

PROBLEMÁTICAS ASOCIADAS CON GRANDES REPRESAS

Una perspectiva geoambiental



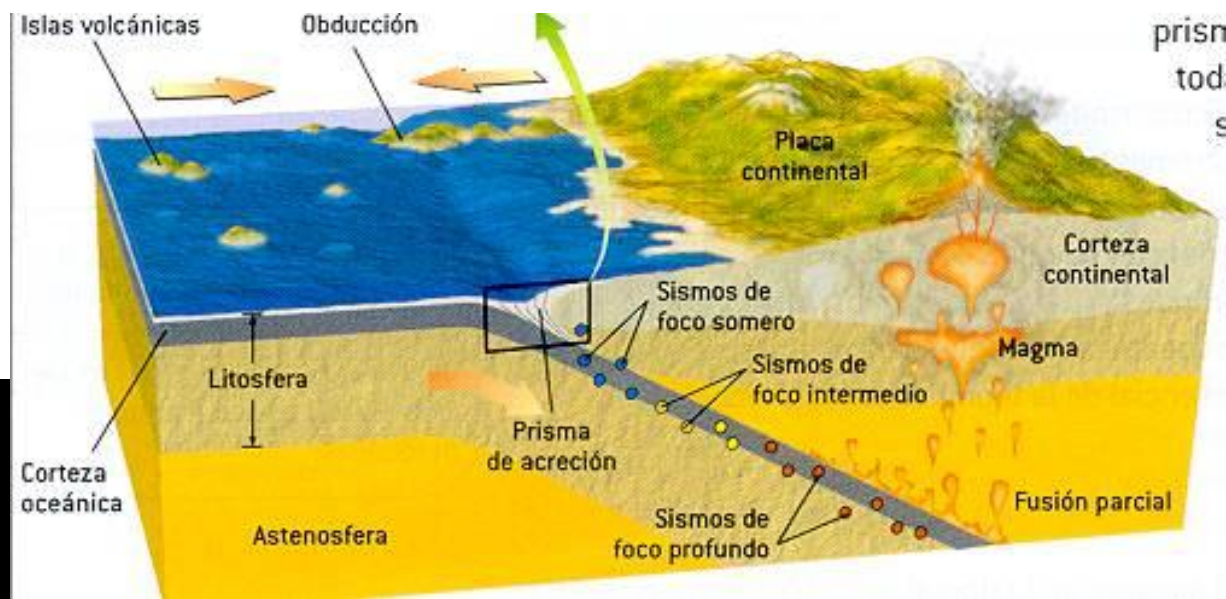
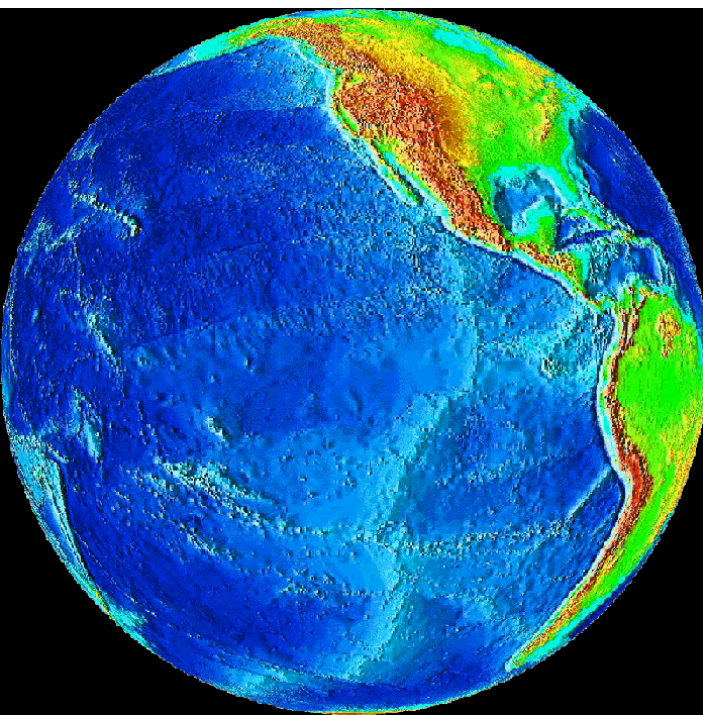
www.terraageoambiental.org
info@terraageoambiental.org

Julio Fierro Morales
Geólogo MSc Geotecnia U.N.
Docente Facultad Ingeniería
UNIVERSIDAD NACIONAL DE
COLOMBIA.



Las fallas geológicas:

Componentes de la naturaleza de las rocas que se relacionan con sismos y con el paso del agua



Los Andes son muy complejos geológicamente

Structure and tectonics of the central segment of the Eastern Cordillera of Colombia

Cortés, M., Colletta, B. & J. Angelier. 2006.

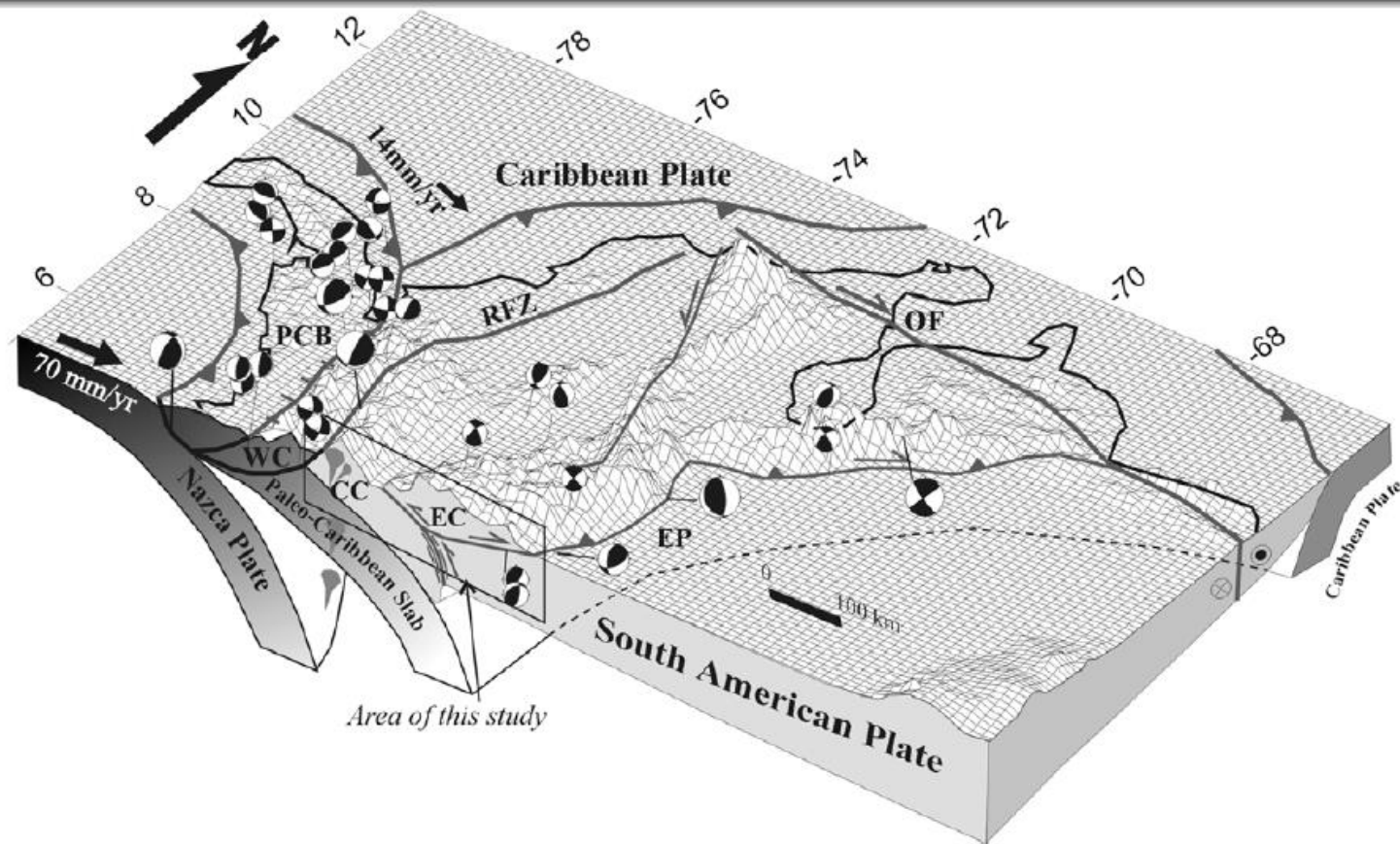
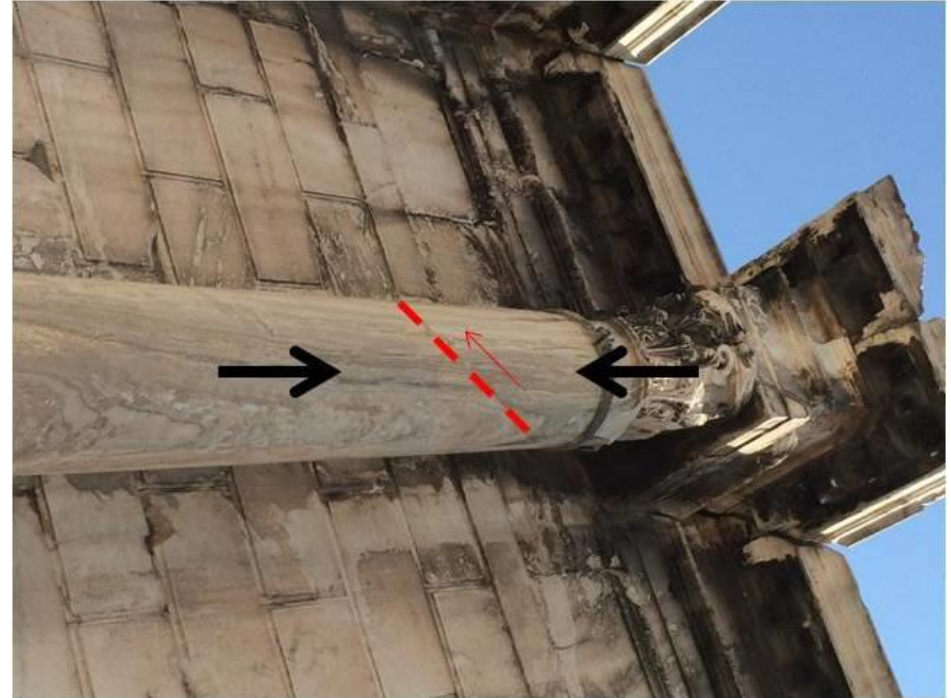
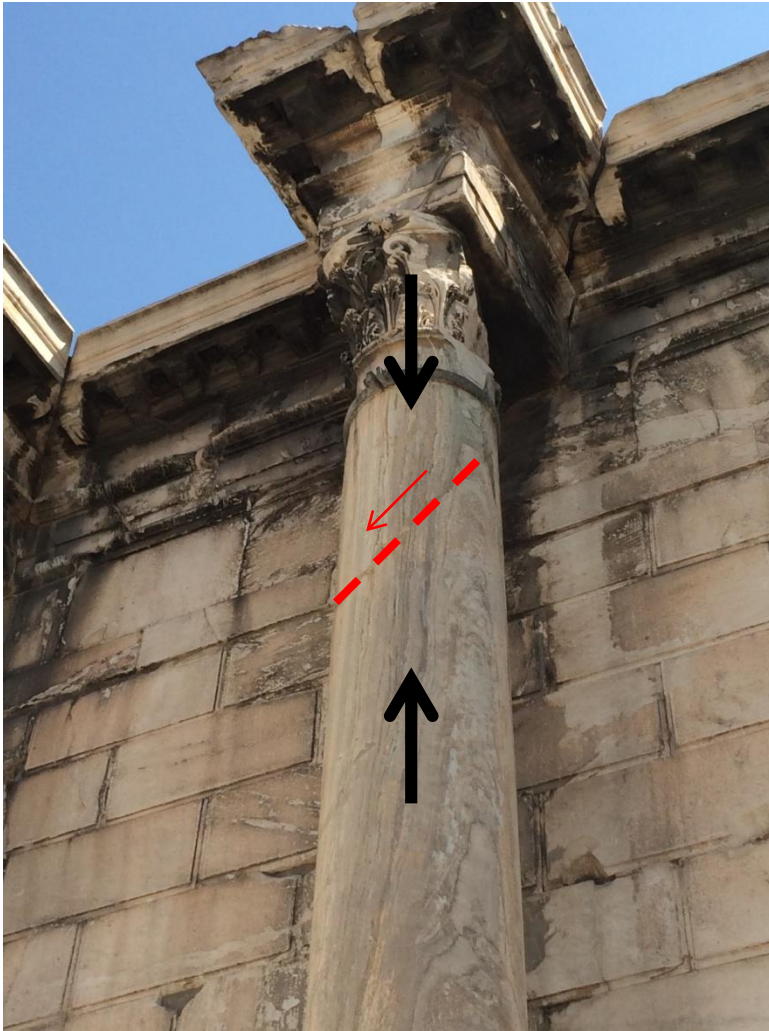


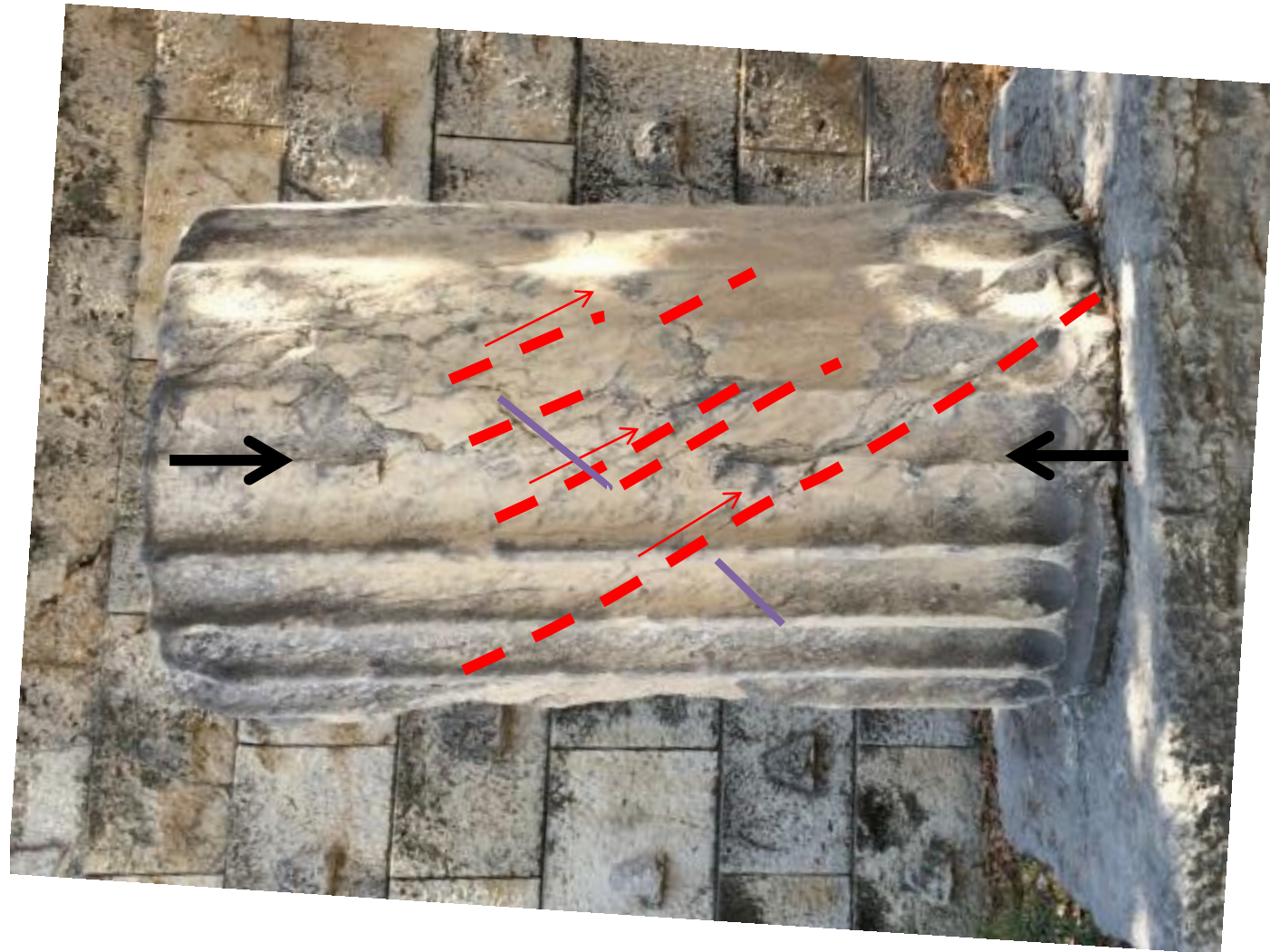
Fig. 24. Schema of the geodynamics of the northern Andes accounting for the structure of the EC of Colombia. Subduction of the Caribbean plate beneath the axial zone of the EC. The Nazca plate interacts with the western oceanic complex, whereas the Caribbean plate influences the EC. PCB, Panama-Choco block; WC, Western Cordillera; CC, Central Cordillera; EC, Eastern Cordillera; EP, Eastern plains; RF, Romeral fault; OF, Oca fault. Adapted from McCourt et al. (1984), Colletta et al. (1990), Taboada et al. (2000), and Cortés (2004).

