

DATACIÓN POR FOTOLUMINISCENCIA DE FORMACIONES SUPERFICIALES DEL LLANO DE OVEJAS, CORDILLERA CENTRAL, ANTIOQUIA

CAROLINA GARCÍA LONDOÑO

Tesis para optar el título de:
Maestría en Ciencias de la Tierra

Director:

MICHEL HERMELIN ARBAUX

Proyecto Colciencias código 1216-0516867,
contrato No. RC 210-2004 con la Universidad EAFIT



Contenido

1. Objetivos
2. Hipótesis
3. Metodología
4. Alcances y Limitaciones
5. Aspectos Generales de la zona de estudio
6. Geología, Geomorfología, Superficies de Erosión
7. Estratigrafía de las Formaciones Superficiales
8. Principios del Método de Datación: Fotoluminiscencia (FL)
9. Metodologías para la Toma y Preparación de muestras para su datación con FL
10. Discusión de Resultados
11. Conclusiones



Objetivos

- Montaje del laboratorio de fotoluminiscencia (FL) Universidad EAFIT
- Definir una metodología para la toma y preparación preliminar de muestras arcillosas y elaboración de manuales de laboratorio completos.
- Aplicar el método de datación por FL en las formaciones superficiales del altiplano del Llano de Ovejas (LIO).



Hipótesis

- La *stoneline* se generó en forma simultánea en los altiplanos de San Nicolás y LIO durante un evento único de cambio climático hace aproximadamente 400 000 años, edad calculada con base en datos cronológicos de las cenizas superiores.
- La *stoneline* se generó durante varios eventos cortos de cambio climático por lo cual presentan edades diferentes dentro de un mismo altiplano.
- Los depósitos infrayacentes a la *stoneline* muestran evidencias de varios eventos climáticos extremos espaciados en el tiempo.



Metodología

- Revisión de bibliografía
- Selección de Cartografía digital de la zona de estudio
- Fotointerpretación detallada, fotogrametría digital (*pasantía en Universidad de Duesseldorf - Alemania*) y selección preliminar de sitios de muestreo
- Trabajo de campo:
 - Levantamiento y descripción de secciones estratigráficas con análisis mineralógico
 - Muestreo de campo para diferentes métodos de datación
 - Toma de datos con Gamaespectrómetro
- Trabajo de laboratorio:
 - Preparación de muestras para FL
 - Análisis mineralógico
 - Datación de muestras FL (Universidad McMaster, Canadá)
- Análisis y discusión de resultados
- Preparación del informe final



