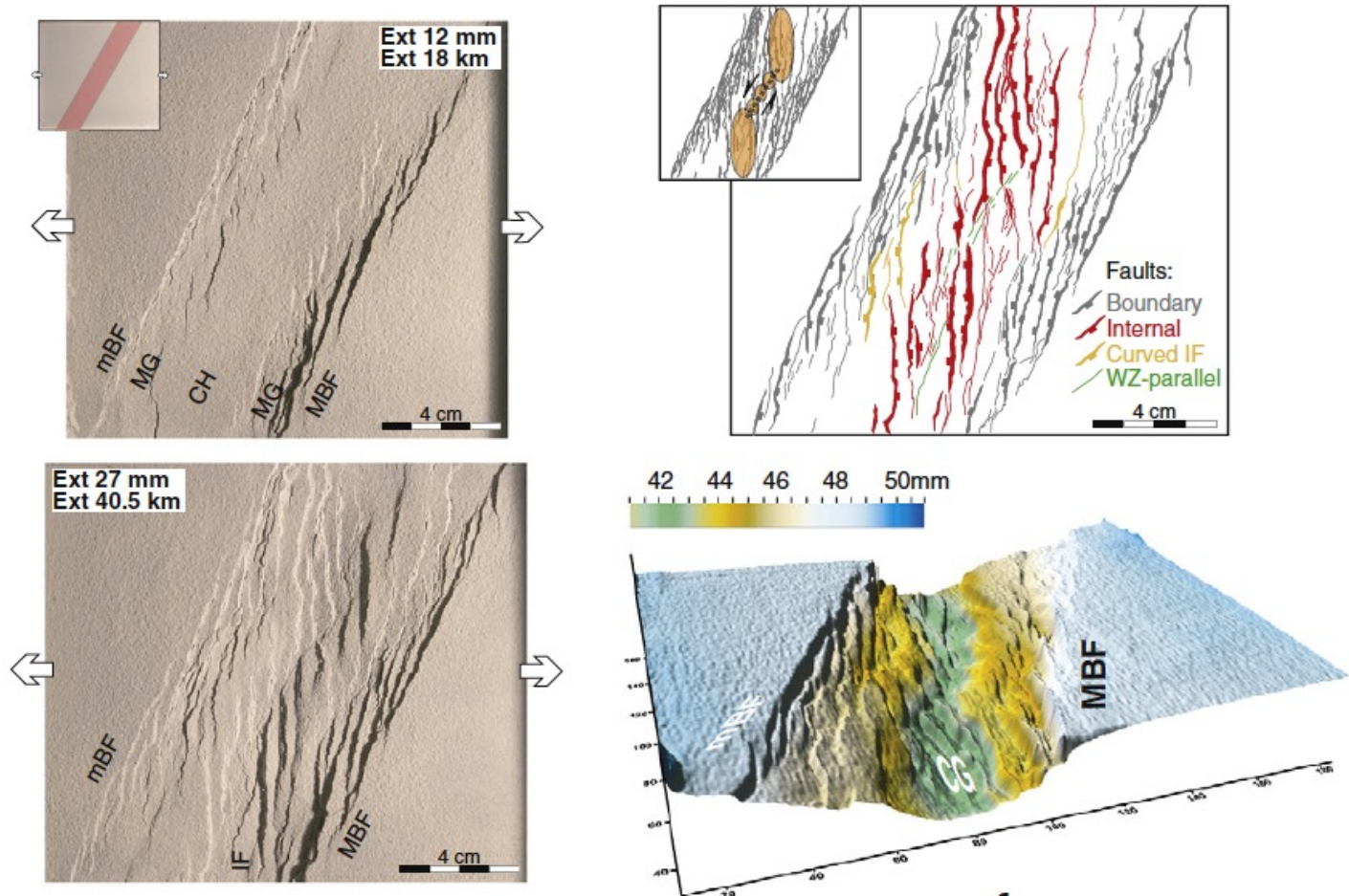
Fossen (2010)

Definición de Fossen (2010): Transpresión (transtensión) es la combinación simultánea de movimiento en dirección o cizalla simple a lo largo de una estructura y acortamiento (extensión) perpendicular a ella.