FALLA NORMAL



Esfuerzo principal vertical

FALLA INVERSA

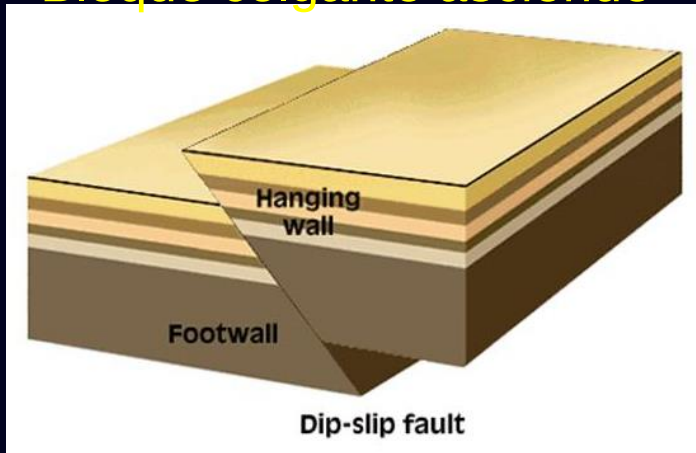


Esfuerzo principal horizontal

Estructuras: Tipos de fallas

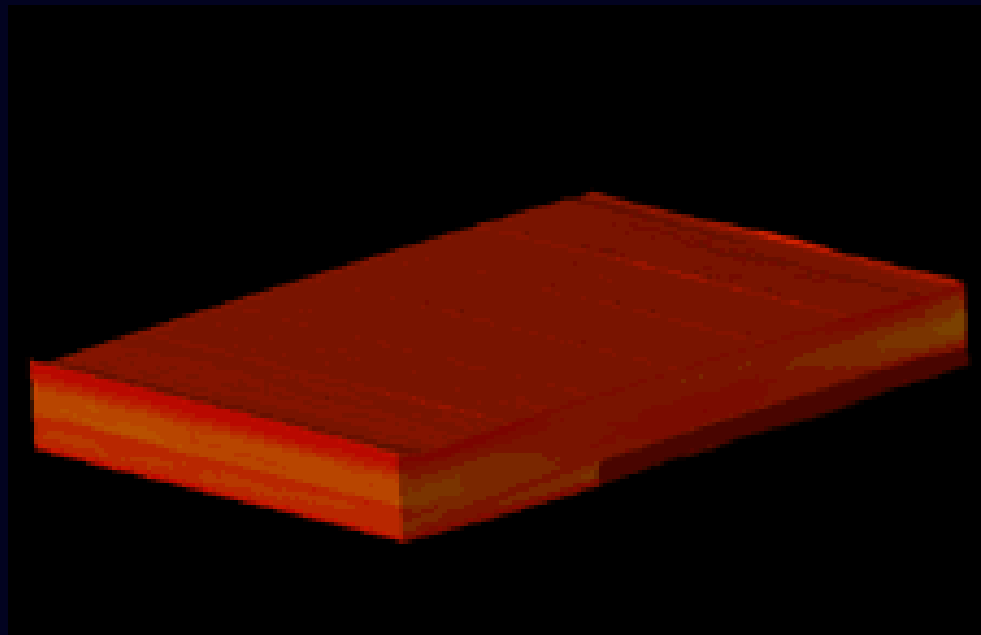
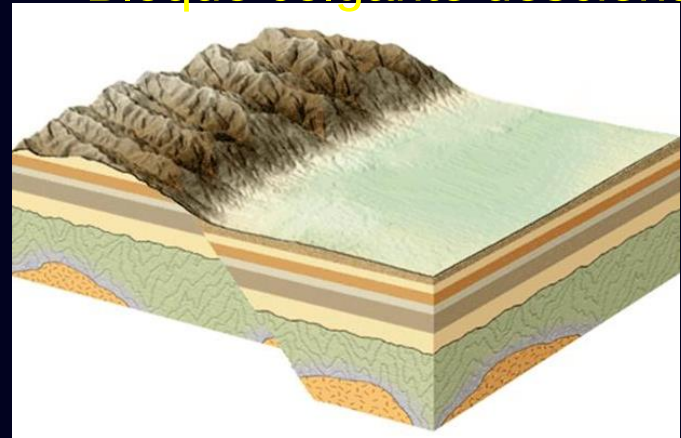
INVERSA:

Bloque colgante asciende

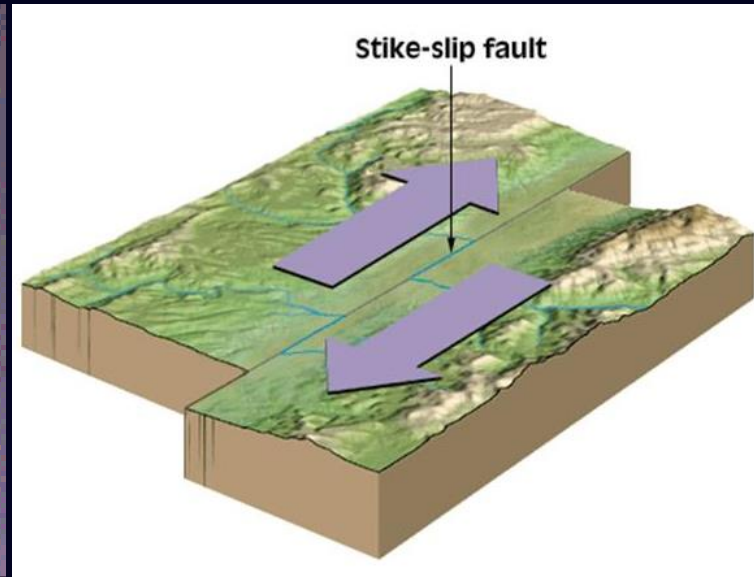
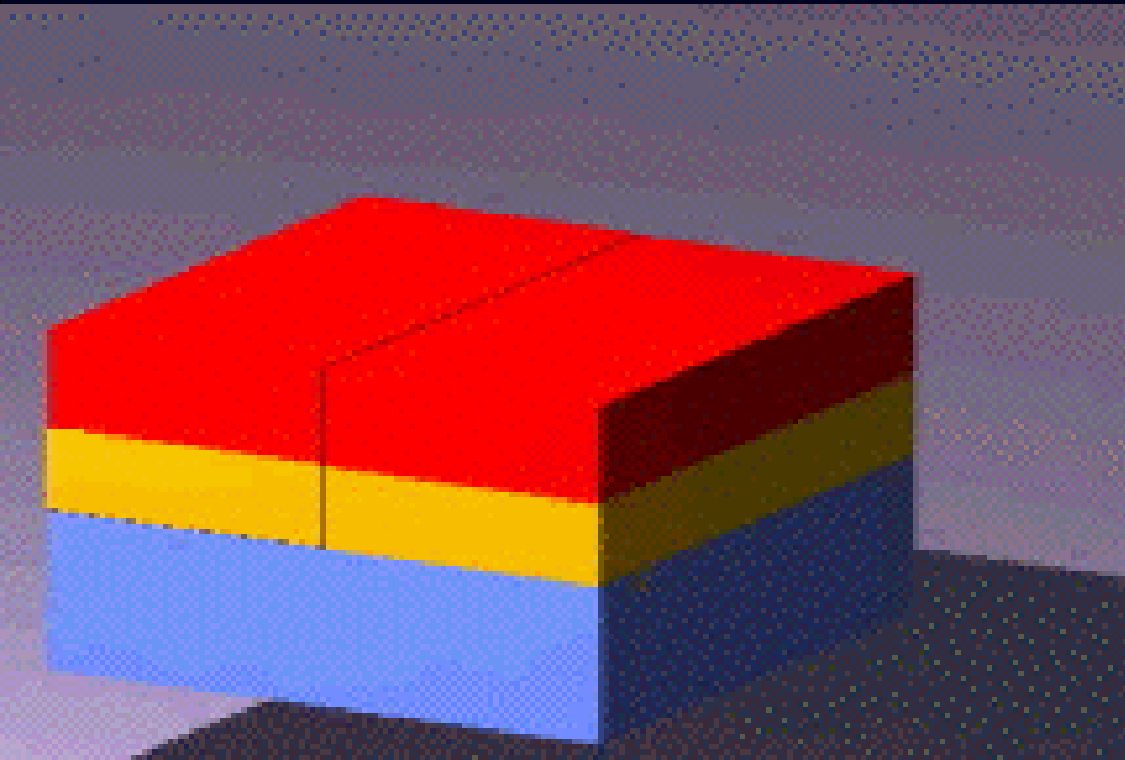


NORMAL:

Bloque colgante desciende



Estructuras: Tipos de fallas



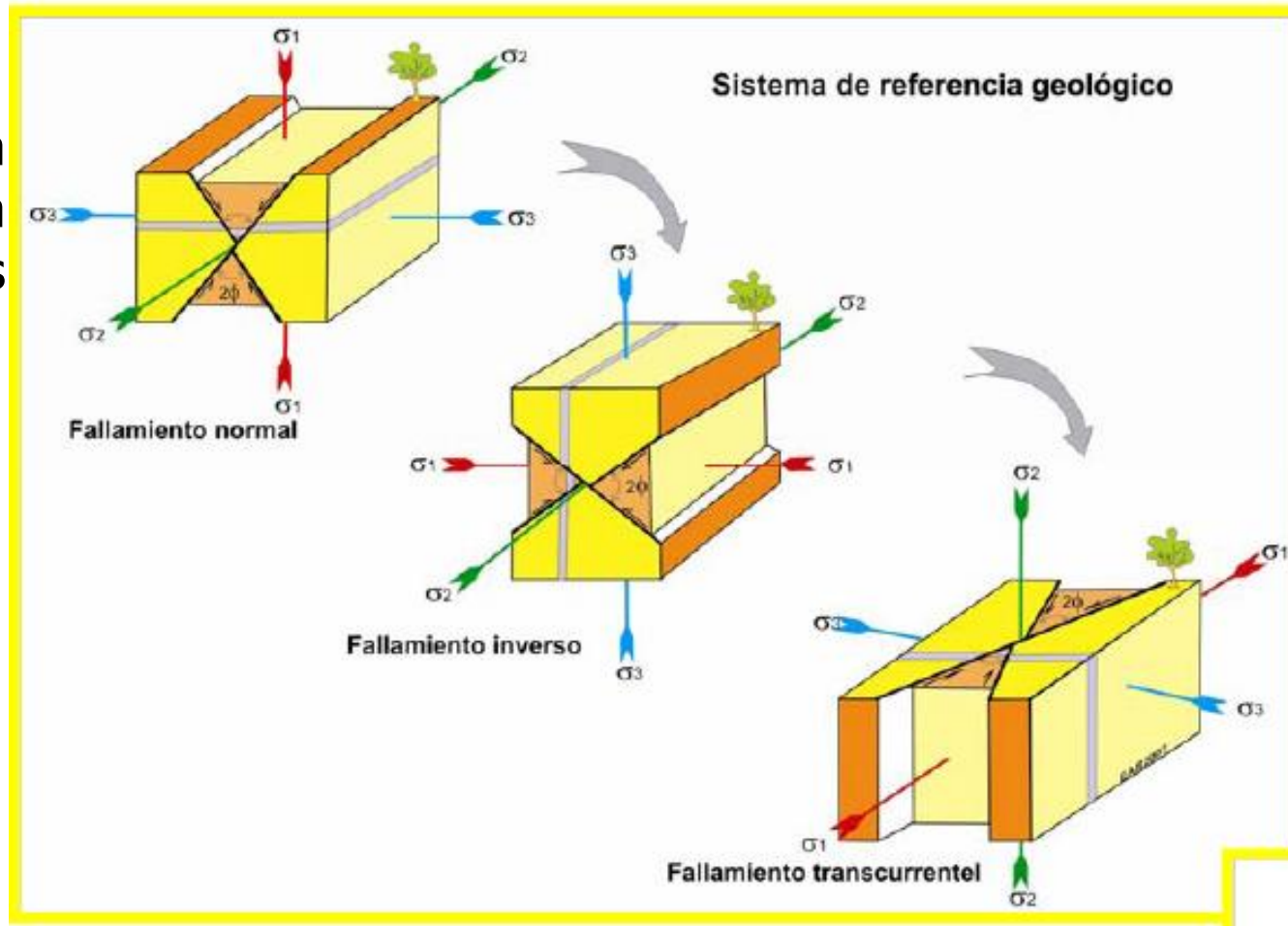
RUMBO:
Movimiento horizontal

Indicios tectónica Sabana: Metodología - Revisión

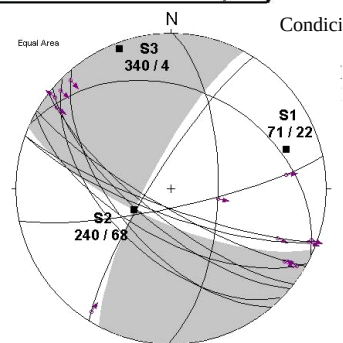
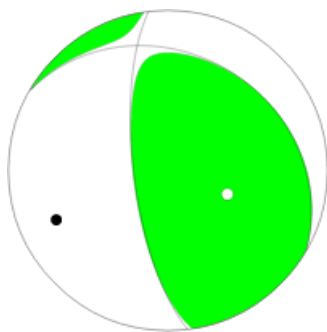
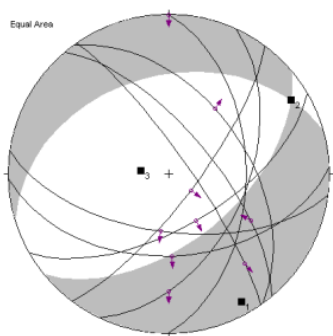
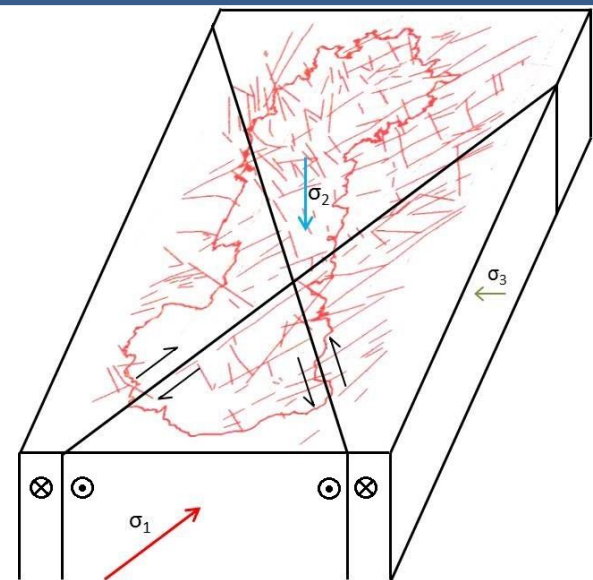
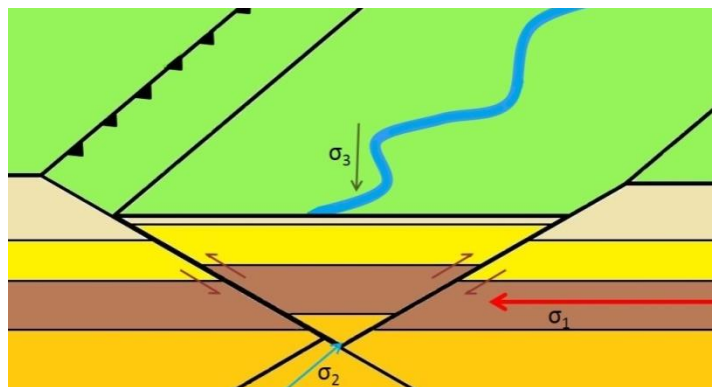
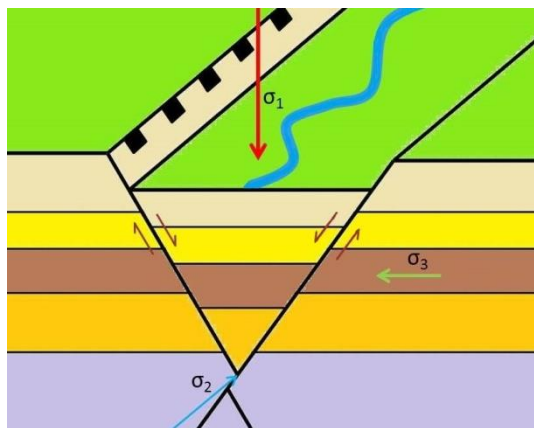
Tomado de: Notas de clase
E. Rosello (2009)

La geometría de la deformación tectónica tiene implicaciones ambientales:
Mayor permeabilidad.

Tectónica: Regula el agua

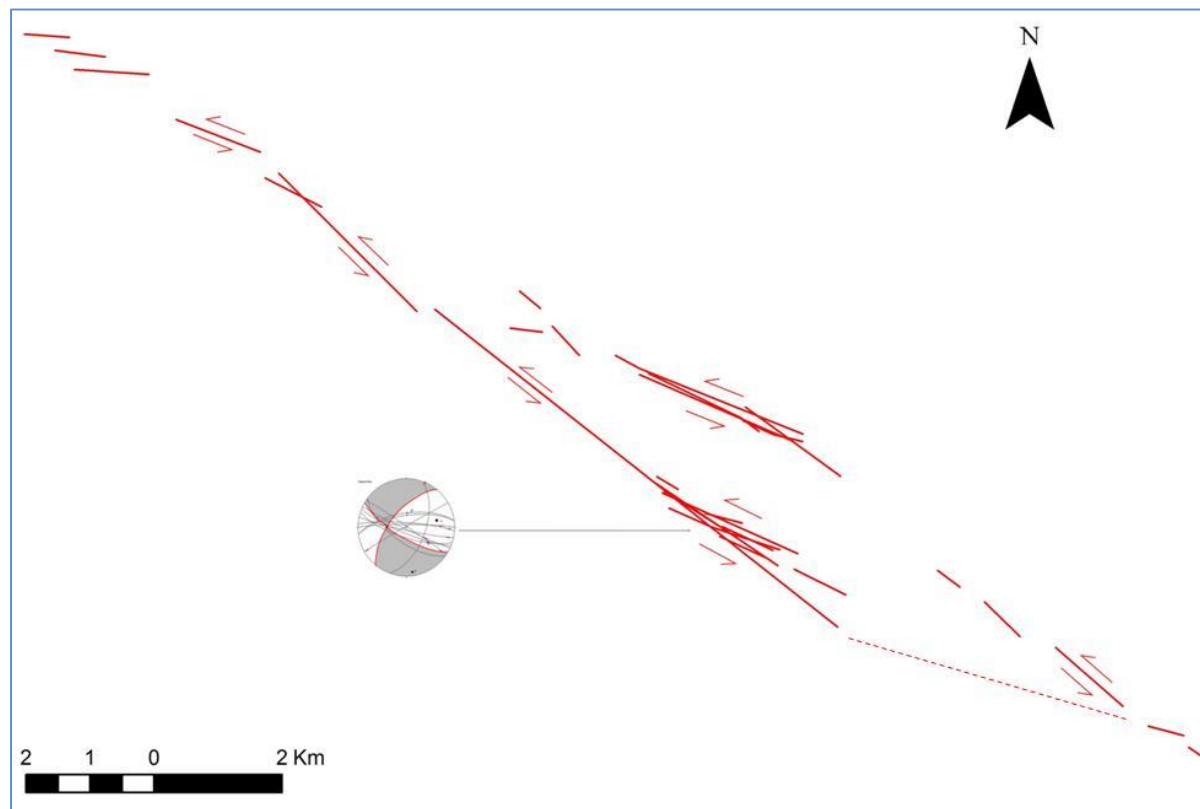
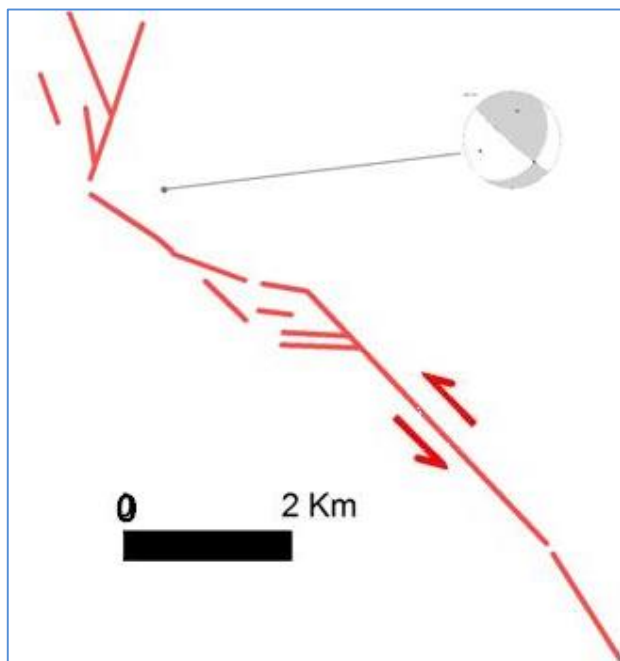


Estudio geológico, geomorfológico e hidrogeológico para la declaración del Parque Natural Nacional Serranía de San Lucas



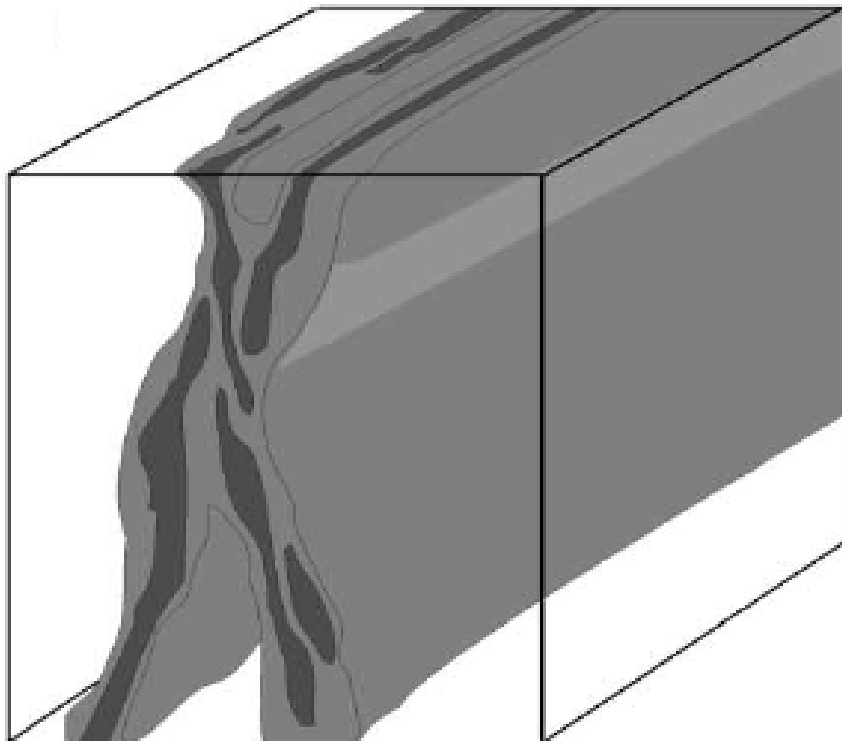
DE IZQUIERDA A DERECHA: CAMPO DE ESFUERZOS TENSIONANTES, COMPRESIVOS Y TRANSCURRENTES O DE CIZALLA. LOS BALONES DE PLAYA (FORMALMENTE DIAGRAMAS DE ESFUERZOS) CORRESPONDIENTES A FALLA NORMAL Y A FALLAS LATERALES SE GENERARON A PARTIR DE LA MEDICIÓN EN CAMPO DE PLANOS ESTRIADOS EN LA SABANA DE BOGOTÁ (FIERRO & ÁNGEL, 2008) Y EL DE FALLA INVERSA SE GENERÓ A PARTIR DE LOS DATOS GENERADOS POR LA LLEGADA DE ONDAS SÍSMICAS MEDIDAS EN SISMÓGRAFO EN UNA ZONA CERCANA A SAN ALBERTO (CESAR), CON DIAGRAMA GENERADO POR EL USGS.

Estudio geológico, geomorfológico e hidrogeológico para la declaración del Parque Natural Nacional Serranía de San Lucas



GEOMETRÍA DE LAS FALLAS DE RUMBO EN PLANTA DOCUMENTADAS EN ALGUNOS LUGARES DE COLOMBIA. A LA IZQUIERDA, FALLA DE CHUZA, UBICADA EN EL PARQUE CHINGAZA (TOMADA DE ACUEDUCTO – UNIVERSIDAD NACIONAL, 2013) Y A LA DERECHA, FALLA DE ZARAGOZA, UBICADA AL SUR DE LA SABANA DE BOGOTÁ (TOMADO DE: TERRAE, 2012)

- **Zona de falla:** zona compleja donde se encuentran las deformaciones asociadas a un plano de falla.
- **Núcleo de falla:** porción estructural, litológica y morfológica de una zona de falla, donde se acomoda la mayoría del desplazamiento.
- **Zona de daño:** es la red de estructuras que rodea al núcleo de falla y puede aumentar la permeabilidad zona de falla en relación con el núcleo y la roca no deformada.



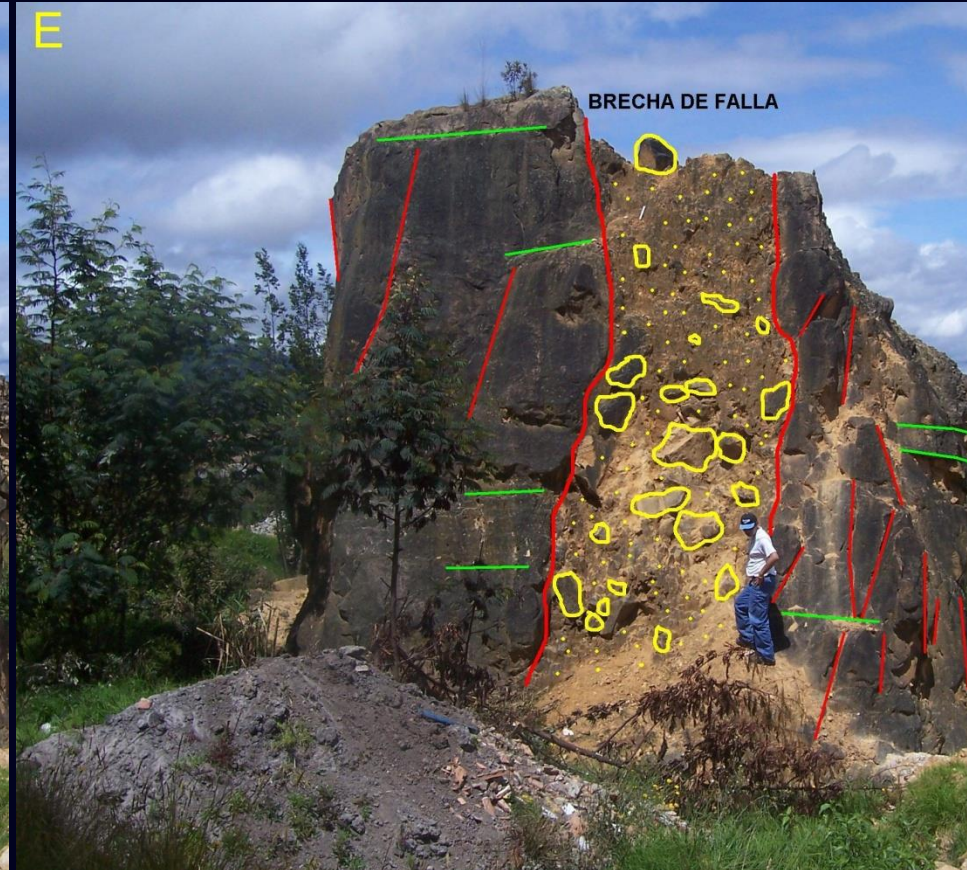
FAULT ZONE COMPONENTS



Componentes de una zona de falla, (Tomado de Cello G et al. 2001).