Alcances y Limitaciones

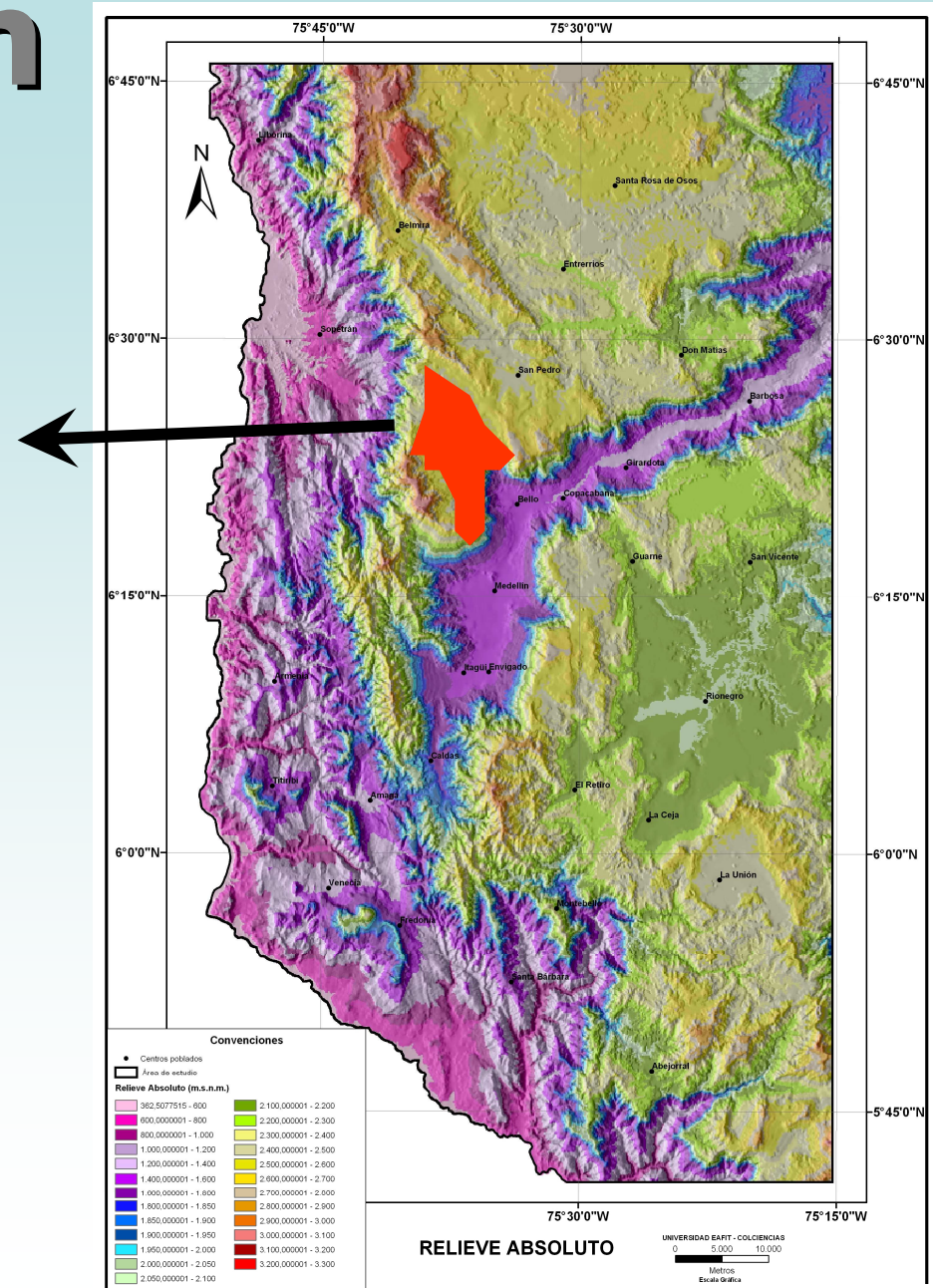
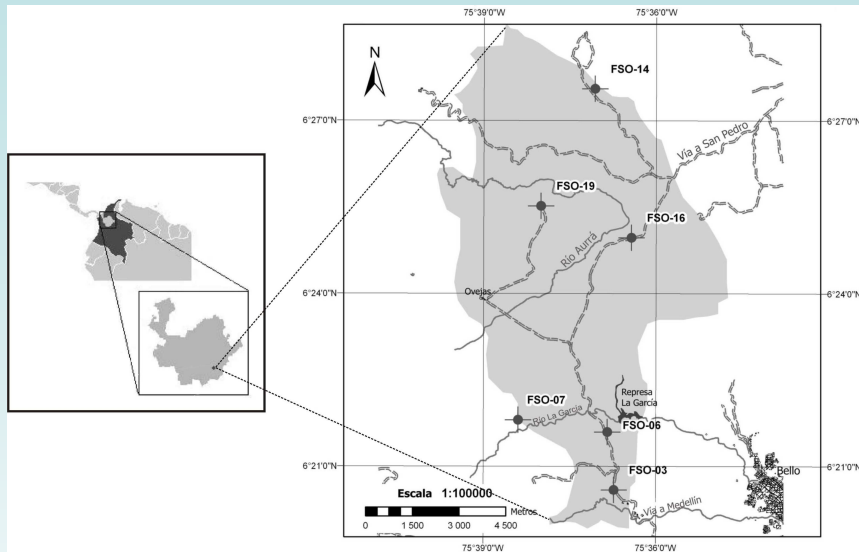
- Contribuir con el desarrollo de nuevas técnicas de datación aplicadas al Cuaternario.
- Problemas relacionados con la creación de un laboratorio con características muy específicas.
- Adecuación de las técnicas para preparación de muestras típicas del trópico húmedo.



ASPECTOS GENERALES



Localización



(Toro, Rendón y Ríos, sometido)