4. TRANSPRESIÓN Y TRANSTENSIÓN

Aplicaciones

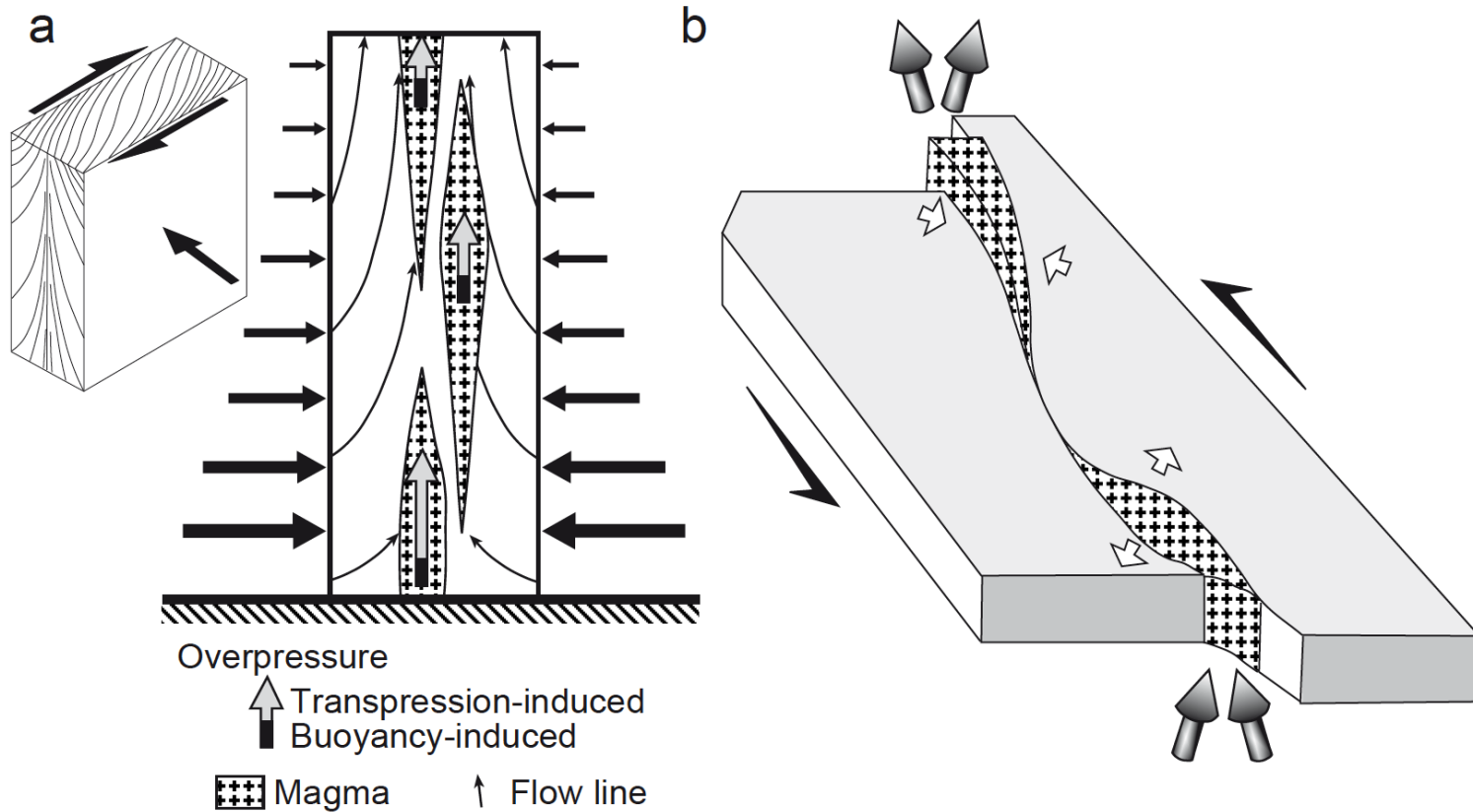


Como guía de modelos analógicos y numéricos que permitan comprender mejor la evolución geométrica y cinemática de las zonas de deformación ...



4. TRANSPRESIÓN Y TRANSTENSIÓN

Aplicaciones



... para entender el movimiento de magmas y fluidos (mineralizaciones) en zonas de cizalla ...

e.g., Thompson et al. (1997)



5. FALLAS DE DESGARRE EN LÍMITES CONVERGENTES Y DIVERGENTES: EL REPARTO DE LA DEFORMACIÓN

Reparto de la deformación (*strain partitioning*):

Es la descomposición interna de la deformación total dentro de una zona deformada en subzonas o dominios con diferentes tipos de deformación