Estructuras geológicas

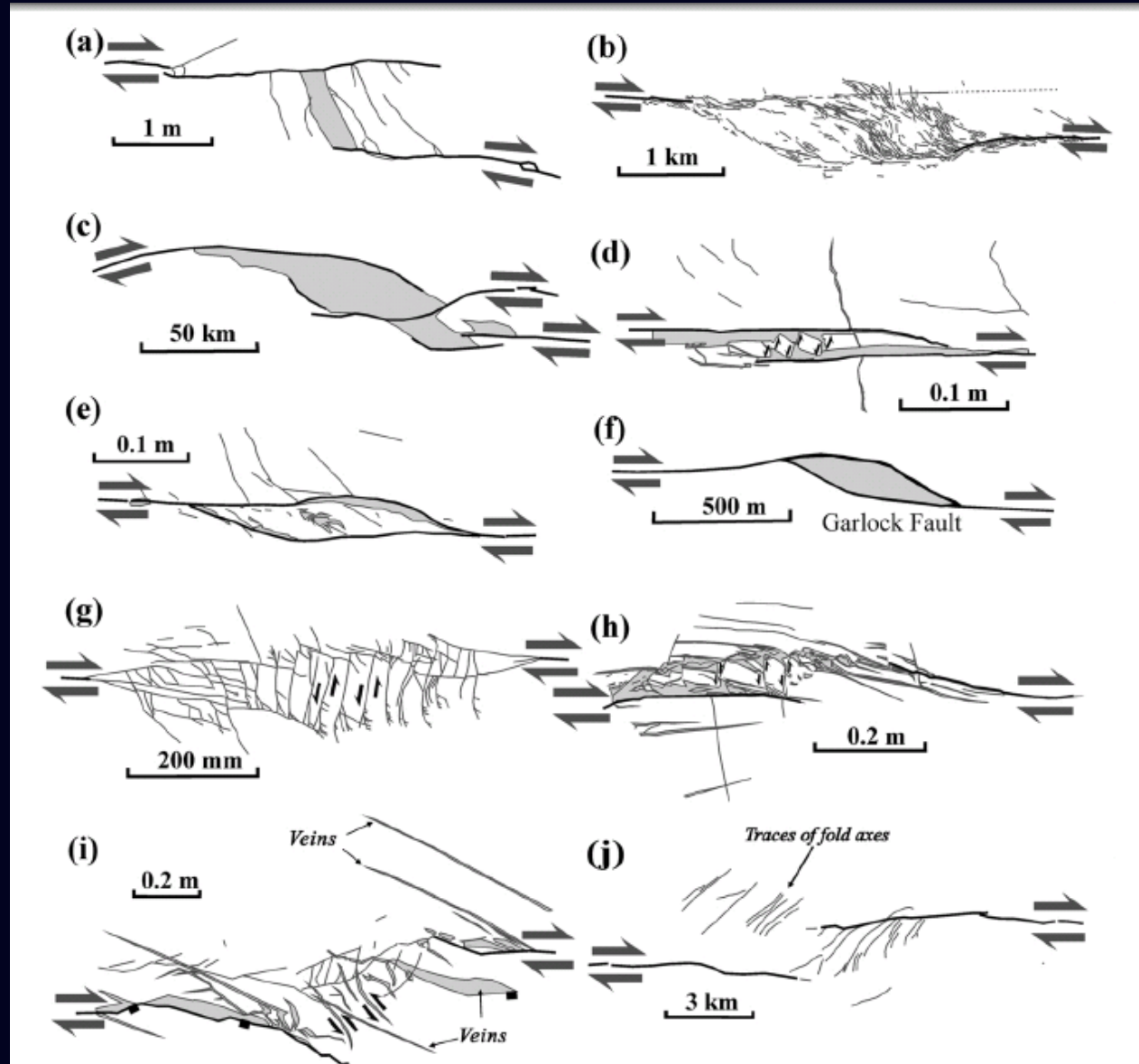
Brecha de falla. Sector de El Codito Localidad de Usaquén)



Tomado de: Fault damage zones.

Kim, Y., Peacock, D. y D. Sanderson, 2002.

La geometría de la deformación tectónica tiene implicaciones ambientales: Mayor permeabilidad.

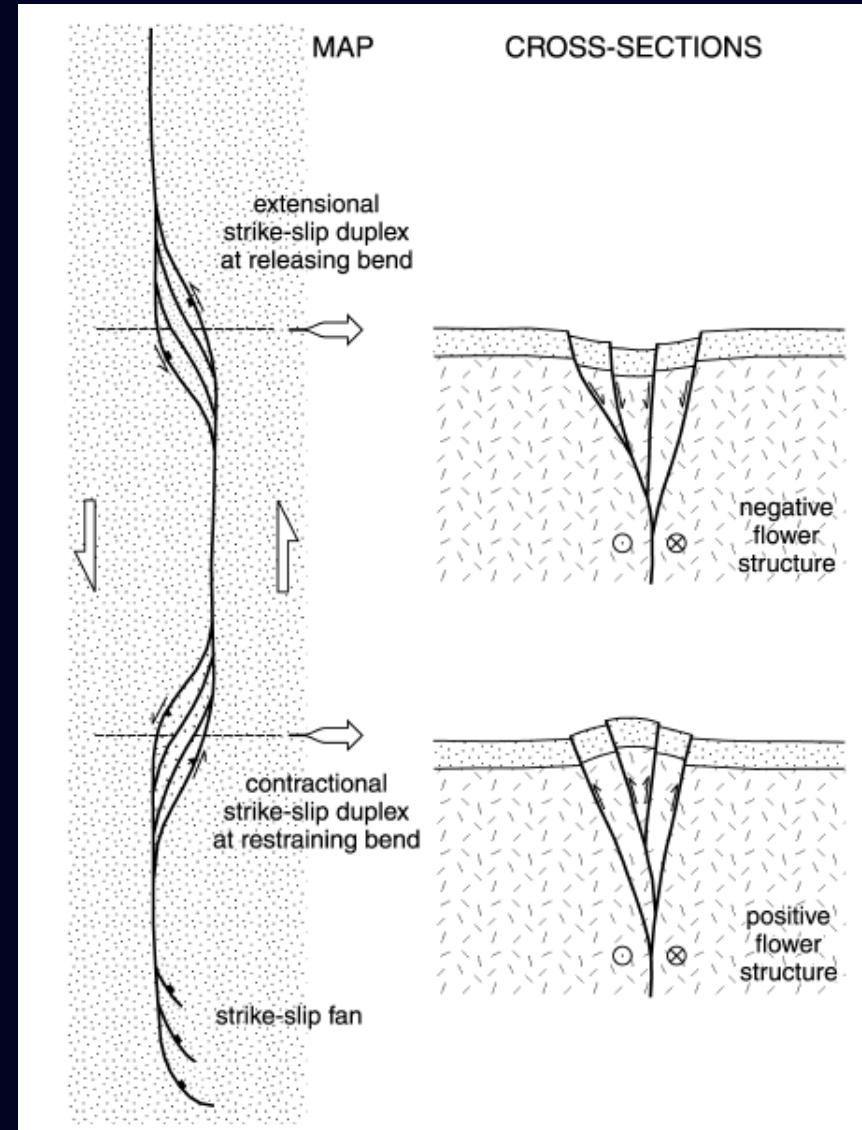
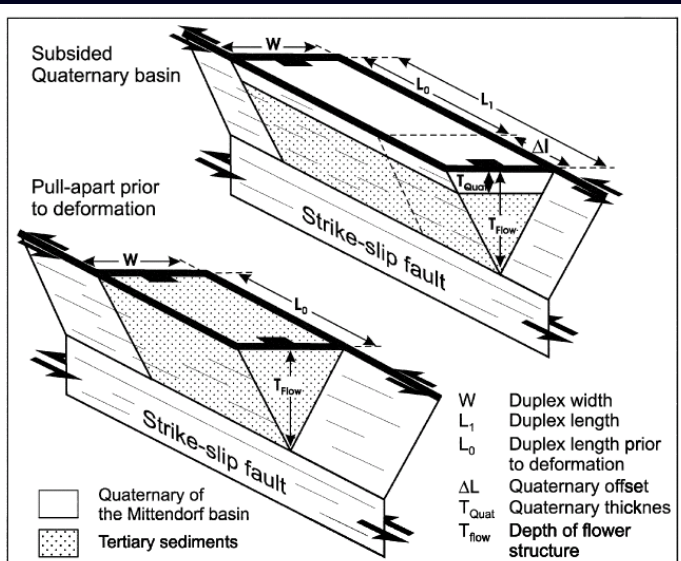


Tomado de: Transpressive duplex and flower structure:
Dent Fault System, NW England
Nigel H. Woodcock*, Barrie Rickards. 2003.

La geometría de la deformación tectónica tiene implicaciones ambientales:
Mayor permeabilidad y gran profundidad en las zonas de daño.

Tomado de: Fault damage zones.

Kim, Y., Peacock, D. y D.



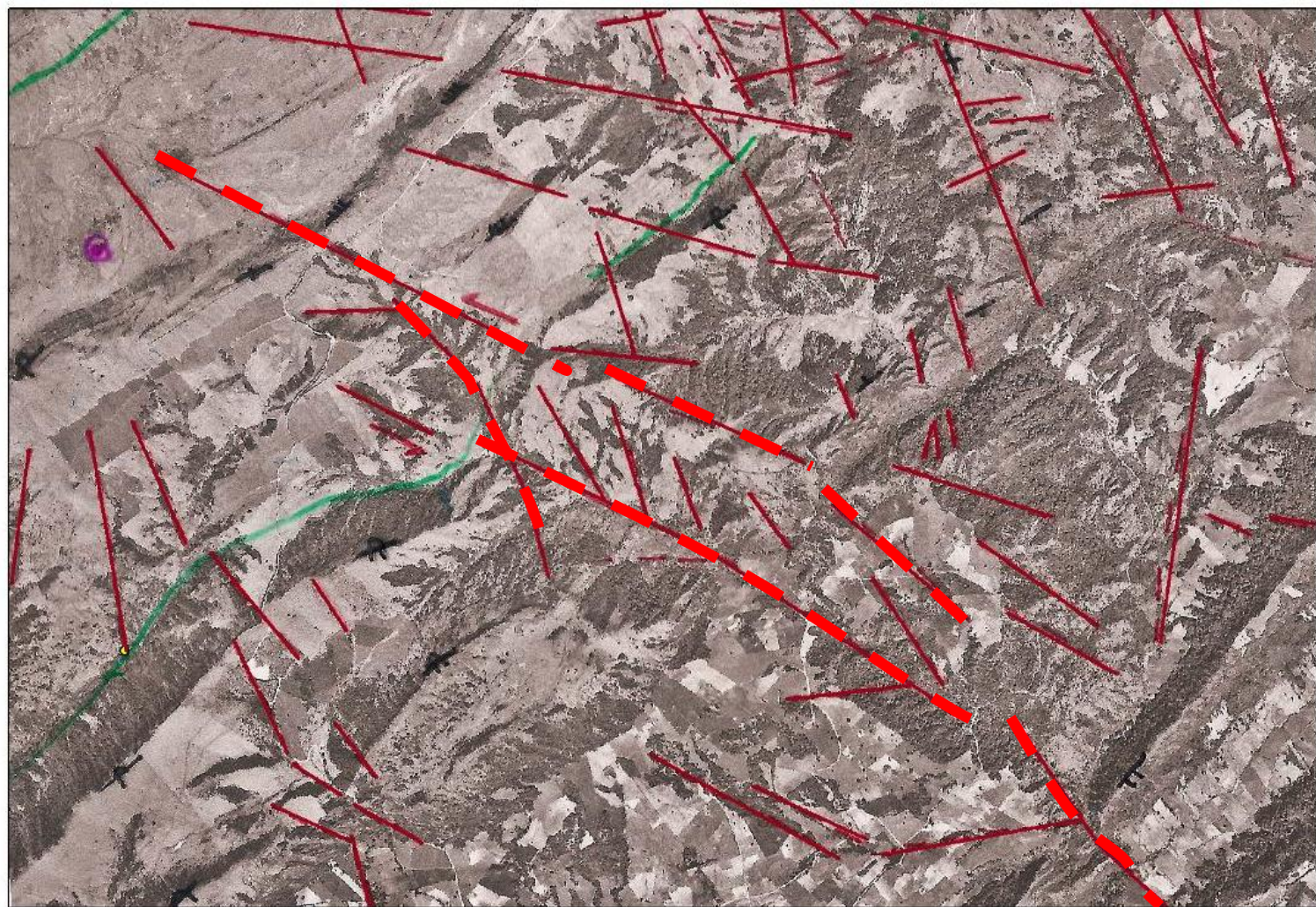
Esquema tomado de: Notas
de clase E. Rosello (2009)

La geometría de la
deformación tectónica
tiene implicaciones
ambientales:
Mayor permeabilidad.



Qda. Limas (Bogotá)

Páramo de Investigación Rabanal, con falla de rumbo que separa dominios estructurales: uno al norte con buzamientos normales y uno al sur con buzamientos invertidos. Nótese la geometría anastomosada de las estructuras tectónicas



Convenciones

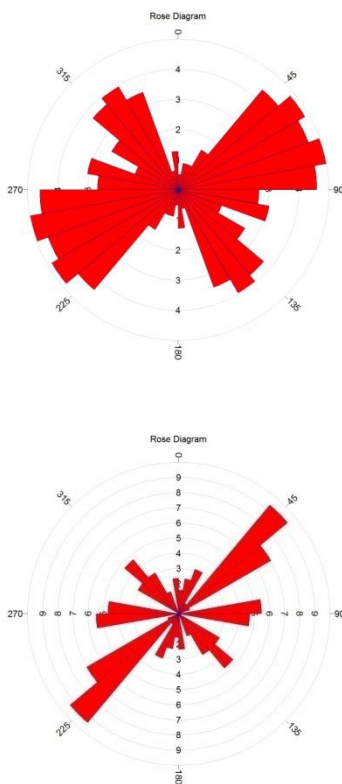
— Lineamientos fotogeológicos



0 250 500 1.000 Meters

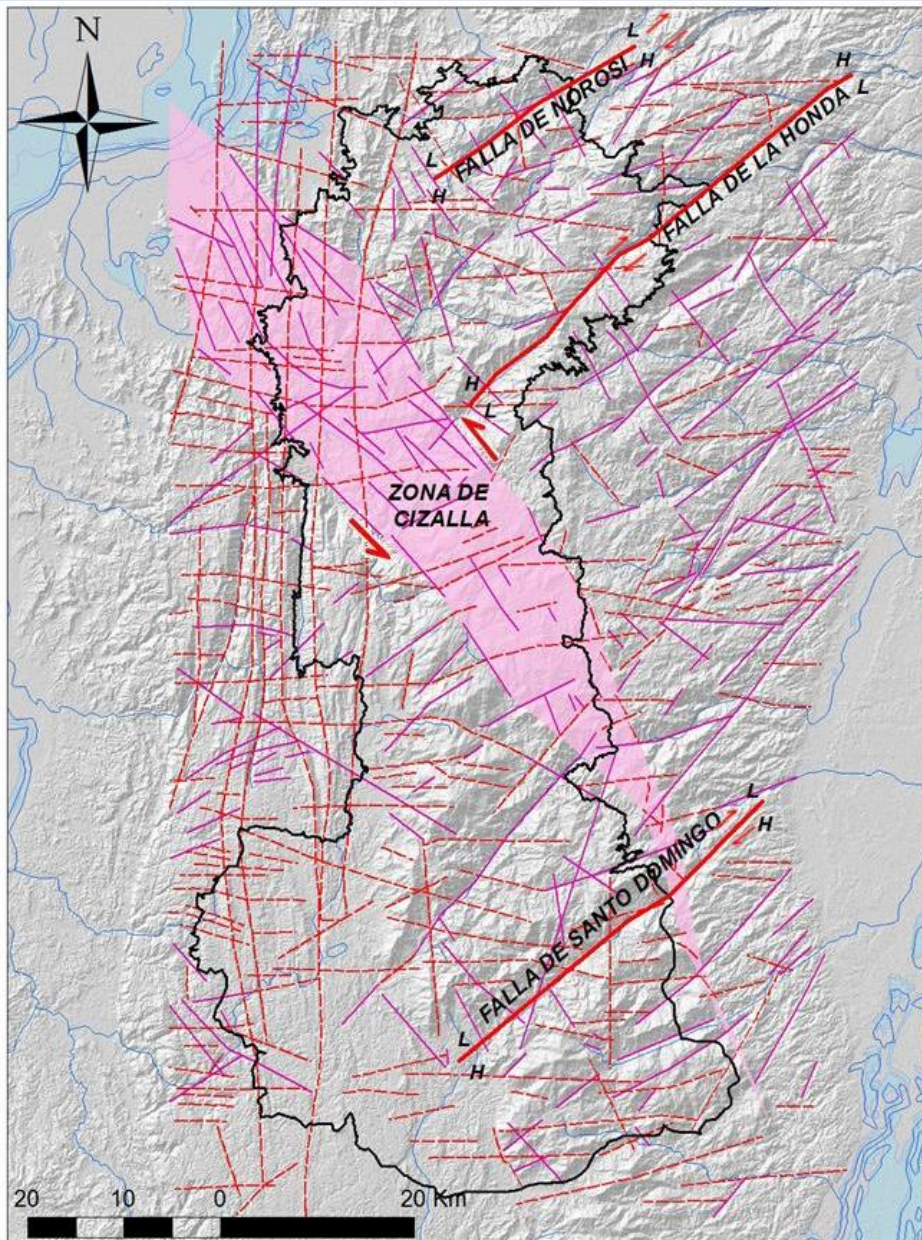


Estudio geológico, geomorfológico e hidrogeológico para la declaración del Parque Natural Nacional Serranía de San Lucas



DIAGRAMAS DE FRECUENCIA DE DIRECCIÓN DE LINEAMIENTOS DEM (ESTE TRABAJO) Y UJUETA (2004)

INTERPRETACIÓN DE LINEAMIENTOS PRINCIPALES EN LA SERRANÍA DE SAN LUCAS, JUNTO CON LAS FALLAS PROPUESTAS DE SANTO DOMINGO, NOROSÍ Y LA ZONA DE CIZALLA NW DE SAN LUCAS.