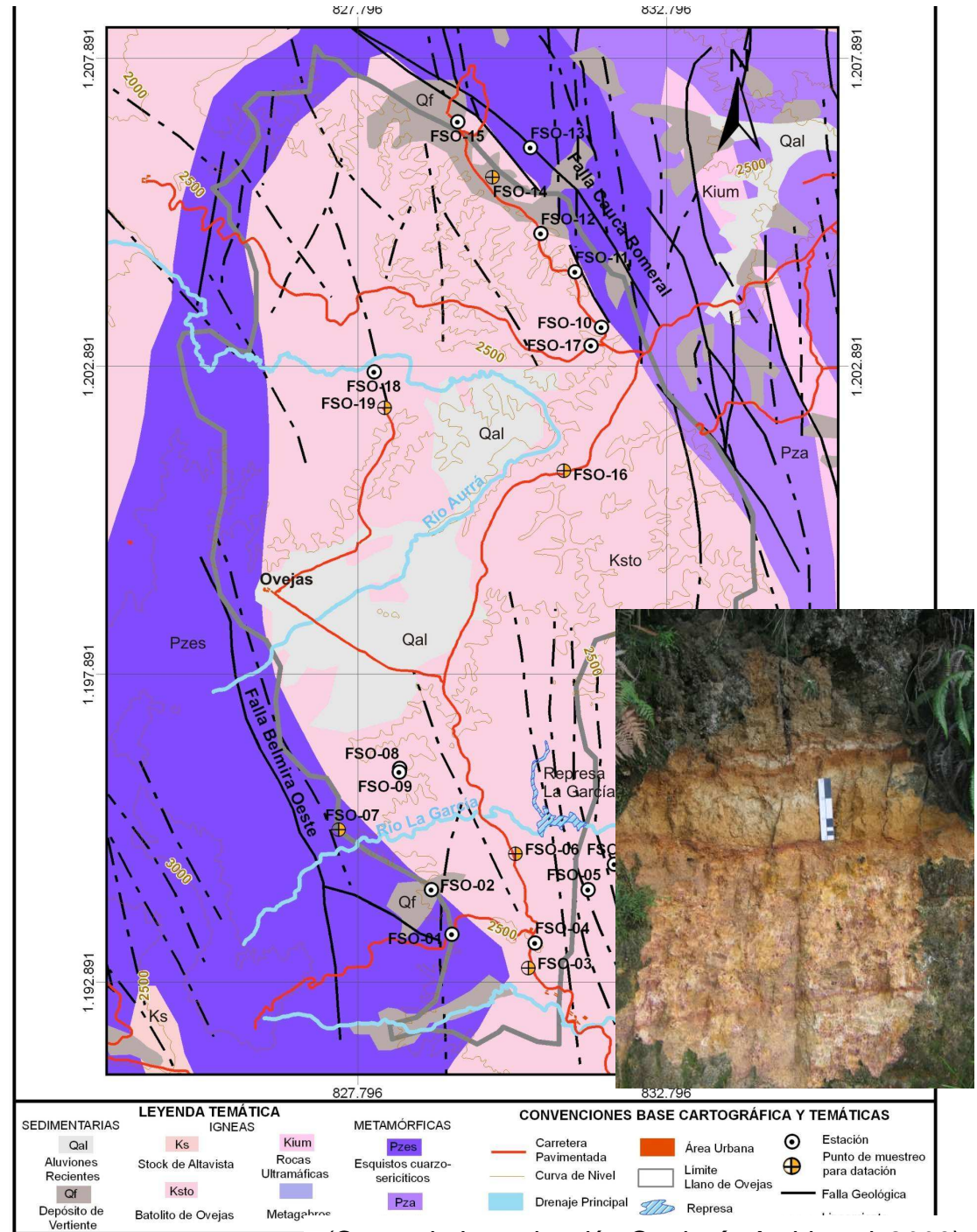
- Altiplano, altura base 2550 msnm (*Toro, Rendón y Ríos, sometido*)
- Precipitación media anual 1756 mm (*Gómez y Sánchez, 1999*)
- Temperatura media 15°C (*Gómez y Sánchez, 1999*)
- Bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB) (*Espinal, 1985*)

Geología y Marco Tectónico



Geología y Marco Tectónico

- Esquistos Cuarzo Sericíticos (Pzes)
- Anfibolitas (Pza)
- Batolito de Ovejas (Ksto): roca maciza, equigranular, tonalítica. Sapolito profundo