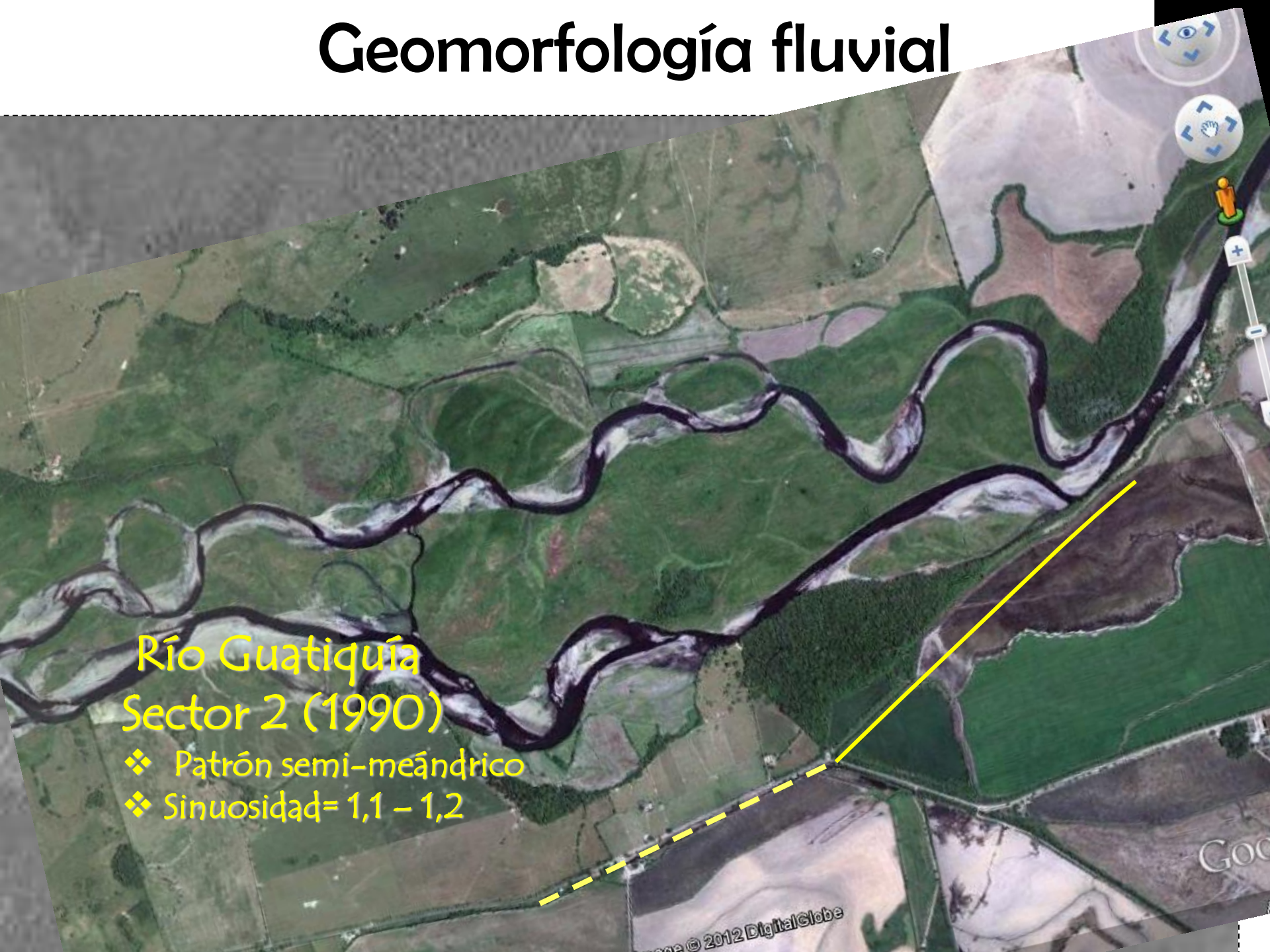
Los ríos y su dinámica:

**Los cambios rápidos que experimentan los ríos
por acción de la influencia humana**

Geomorfología fluvial



Geomorfología fluvial



Rio Guatiquia
Sector 2 (1990)

- ❖ Patrón semi-meândrico
- ❖ Sinuosidad= 1,1 – 1,2

Geomorfología fluvial

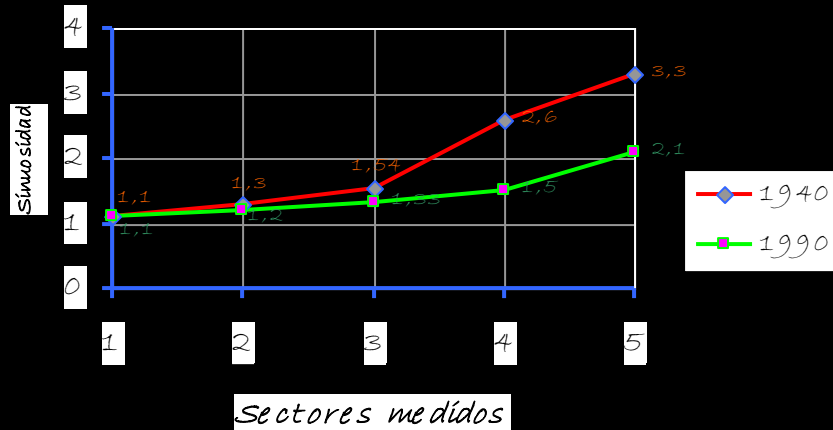


© 2015 Google
Image © 2015 DigitalGlobe

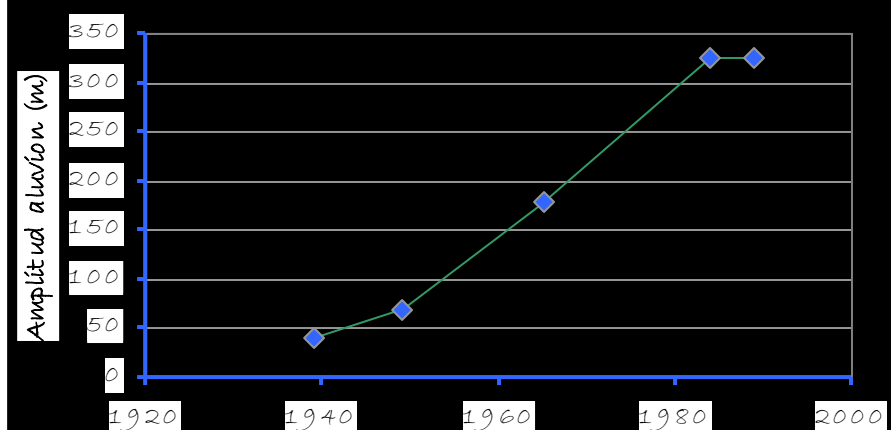
Imágenes: 8/16/2010

4°11'36.83" N 73°0'

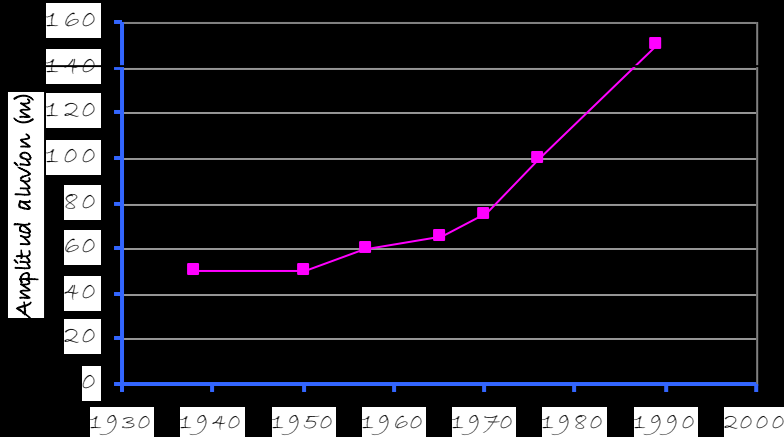
Geomorfología fluvial



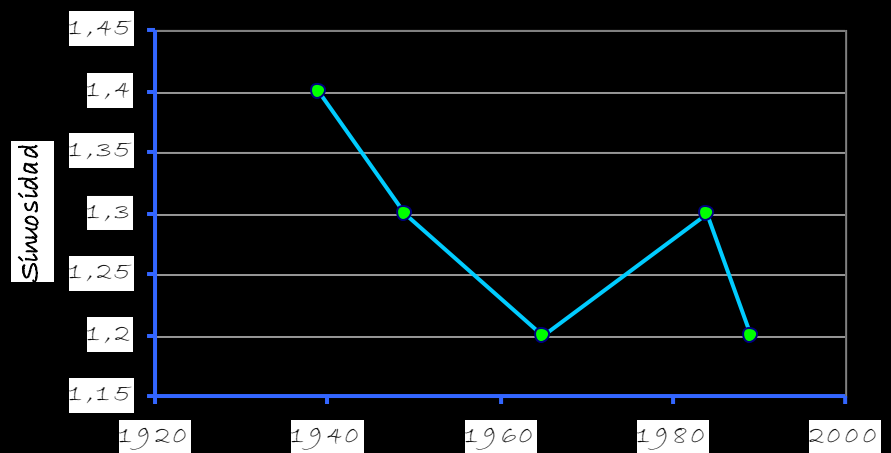
Disminución de la sinuosidad en el río Guatiquía



Aumento en el aluvión (playón) del río Ocoa (Vcio.)



Aumento en el aluvión (playón) del río Guayuriba (Vcio.)



Disminución de la sinuosidad en el río Ocoa (Vcio.)

Geomorfología fluvial



Año 1952

(fotografía suministrada por Armando Corredor)



Año 2000



CAMELLONES AJEDREZADOS: el manejo prehispánico de los ríos en la Sabana de Bogotá



(Boada, 2006)

Intervenciones prehispánicas de ríos en la Sabana de Bogotá



Figura 45a. Fotografía aérea donde se observa la presencia de patrones de cultivo pre-hispánicos, las líneas de color claro corresponden a los camellones y las líneas de color oscuro a los canales, (Vuelo C – 43, foto 0203, año 1940).

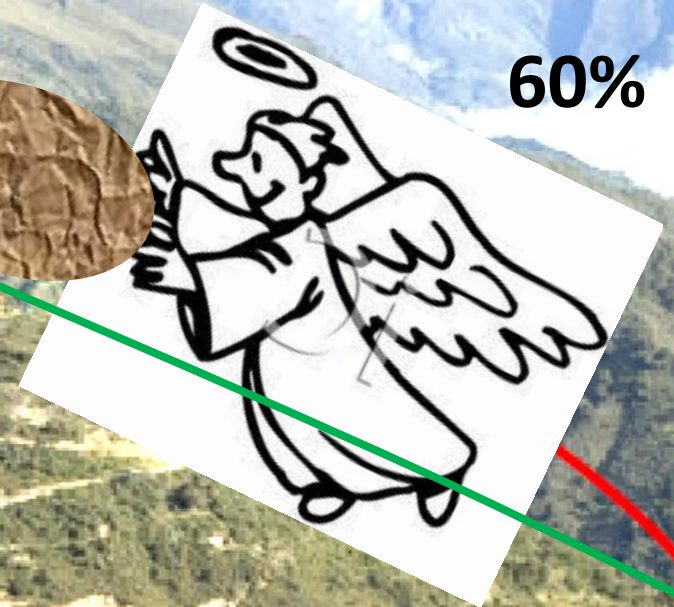
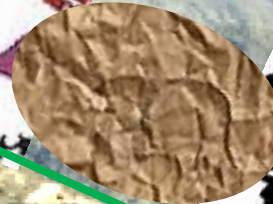
La estabilidad de las laderas montañosas y de las excavaciones humanas:

El concepto de factor de seguridad

FS= 1,6

60%

Tajo

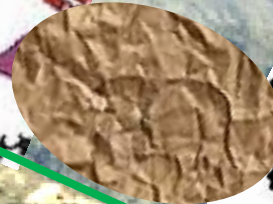


**UN ASPECTO BÁSICO DE GEOTECNIA:
El factor de seguridad**

FS= 1,3

30%

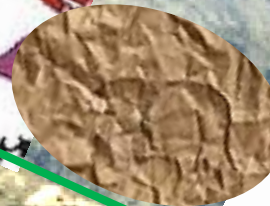
Tajo



**UN ASPECTO BÁSICO DE GEOTECNIA:
El factor de seguridad**

FS= 1

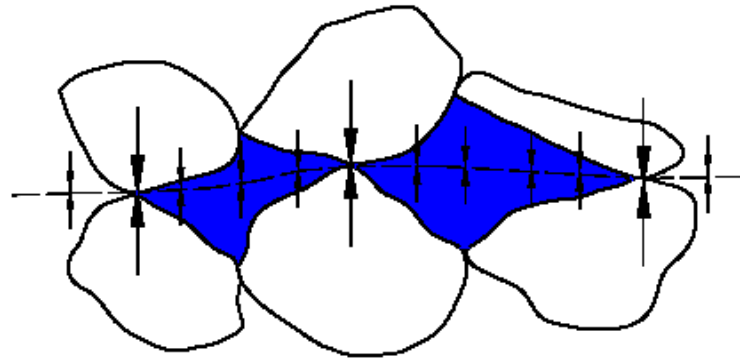
Tajo



**UN ASPECTO BÁSICO DE GEOTECNIA:
El factor de seguridad**

Geotecnia básica

- ☞ La presión de agua reduce la estabilidad del talud:
Reduce la resistencia al cizallamiento:



Terzaghi:

$$\sigma = \sigma' + u$$

$$\sigma' = \sigma - u$$

$$\sigma'_n = \sigma_n - u$$

$$\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$$

Geotecnia básica

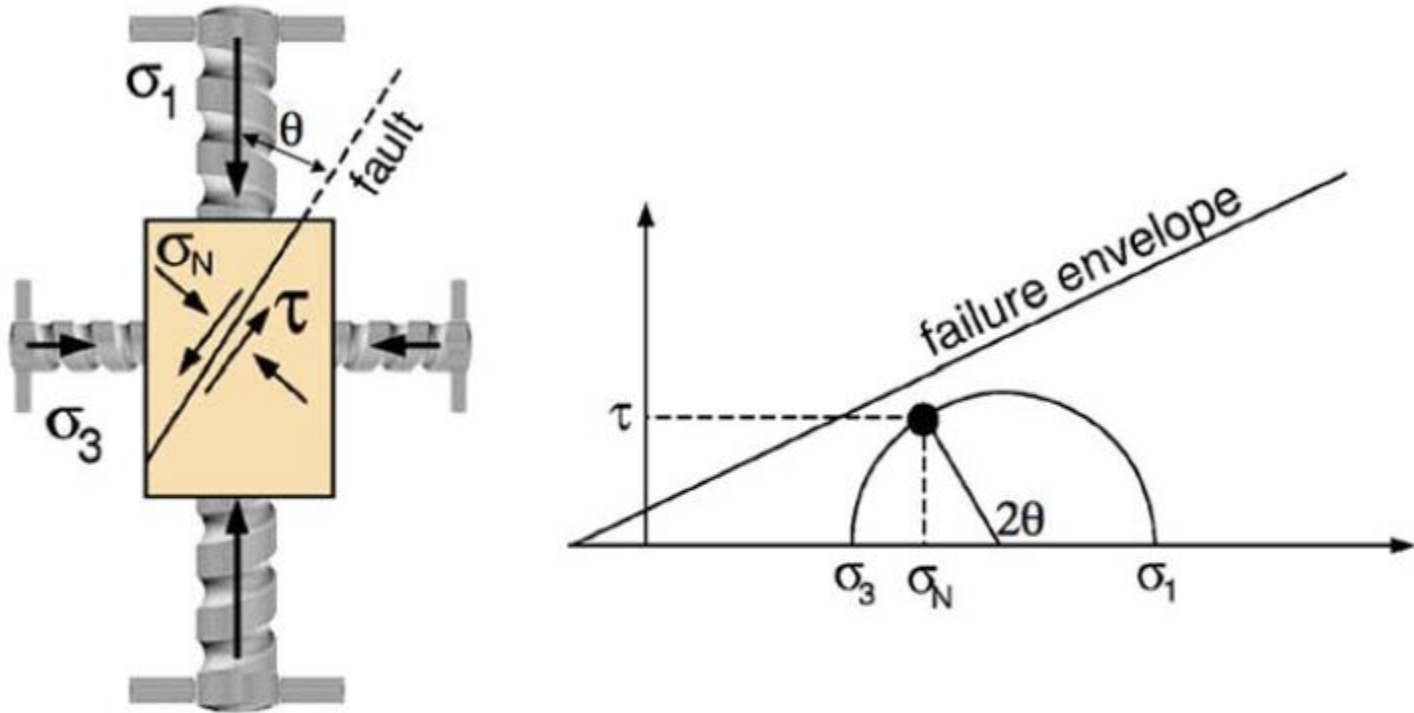


Fig. 8.1 *Left:* Definition of normal and shear stresses on a failure surface oriented at angle θ with respect to the largest principle stress σ_1 . *Right:* Graphical representation of the magnitude of normal (horizontal axis) and shear stresses (vertical axis) as a function of the angle θ compared with the magnitude of shear stresses needed for failure (the failure envelope)

Tomado de: Wang & Manga (2010). Earthquakes and water.

Geotecnia básica

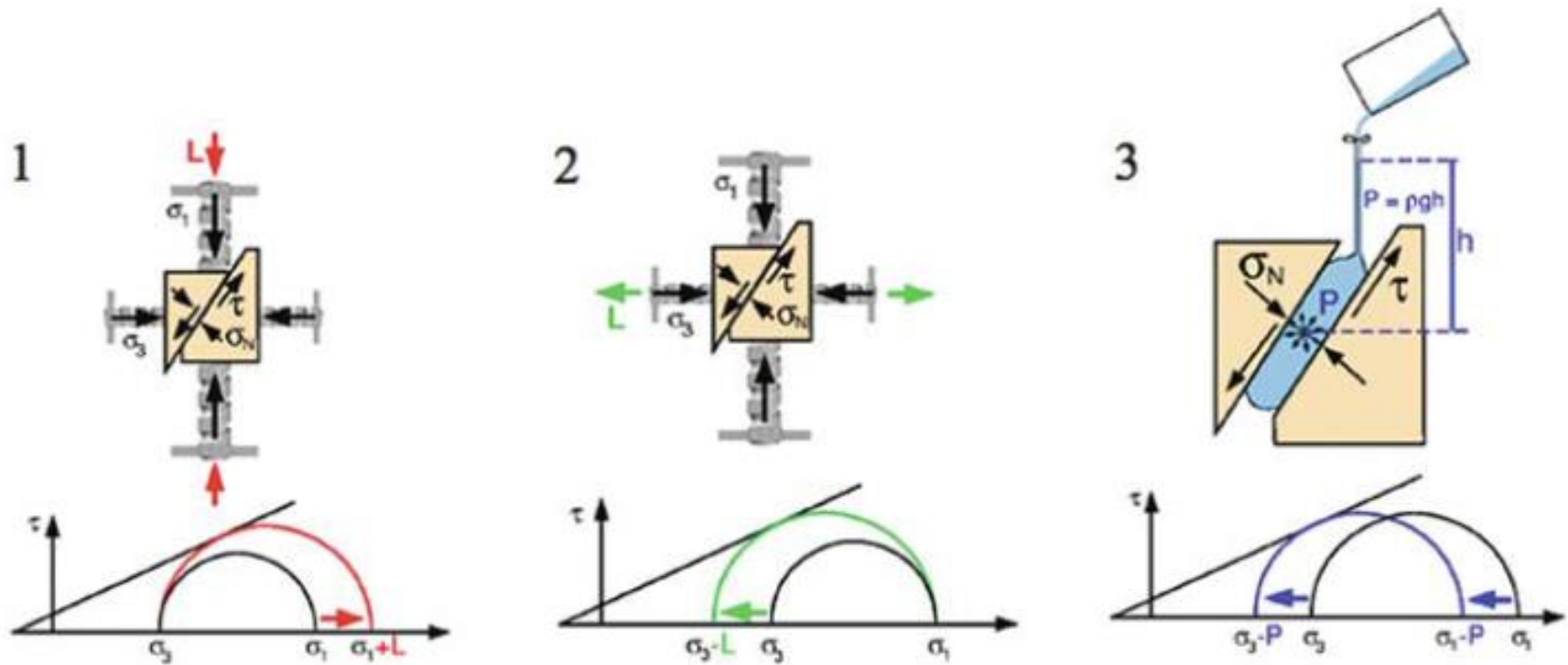


Fig. 8.2 Three ways to induce failure by causing the Mohr circle to intersect the failure envelope: *left*: increasing the largest principle stress σ_1 , *middle*) decreasing the smallest principle stress σ_3 , and *right*: increasing fluid press p which reduced the effective stress (Figure 10 from Saar and Manga, 2003)

Tomado de: Wang & Manga (2010). Earthquakes and water.

Las represas:

"¿Qué sentirías si te amarran el pene y no puedes orinar?"

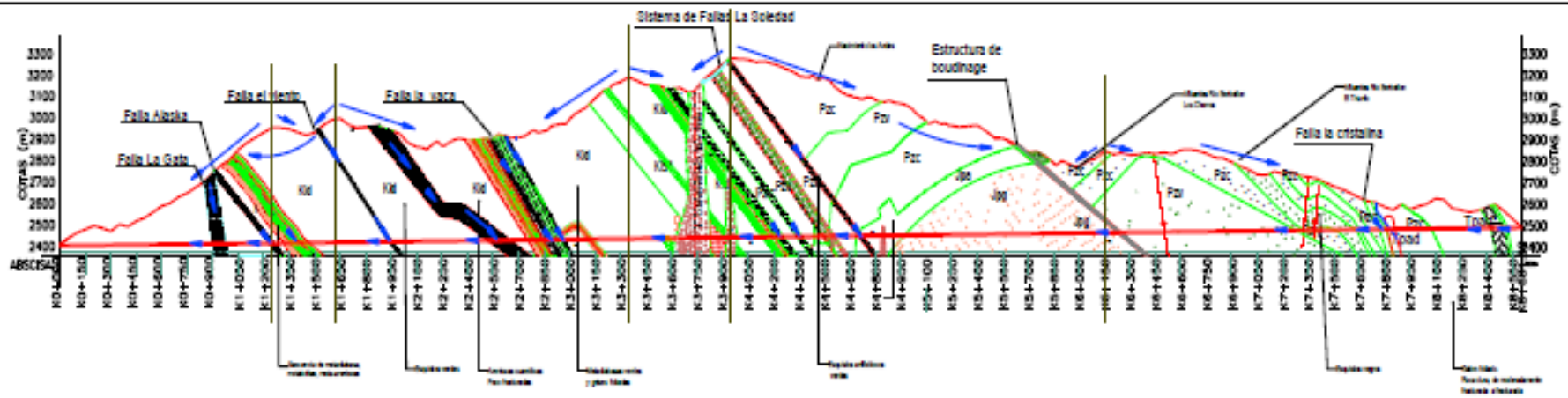
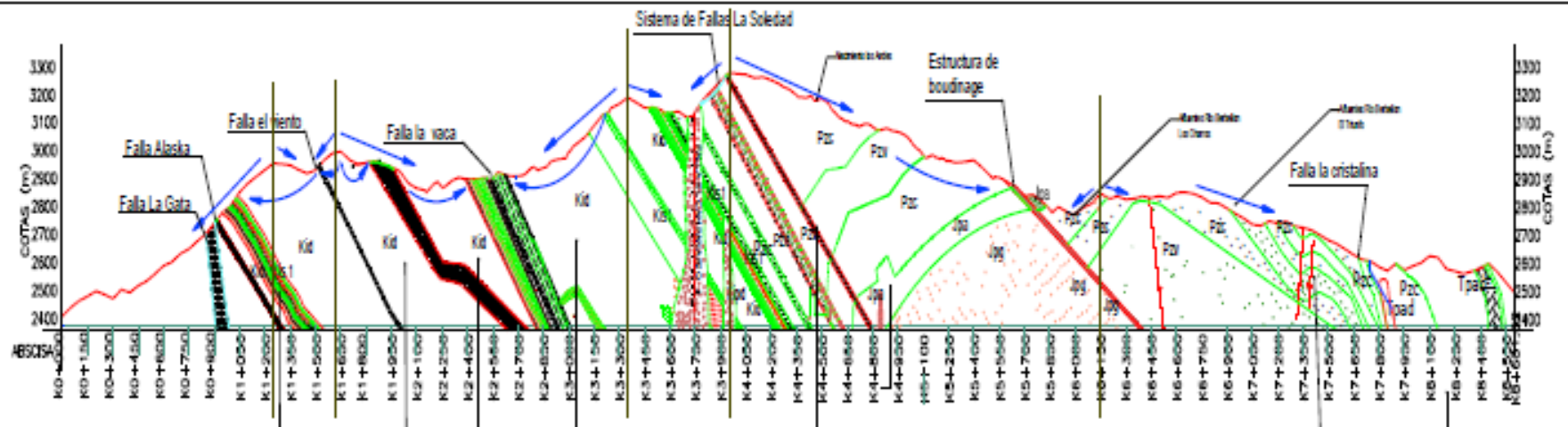
Lwntana, líder Kogi de la Sierra Nevada de Santa Marta,
Colombia

Impactos por la construcción del túnel de desviación en la represa El Quimbo



- Tunel de desviación (wordpress , 2012) <https://reexistencia.wordpress.com/2012/02/09/el-quimbo-inundara-seis-municipios-del-huila-2/>

PERFILES CON LA DINÁMICA HIDROGEOLÓGICA DEL TÚNEL DE LA LÍNEA, ARRIBA ANTES Y ABAJO DESPUÉS DE INICIADAS LAS OBRAS CORRESPONDIENTES A LA EXCAVACIÓN DEL TÚNEL. NÓTESE LA INFILTRACIÓN DE AGUAS A LO LARGO DE LOS SISTEMAS DE FALLAS QUE AFECTAN ROCAS CRISTALINAS QUE INCLUYEN INTRUSIVOS Y METAMÓRFICOS (TOMADO DE DONADO, 2013).



Posibles impactos por inestabilización de coluviones por la represa Hidrosogamoso

- La zona tiene cuatro coluviones: Santa María, Linderos, Mata de Cacao, La Renta - La Leona.



- 
- Sedimentación en el fondo
 - Aumento del nivel freático
 - Erosión en las banquetas del río
 - Aumento de evaporación
 - Inundación y destrucción de ecosistemas
 - Generación de sismos
 - **Producción de gases de efecto invernadero (CO_2 , CH_4 , entre otros)**

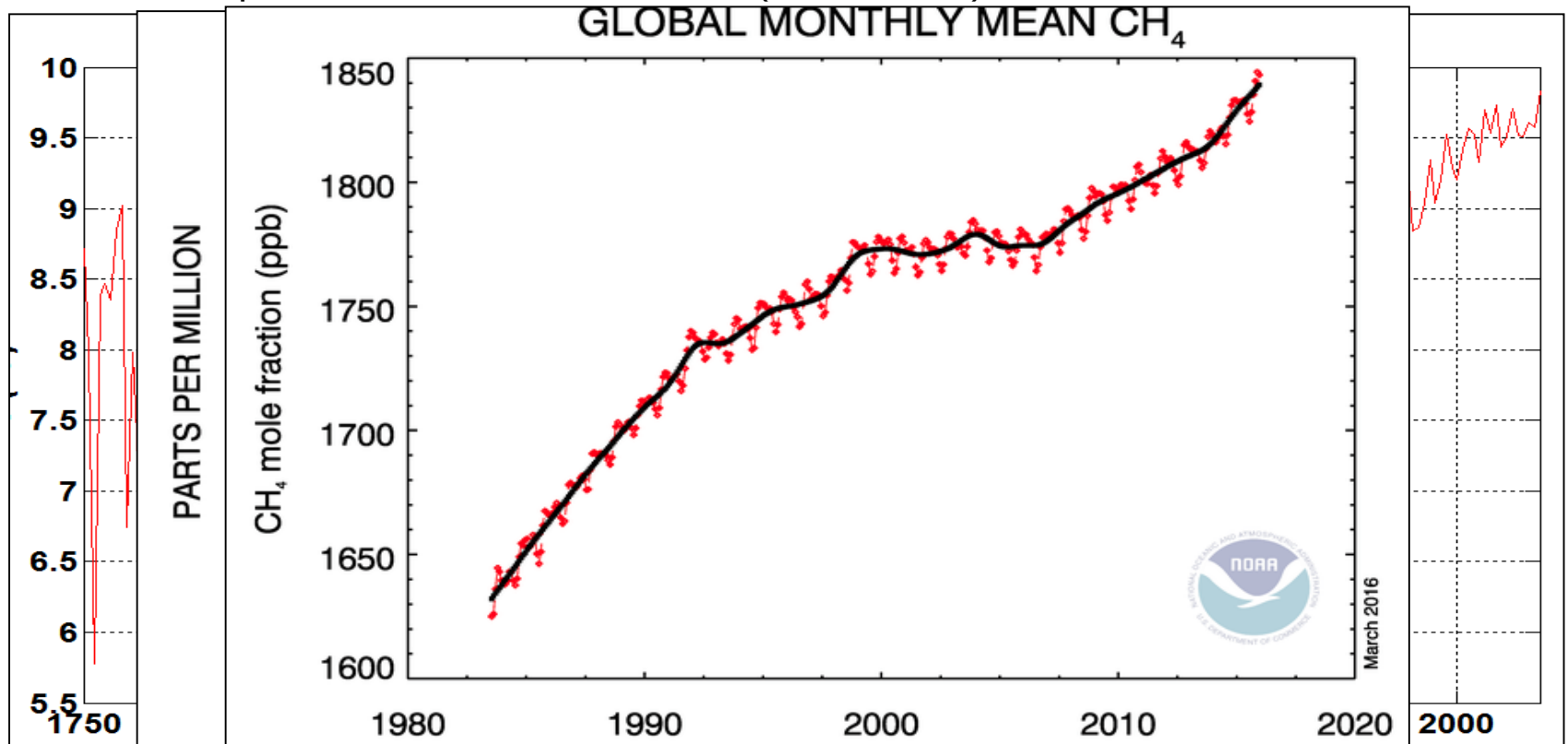
- Disminución de producción de cultivos
- Alteración de la condición de caudal sólido y líquido.

- Barrera para migración de peces
- Aumento del riesgo para asentamientos aguas abajo (en caso de falla)

CAMBIO CLIMÁTICO

Aumento de temperatura global anómala en la superficie terrestre, atmosfera y océanos. Este aumento se le puede atribuir a múltiples factores; entre ellos el más relevante corresponde a el aumento de las emisiones gases de origen antrópico de efecto invernadero (CO_2 , CH_4 , entre otros).

Las emisiones de origen antrópico han aumentado significativamente para el periodo industrial comprendido entre 1975 a 2010. (IPCC, 2013)



Series de temperatura media global, disponibles en: [HTTP://BERKELEYEARTH.LBL/GOV/AUTO/GLOBAL/COMPLETE_TAVG_COMPLETE_TXT](http://berkeleyearth.lbl.gov/auto/global/complete_tavg_complete_txt)

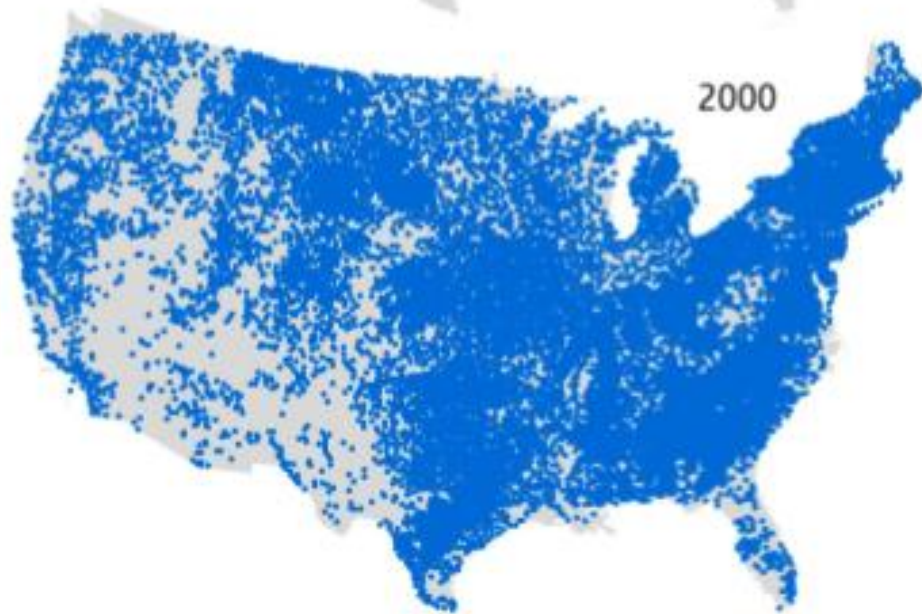
Gráfica de concentración de dióxido de carbono en la atmosfera, disponibles en: http://www.esrl.noaa.gov/gmd/webdata/ccgg/trends/co2_data_mlo.png

Gráfica de concentración de metano en la atmosfera, disponibles en: http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends_ch4/index.html

IMPACTO DE LAS MEGARREPRESAS EN CAMBIO CLIMÁTICO

Debido a la descomposición de materia orgánica al interior del embalse, se producen gases de efecto invernadero como CO_2 , CH_4 , entre otros. Estos gases tienen influencia directa sobre el calentamiento global; aclarando que el metano es 21 veces más perjudicial para la atmosfera que el dióxido de carbono.

Las grandes represas podrían hacer la mayor contribución al calentamiento global, emitiendo 104 millones de toneladas de gas metano cada año; **esto implica que las 52.000 represas en el mundo contribuyen más de 4% al calentamiento global debido al impacto de actividades humanas. También explican que los embalses son la fuente más grande de emisiones causadas por humanos, contribuyendo a alrededor de un cuarto de estas emisiones.**



MEGARREPRESAS Y SISMICIDAD

Los seres humanos realizamos actividades que generan sismos, entre ellas, la construcción de grandes embalses, las minas y actividades petroleras como reinyección de aguas.

Según McGarr, Simpson & Seeber (2002)

- Las represas causan cargas considerables a la corteza y cambian totalmente la condición de las presiones de los fluidos dentro de las rocas. Tanto las cargas como los cambios de presiones se relacionan con condiciones para inducir sismicidad.
- Se ha comprobado que pequeños cambios en las presiones en la corteza terrestre pueden inducir o desencadenar sismos.
- Se desencadenan sismos por efecto de presas tanto en zonas tectónicamente activas como en zonas con baja actividad tectónica. Estos sismos pueden ser dañinos para los seres humanos.

MEGARREPRESAS Y SISMICIDAD

Según McGarr, Simpson & Seeber (2002)

Los mecanismos de sismicidad inducida por grandes embalses es más compleja que la relacionada con hidrocarburos y minería. El área afectada es mucho mayor y pueden haber cambios extensos en las fallas geológicas.

El peso del embalse puede influenciar cambios en el régimen de esfuerzos, tanto normales como cortantes. Las presiones de poros se pueden incrementar instantáneamente por la compactación inducida por el peso.

El cambio en el régimen de esfuerzos puede ser localmente amplificado en las fallas geológicas afectadas.

MEGARREPRESAS Y SISMICIDAD

Wenchuan (China)	2008	7,9	< 20km	Represa de Zipingpu ubicada a 20 km del epicentro. Entre las consecuencias del sismo estuvo la muerte de 90.000 personas. Altura de la columna de agua de 100 metros. La represa se llenó 2,7 años antes del sismo. Fallas geológicas inversas.
Koina (India)	1967	6,5	< 5km	Al momento del sismo la altura de la columna de agua era de 75 m. Región de baja sismicidad natural. La sismicidad ha continuado por más de 30 años y es muy dependiente del nivel de agua del embalse. Fallas geológicas rumbo-deslizantes.
Assuan (Egipto)	1981	5,3	18 km	Es una presa somera, con profundidades de pocas decenas de metros. Los niveles freáticos antes de la construcción de la presa eran muy profundos. El cambio en la presión de poros fue muy fuerte. Fallas geológicas de rumbo dextral.
Nurek (Tadjikistán)	1972	4,6		Presa de 315 m. Región de sismicidad moderada. La ocurrencia de los sismos fuertes se dio con un pulso de llenado rápido.

Adicional a este efecto, por consecuencia de sismos cercanos superficiales o procesos morfodinámicos al sitio del embalse es posible que se generen Tsunamis, como el ocurrido en el embalse Vajont, Venecia, Italia, el 9 de octubre de 1963, como consecuencia de deslizamientos masivos .

Fallas estructurales en represas por eventos naturales

Nombre	Año	Lugar	Muertos	Causa
Represa Malpasse t. Francia	1959	Cote d'Azur. Francia	423	Posterior al desastre, se encontró una zona de falla geológica la cual se debilitó durante la construcción de la represa por el uso de explosivos en la base de la Represa, convirtiéndose en una zona de filtración y llevando a la falla de la estructura del dique. La falla generó una “pared de agua” con una altura de 40m y se desplazó a 70 km/h, destruyendo dos pequeños pueblos: Malpasset y Bozon, Francia, aguas abajo del punto de represa. ^[1]
Represa Shihgang	1999	Taiwan	0	La represa fue fuertemente afectada por el sismo “921” de 1999, generando el colapso en su costado norte, reduciendo su capacidad de almacenamiento.
Represa Fujinima	2011	Japón	8	Se generó la falla de la estructura entre 20 a 25 minutos después del sismos registrado el 11 de marzo de 2011, “Tohoku earthquake”, de ML=9.0, causado por la falla del material de cimentación de origen residual y falla por corte sobre el dique auxiliar. ^[2]

^[1] Pierre Duffaut (2013). “The tramps behind the failure of Malpasset arch dam, Frence, in 1959”.

^[2] Mahdavian A., et al. (2012). Fujinuma Dam Performance during 2011 Tohoku Earthquake, Japan and Failure mechanism by FEM..

REPRESA EL QUIMBO

La Contraloría General de la República (CGR) evidenció la ausencia de estudios y evaluaciones de fondo y con rigor científico que sustenten el Auto No. 515 del 22 de febrero de 2008 por el cual el MAVDT declaró que el PHE El Quimbo, de la empresa EMGESA S.A. E.S.P., no requería de la presentación de Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA)

(...) el Estudio de Impacto Ambiental – EIA (2008), por el cual se otorgó la Licencia Ambiental (Resolución No 899 de 2009) y posterior modificaciones, no cuenta con la caracterización de las amenazas naturales localizadas dentro del área de influencia directa e indirecta del proyecto, bajo modelación estocástica o probabilística, tradicionalmente empleados hacia la fecha de realización del estudio y posterior a este, que permita conocer volumen, velocidad e importancia de este tipo de procesos los cuales pondrían en riesgo la estabilidad y funcionalidad del PHQ, los recursos naturales y la vida de las personas, aguas abajo del punto de presa.

Fuente: CONTRALORÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA. ACTUACIÓN ESPECIAL A LA AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES

REPRESA EL QUIMBO

(...) ausencia de un modelamiento de procesos morfo inámicos que permita sustentar la afirmación que se hace por parte del consultor (del EIA). (...)

es indispensable que la modelación hidráulica considere diversos escenarios con base en las amenazas identificadas (sismo, vulcanismo, producción de sedimentos por procesos de remoción en masa, etc.)

Adicionalmente, no se describe en el documento, sí se consideraron las crecientes posibles en el sector del Río Magdalena y Río Suaza en el diseño de la represa y obras anexas.

REPRESA EL QUIMBO

En términos de amenaza sísmica, según lo menciona EIA elaborado por Ingetec, 2008, para la solicitud de la Licencia Ambiental, en el capítulo 3.2.1 Geología, se presenta un listado de fallas activas (Tabla 1), que a pesar de haber sido identificadas como fallas activas, carecen de caracterización geométrica, cinemática y sismológica que permita establecer bajo un modelo determinístico o probabilístico la ocurrencia de sismos generados por éstas, que puedan representar una amenaza sísmica para el proyecto, lo cual se debe realizar para este tipo de proyecto (Krammer, 1996).

REPRESA EL QUIMBO

Ausencia de análisis de amenaza con y sin proyecto, dentro del EIA-2008, no se realiza un análisis que realice la modelación de amenaza natural antes y después de la construcción del proyecto y su área de influencia. Por lo tanto, se desconoce hasta la fecha, la magnitud que tendría un evento de emergencia en el caso de presentarse, por lo tanto, el Plan de Manejo Ambiental y el Plan de Contingencia plantados dentro del EIA -2008 y aprobados bajo la Licencia Ambiental, son insuficientes ya que éstos no dimensionan los efectos que traería consigo cualquiera de los escenarios citados anteriormente.

REPRESA EL QUIMBO

En términos de amenaza sísmica, según lo menciona EIA elaborado por Ingetec, 2008, para la solicitud de la Licencia Ambiental, en el capítulo 3.2.1. Geología, se presenta un listado de fallas activas (Tabla 1), que a pesar de haber sido identificadas como fallas activas, estas carecen de caracterización geométrica, cinemática y sismológica que permita establecer bajo un modelo determinístico o probabilístico la ocurrencia de sismos generados por estas, que puedan representar una amenaza sísmica para el proyecto (Krammer, 1996) (...)

REPRESA EL QUIMBO

Tal como indica la CGR, para la Autoridad Ambiental Regional, Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM), las medidas compensatorias propuestas por el proyecto son mínimas comparadas con la afectación, señalando como ejemplo que en términos de cobertura vegetal *“se están afectando cerca de 3.000 has que darían alrededor de 900.000 metros cúbicos (m³) de madera que valdrían aproximadamente \$100.000 millones de pesos y en el proyecto se contemplan actividades compensatorias de alrededor de \$10.000 millones de pesos”*,

REPRESA EL QUIMBO

la autoridad ambiental no aportó evidencia e información que permita a este ente de control constar haya realizado el seguimiento a los proyectos ofrecidos por EMGESA y especialmente que se hubiese incorporado a TODOS los afectados, en sus programas de:

- Desarrollo económico
- Reconstrucción de la infraestructura social
- Restablecimiento del tejido social
- Acompañamiento y asesorías permanentes en los temas jurídicos, psicosocial, económico y técnico.
- Atención a la población vulnerable de reasentamiento (adultos mayores, mujeres embarazadas, personas con limitaciones físicas)
- Proyecto de mitigación y prevención de la inseguridad alimentaria en la zona de reasentamiento.

REPRESA EL QUIMBO

Este ente de control concluye que la ANLA, no ha realizado el debido seguimiento y control, limitando su actuar a redireccionar las quejas a la empresa, lo que genera insatisfacción y sentimientos de desprotección por parte de la ciudadanía, que termina acudiendo ante la justicia, como en el caso del censo el cual se ordenó su reapertura⁴⁷, o a medidas de hecho, para buscar el reconocimiento de sus derechos.

REPRESA EL QUIMBO

La calidad del agua del río Magdalena y sus principales tributarios está siendo impactada negativamente por El Quimbo. Los reportes de los Informes de Cumplimiento Ambiental (ICA) evidencian **reducciones sustanciales en el contenido de oxígeno disuelto aguas abajo de la presa**, aumento en las concentraciones de sólidos en la cola del embalse y aguas abajo de la presa y aumento en el contenido de nutrientes. Esta variabilidad en las concentraciones de oxígeno, sólidos y contenido de nutrientes es significativa y fácilmente identificable al comparar las lecturas después de las etapa de construcción - operación con las reportadas en la línea base.



Fuente: TERRAE – GOBERNACIÓN DEL HUILA (2016),

REPRESA EL QUIMBO

Los reportes de calidad del agua del embalse mostraron **indicios de contaminación por materia orgánica y enriquecimiento de nutrientes**. Respecto a parámetros *in situ*, como temperatura, pH, y oxígeno disuelto –importantes para el conocimiento de la dinámica vertical en el embalse y el estudio de la variabilidad en las concentraciones de oxígeno durante el llenado–, **no se encontraron registros** dentro del documento EMGESA – Daphnia (2016)



Fuente: TERRAE – GOBERNACIÓN DEL HUILA (2016),

REPRESA EL QUIMBO

Aunque fue posible identificar los impactos que sobre la calidad del agua tiene la construcción y operación del proyecto El Quimbo con la información disponible en los ICA, es preciso señalar que el monitoreo realizado por EMGESA no es **representativo**. La temporalidad de los reportes no permite el análisis de tendencias, los formatos de entrega no son adecuados para la manipulación, procesamiento y análisis estadístico de datos, y los datos disponibles en el expediente son muy escasos



Fuente: TERRAE – GOBERNACIÓN DEL HUILA (2016),

REPRESA EL QUIMBO

La empresa presentó una **Evaluación de la amenaza sísmica del proyecto hidroeléctrico El Quimbo** a la autoridad ambiental en 2008, donde la Neotectónica se basa en el Estudio de Factibilidad para el Desarrollo Hidroeléctrico El Quimbo en El Alto Magdalena (Ingetec et al., 1997).

Si bien es importante que haya bases para desarrollar trabajos, llama la atención que Emgesa no haya actualizado sus estudios. De hecho, el reporte de Neotectónica y Represas de Icold tiene fecha de 1998.



Fuente: TERRAE – GOBERNACIÓN DEL HUILA (2016),

REPRESA EL QUIMBO

Los consultores de la empresa EMGESA no caracterizaron las fallas geológicas de la manera en que recomienda ICOLD.

- No hay datos geológicos medidos en campo
- No existe coherencia entre los mapas locales y los regionales
- No han fechado las actividades de las fallas, a pesar de que las han descrito de manera ligera

Estas actividades mínimas han sido sugeridas por ICOLD

REPRESA EL QUIMBO

La ANLA argumenta que se instrumentará la sismicidad, pero se ignoran la mayor parte de las observaciones técnicas de la CGR en su Actuación Especial, en el sentido que no es posible comprender la sismicidad natural ni la inducida si no se tienen los estudios básicos pertinentes, que se centran fundamentalmente en la tectónica, y particularmente en la actividad de las fallas geológicas.