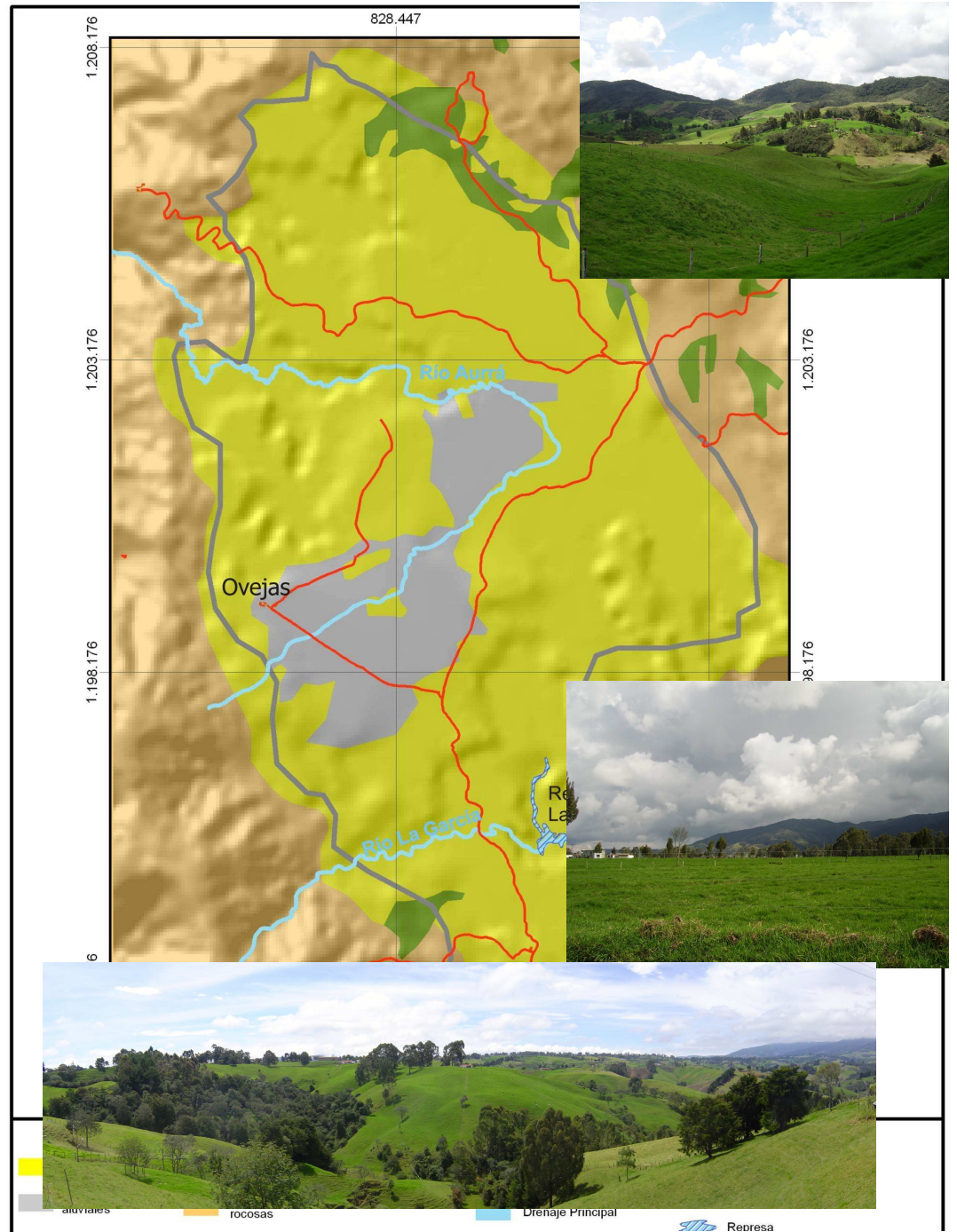
(Grupo de Investigación Geología Ambiental, 2006)

Geomorfología



Geomorfología

- Unidad de vertientes
 - Unidad de vertientes cubiertas por depósitos
 - Unidad de vertientes rocosas
- Unidad de colinas
- Unidad de llanuras aluviales



(Grupo de Investigación Geología Ambiental, 2006)

Superficies de erosión



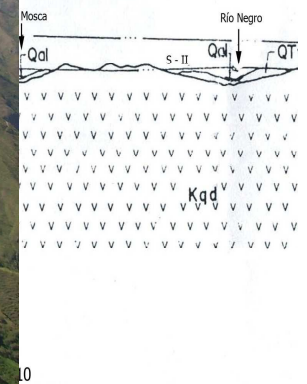
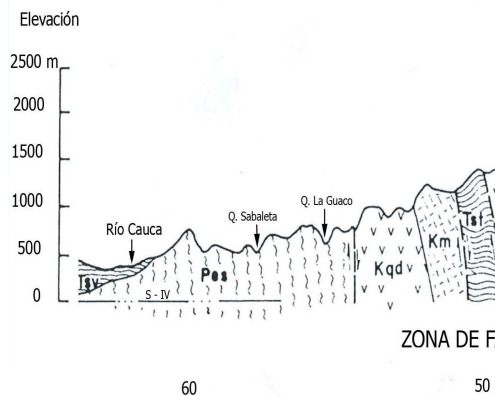
Génesis

- Zonas de origen erosivo relativamente planas a suavemente onduladas (*Ollier, 1981; Widdowson, 1997*) formadas a nivel del mar
- Formadas por sucesivos levantamientos seguidos por periodos de quietud orogénica con aplanamientos por erosión laminar
- En la Cordillera Central, la antigüedad y posición de los remanentes sugieren procesos orogénicos e implican tasas de erosión muy bajas durante periodos prolongados (*Page y James, 1981*)



Zona de estudio

- Altiplanos de la Cordillera Central a alturas diferentes. *Page & James (1981)*
 - 3 niveles; 65 a 3 millones de años (Pre S-I, S-I y S-II)
 - Llano de Ovejas → S II (*Toro, Rendón & Ríos, sometido: bloque tectónico independiente*)