ICOLD establece la necesidad de:

- Determinar sistemas de fallas geológicas y rupturas
- Determinar actividad neotectónica
- Determinar tectónica reciente
- Determinar actividad contemporánea de las fallas



Fuente: TERRAE – GOBERNACIÓN DEL HUILA (2016),

REPRESA EL QUIMBO

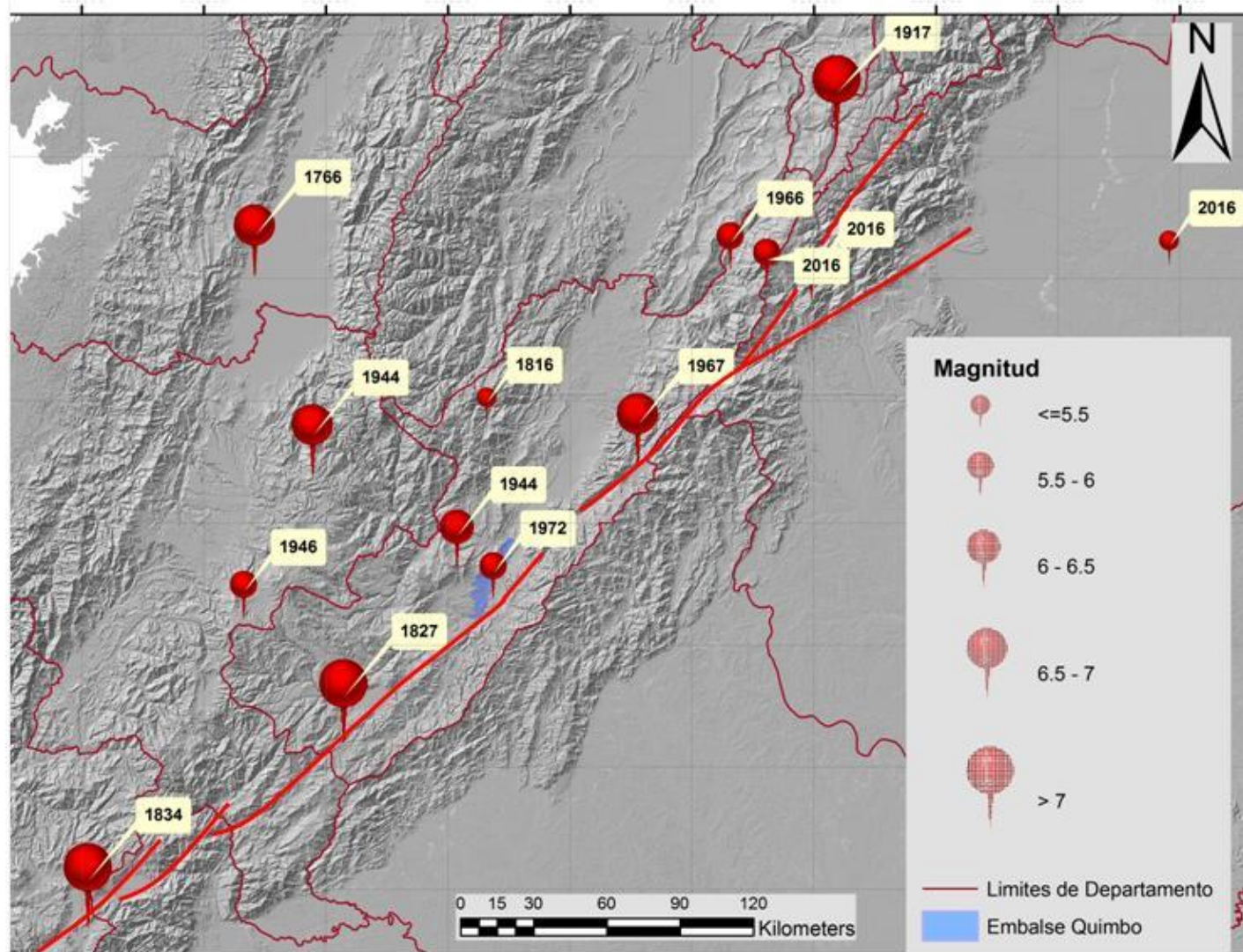
Emgesa ha incumplido la Resolución 759 de 2015 en lo referente a monitoreo de amenaza sísmica inducida/desencadenada. El llenado se llevó a cabo sin instrumentación previa y no se han reportado los datos dentro de los Informes de Cumplimiento Ambiental. Con ello, no es posible tener la sismicidad natural de fondo, necesaria para establecer de manera más precisa la eventual influencia del embalse en la sismicidad.



Fuente: TERRAE – GOBERNACIÓN DEL HUILA (2016),

REPRESA EL QUIMBO

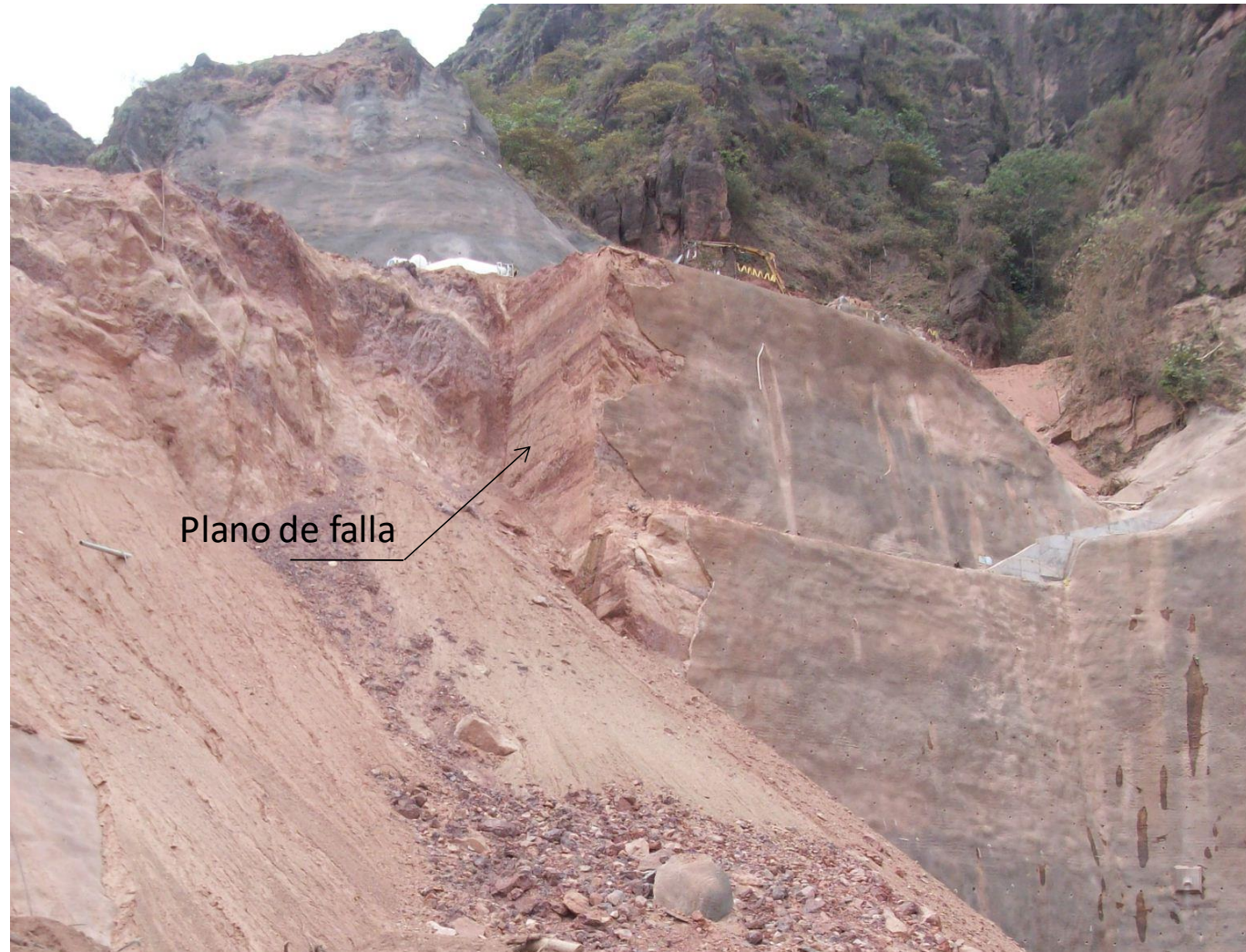
FALLA DE ALGECIRAS Y
RELACIÓN CON SISMICIDAD
HISTÓRICA Y RECIENTE.
NÓTENSE LAS DISTANCIAS
DE LOS EPICENTROS DE
SISMOS COMO EL DE 1944 Y
1972, LOS CUALES NO HAN
SIDO REPORTADOS EN LOS
ESTUDIOS DE EMGESA –
INGETEC. POR OTRA PARTE,
LA DISTANCIA EPICENTRAL DE
UN SISMO TAN FUERTE COMO
EL DE 1827 ES
PREOCUPANTE.



Fuente: TERRAE – GOBERNACIÓN DEL HUILA (2016),

REPRESA EL QUIMBO

PLANO DE FALLA
MESOSCÓPICA DE CARÁCTER
DEXTRAL EN LA EXCAVACIÓN
DE LA CASA DE MÁQUINAS



Plano de falla

REPRESA EL QUIMBO

LISTADO DE SISMICIDAD INDUCIDA RELACIONADA CON EMBALSES

Fuente: TERRAE – GOBERNACIÓN
DEL HUILA (2016),



Table 1
Reported cases of reservoir-associated changes in seismicity

Name of the dam/reservoir	Country	Height of dam (m)	Reservoir volume (10 ⁶ m ³)	Year of impounding	Year of largest earthquake	Magnitude/intensity	References ^a
<i>Sites where earthquakes having magnitude ≥ 6.0 were triggered</i>							
Hsinfengkiang	China (PRC)	105	13,896	1959	1962	6.1	1, 2, 3
Kariba	Zambia – Zimbabwe	128	175,000	1958	1963	6.2	1, 2, 6
Koyna	India	103	2780	1962	1967	6.3	1, 2, 4, 5
Kremasta	Greece	160	4750	1965	1966	6.2	1, 2, 4, 5
<i>Sites where earthquakes having magnitude between 5.0 and 5.9 were triggered</i>							
Aswan	Egypt	111	164,000	1964	1981	5.6	2, 7
Benmore	New Zealand	110	2040	1964	1966	5.0	1, 2, 8
Charvak	Uzbekistan	148	2000	1971	1977	5.3	55
Eucumbene	Australia	116	4761	1957	1959	5.0	2
Geheyan	China	151	3400	1993	1997	VI	48a
Hoover	USA	221	36,703	1935	1939	5.0	1, 2, 10
Marathon	Greece	67	41	1929	1938	5.7	1, 2, 4, 5
Oroville	USA	236	4400	1967	1975	5.7	2, 11
Srinagarind	Thailand	140	11,750	1977	1983	5.9	65
Warna	India	80	1260	1987	1993	5.0	51
<i>Sites where earthquakes having magnitude between 4.0 and 4.9 were triggered</i>							
Aksombo Main	Ghana	134	148,000	1964	1964	V	2, 9
Bajina Basta	Yugoslavia	90	340	1966	1967	4.5–5.0	2, 5
Bhatsa	India	88	947	1981	1983	4.9	39
Bratsk	Russia	100	169		1996	4.2	48b
Camarillas	Spain	49	37	1960	1964	4.1	2, 4, 5
Canelles	Spain	150	678	1960	1962	4.7	2, 4, 5
Capivari–Cachoeira	Brazil	58	180	1970	1971	VI	31
Clark Hill	USA	60	3517	1952	1974	4.3	2, 12
Dahua	China (PRC)	74.5	420	1982	1993	4.5	56
Danjiangkou	China (PRC)	97	16,000	1967	1973	4.7	29
Foziling	China (PRC)	74	470	1954	1973	4.5	29
Grandval	France	88	292	1959	1963	V	1, 2, 4, 5
Hoa Binh	Vietnam	125		1988	1989	4.9	48c
Kastraki	Greece	96	1000	1968	1969	4.6	2
Kerr	USA	60	1505	1958	1971	4.9	1, 2, 9
Komani	Albania	130	1600	1985	1986	4.2	57
Kurobe	Japan	186	149	1960	1961	4.9	2, 13
Lake Baikal	Russia					4–4.8	49a
Lake Pukaki	New Zealand	106	9000	1976	1978	4.6	41
Manicouagan 3	Canada	108	10,423	1975	1975	4.1	2
Marimbondo	Brazil	94	6150	1975	1975	IV	32
Monteynard	France	155	275	1962	1963	4.9	1, 2, 4, 5
Nurek	Tadjikistan	317	1000	1972	1972	4.6	1, 2, 14
P. Colombia/V. Grande	Brazil	40/56	1500/2300	1973–1974	1974	4.2	33
Piastra	Italy	93	13	1965	1966	4.4	2, 4, 5
Pieve de Cadore	Italy	116	69	1949	1950	V	2, 15
Shenwo	China (PRC)	50	540	1972	1974	4.8	29
Vouglans	France	130	605	1968	1971	4.4	2, 4, 5
<i>Sites where earthquakes having magnitude < 4.0 were triggered</i>							
Acu	Brazil	31	2400	1983	1994	2.8	59
Blowering	Australia	112	1628	1968	1973	3.5	2

REPRESA EL QUIMBO

La CGR indica que el Ministerio de Ambiente otorgó permiso de sustracción **sin la existencia de un estudio técnico previo** que considerara las características ambientales y sociales del área a ser sustraída y que sobretodo, describiera los daños potenciales e impactos ambientales que sobre la zona recaerían una vez se construyera el proyecto. El hallazgo anterior, fue confirmado por la CGR al encontrar que en la respuesta del Ministerio no se argumentó el porqué de la ausencia de estudios previos de evaluación de la sustracción concedida.



Fuente: TERRAE – GOBERNACIÓN DEL HUILA (2016),

REPRESA EL QUIMBO

La CGR concluyó que **no existen evidencias de la compensación efectuada en el área sustraída**, con programas de restauración ecológica en 11.079,6 hectáreas de bosque seco tropical y que no se encontró evidencia documental en el expediente ni en los Informes de Cumplimiento Ambiental (ICA) del inicio de las actividades compensatorias de reforestación, así como tampoco de los cronogramas de restauración ni de reforestación exigidos en la licencia ambiental. Este incumplimiento se mantiene de acuerdo con la revisión del documento de Auditoría a la ANLA de la vigencia 2015 (CGR, 2016).



Fuente: TERRAE – GOBERNACIÓN DEL HUILA (2016),

REPRESA EL QUIMBO

El proceso de sustracción de la reserva forestal de la Amazonía afectada por la realización del proyecto El Quimbo, y claramente **incompatible con el objeto de la reserva definido por la Ley Segunda de 1959** – dada la pérdida total del área al ser inundada–, estuvo rodeado de trámites administrativos en ausencia de la documentación técnica requerida para el estudio de la zona.



Fuente: TERRAE – GOBERNACIÓN DEL HUILA (2016),

REPRESA EL QUIMBO

A pesar de la ausencia de información se **otorgó la sustracción de forma simultánea al otorgamiento de la licencia ambiental**; actuación que llama la atención ante la ausencia del estudio técnico que debía acompañar el trámite de la sustracción previo a otorgar la licencia ambiental, situación esta que fue señalada y confirmada por la CGR.



Fuente: TERRAE – GOBERNACIÓN DEL HUILA (2016),