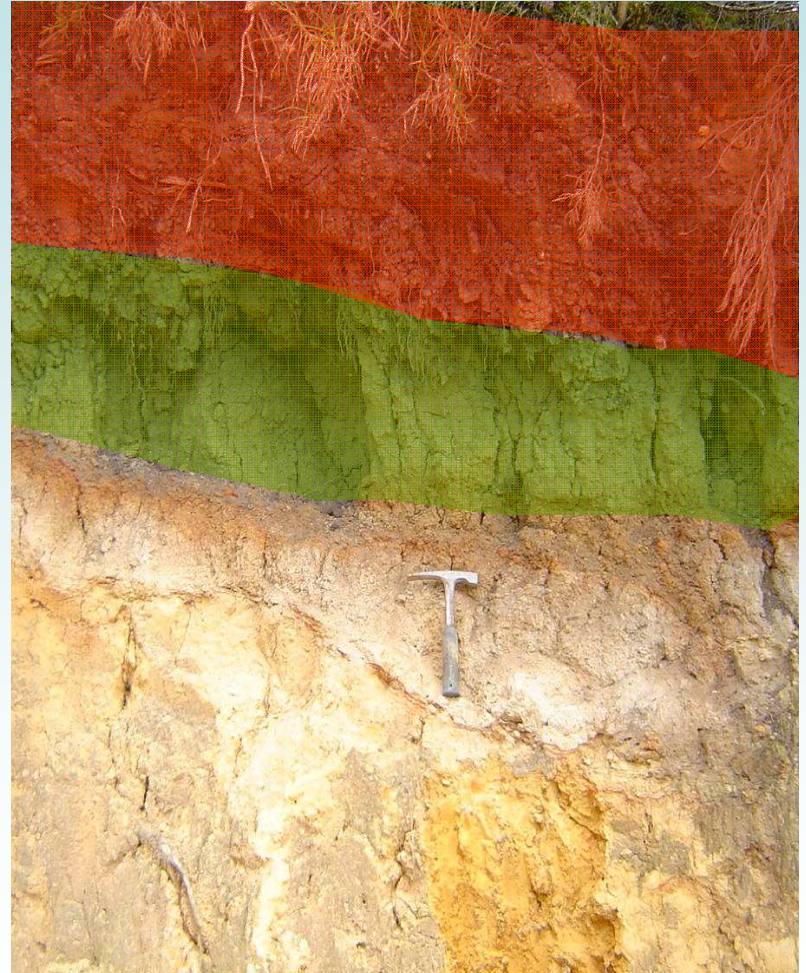


Estratigrafía de las Formaciones Superficiales

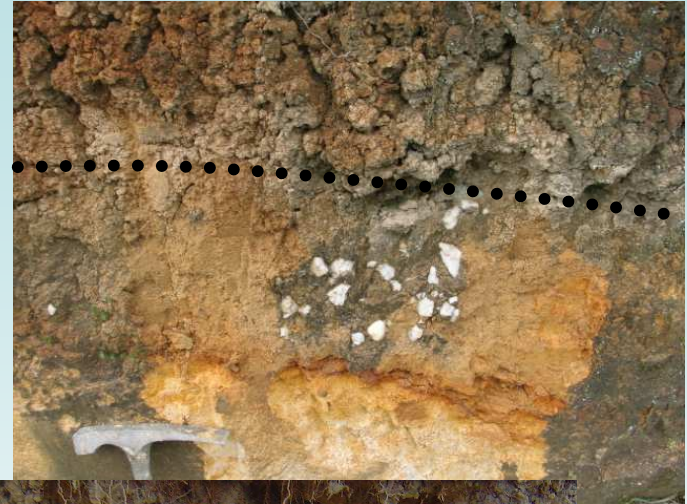


Estratigrafía de las Formaciones Superficiales

- Horizonte A derivado de ceniza volcánica, (15 a 80 cm)
- Cenizas volcánicas meteorizadas, color verde oliva (20 a 90 cm)



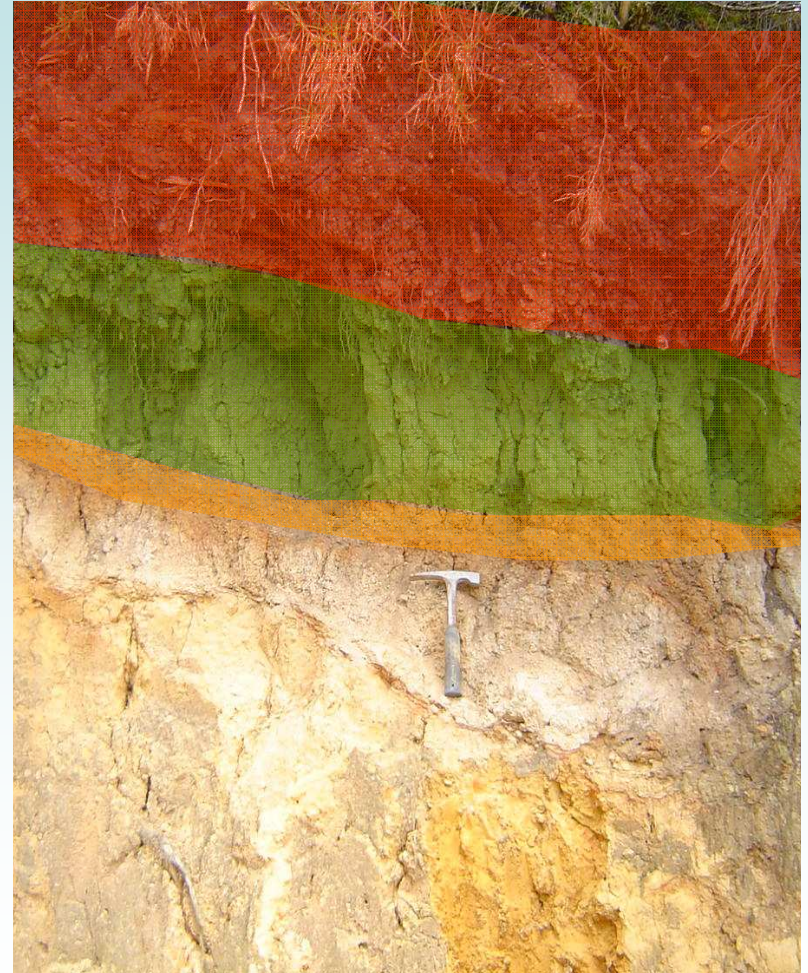
Cenizas Volcánicas



- Origen: Macizo Ruiz Tolima
- Capa continua, sigue a la topografía
- Unidad superior (sobre *stoneline*), 7 unidades, 8 000 y 37 000 años
(Toro y Hermelin, 1990)

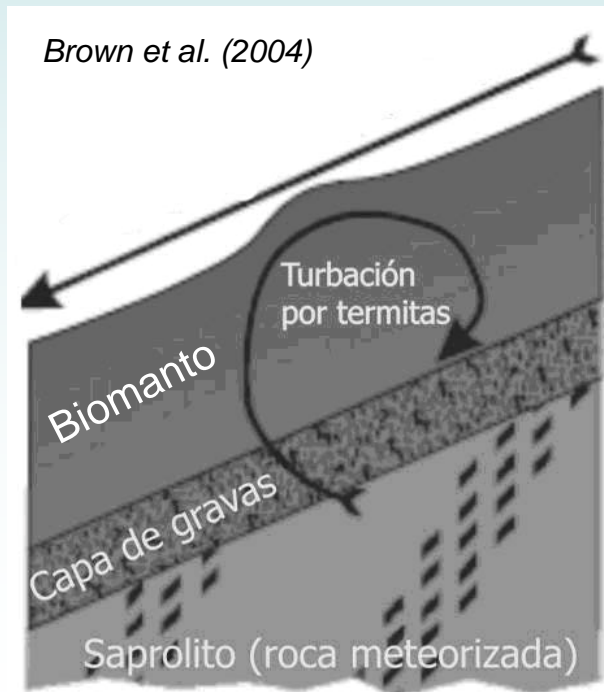
Estratigrafía de las Formaciones Superficiales

- Horizonte A derivado de ceniza volcánica, (15 a 80 cm)
- Cenizas volcánicas meteorizadas (20 a 90 cm)
- *Stoneline* (5 a 20 cm)



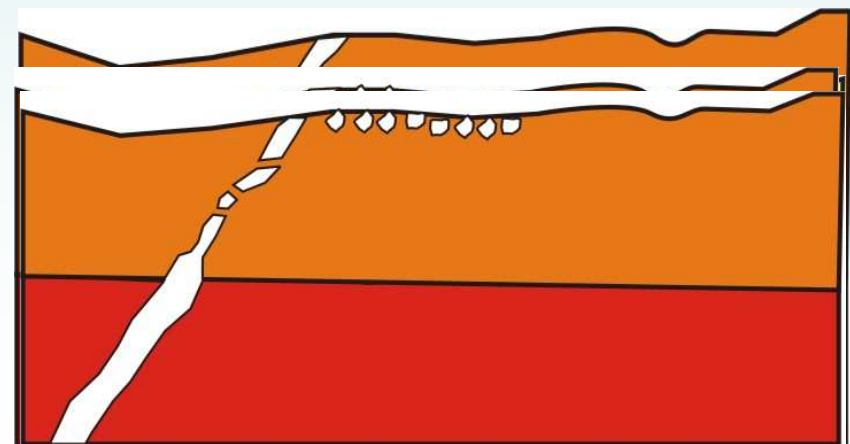
Formación de la Stoneline

- Horizonte de acumulación propio de regiones tropicales constituido por clastos resistentes cubierto por depósitos más recientes
- Origen diverso
 - autóctono o alóctono
 - Por bioturbación (contemporáneo, baja erosión) o procesos erosivos (fenómeno climático del pasado, intensa erosión)



Por bioturbación

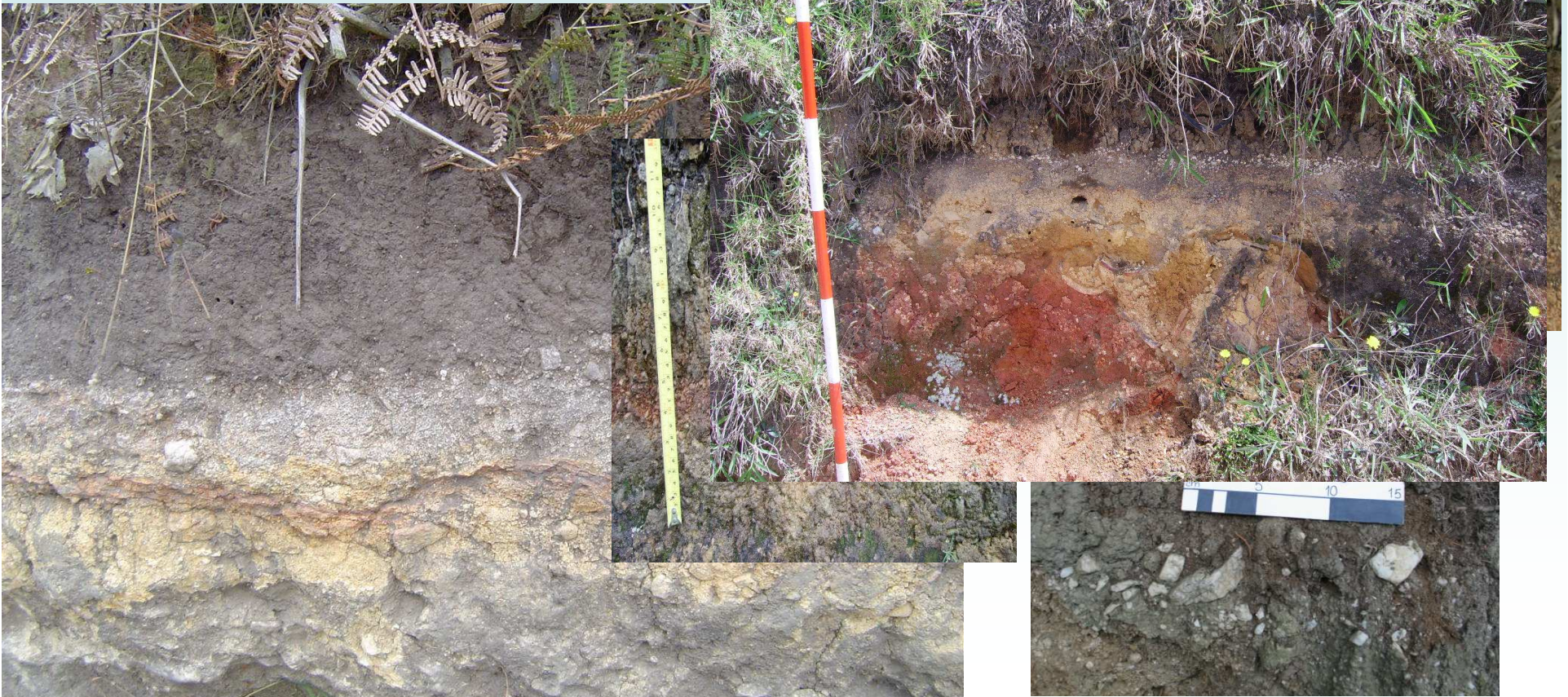
Depósito
Saprolito
Saprolito
Roca
Roca



Por procesos erosivos

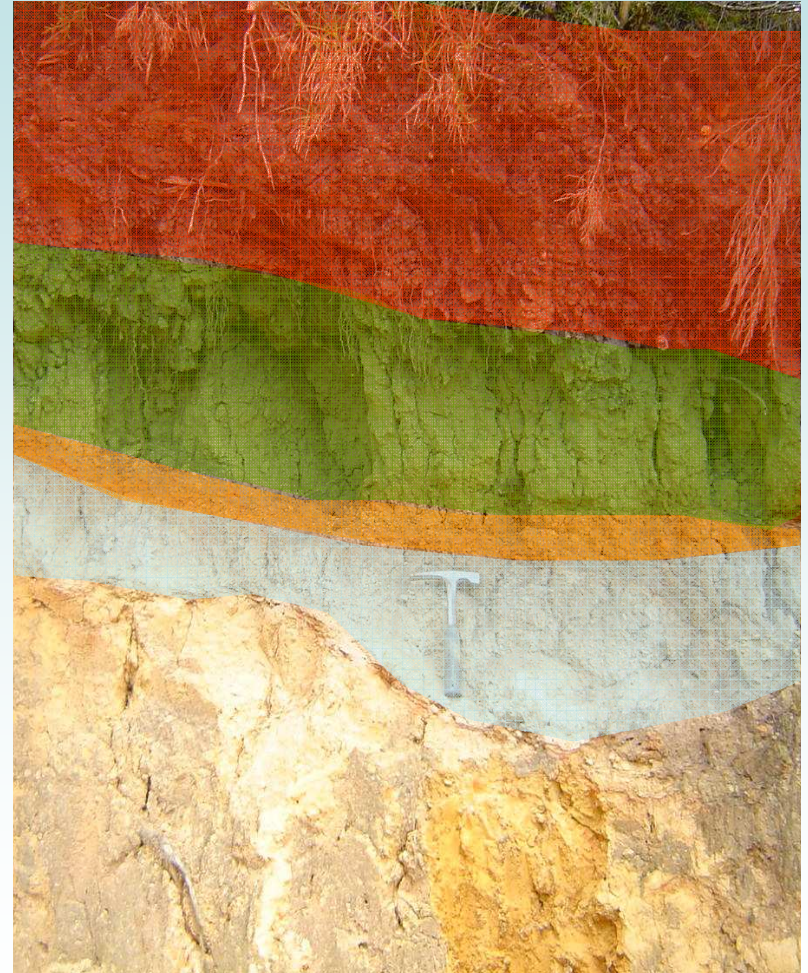
Stoneline

- Capa localmente continua de clastos, paralela a la topografía, de carácter regional
- Edad??? 0.44+/-0.09Ma (Toro, 1999)
- Clastos de diverso tamaño
- matriz arcillo arenosa variable
 - En la base de horizonte tipo gle



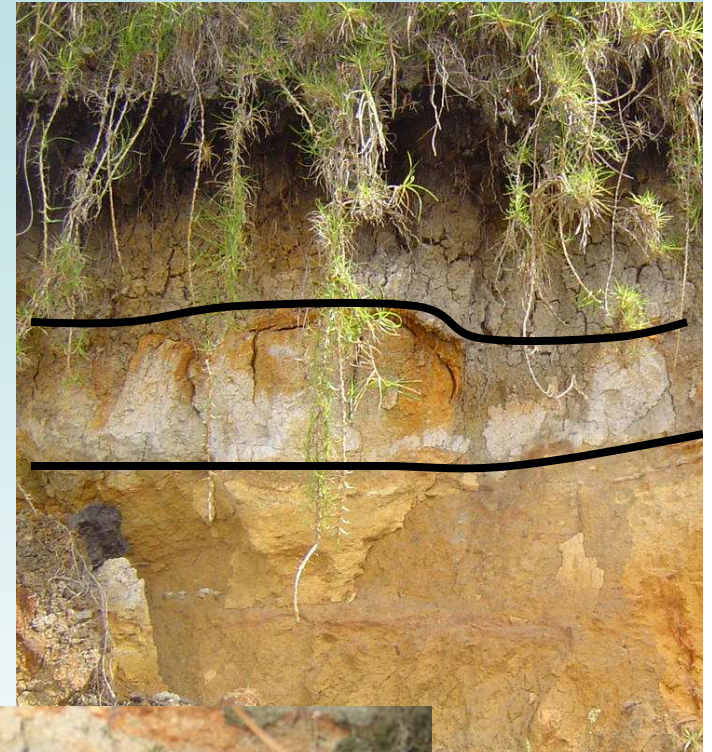
Estratigrafía de las Formaciones Superficiales

- Horizonte A derivado de ceniza volcánica, (15 a 80 cm)
- Cenizas volcánicas meteorizadas (20 a 90 cm)
- Stoneline (5 a 20 cm)
- Horizonte tipo gley (5 a 100 cm), gris a gris verdoso. Ubicación variable, no continuo.



Horizonte tipo gley

- Horizontes pobremente drenados → condiciones de saturación anaeróbicas
- Redistribución del hierro por fluctuaciones del nivel del agua
 - clima de estaciones secas y húmedas contrastantes
 - Condiciones locales de saturación
- En El Tambo 2.11 +/- 0.14 Ma (*Toro, 1999*) ???



Estratigrafía de las Formaciones Superficiales

- Horizonte A derivado de ceniza volcánica, (15 a 80 cm)
- Cenizas volcánicas meteorizadas (20 a 90 cm)
- Stoneline (5 a 20 cm)
- Horizonte tipo gley (5 a 100 cm). Ubicación variable.
- Depósitos aluviales y/o de vertiente (20 a 600 cm).



Depósitos

➤ **Aluviales:** acumulaciones no consolidadas, material mal seleccionado, descompuesto, textura variable



Depósitos

➤ **De vertiente:** acumulación de materiales procedentes de laderas circundantes, inmaduros, con bloques muy meteorizados



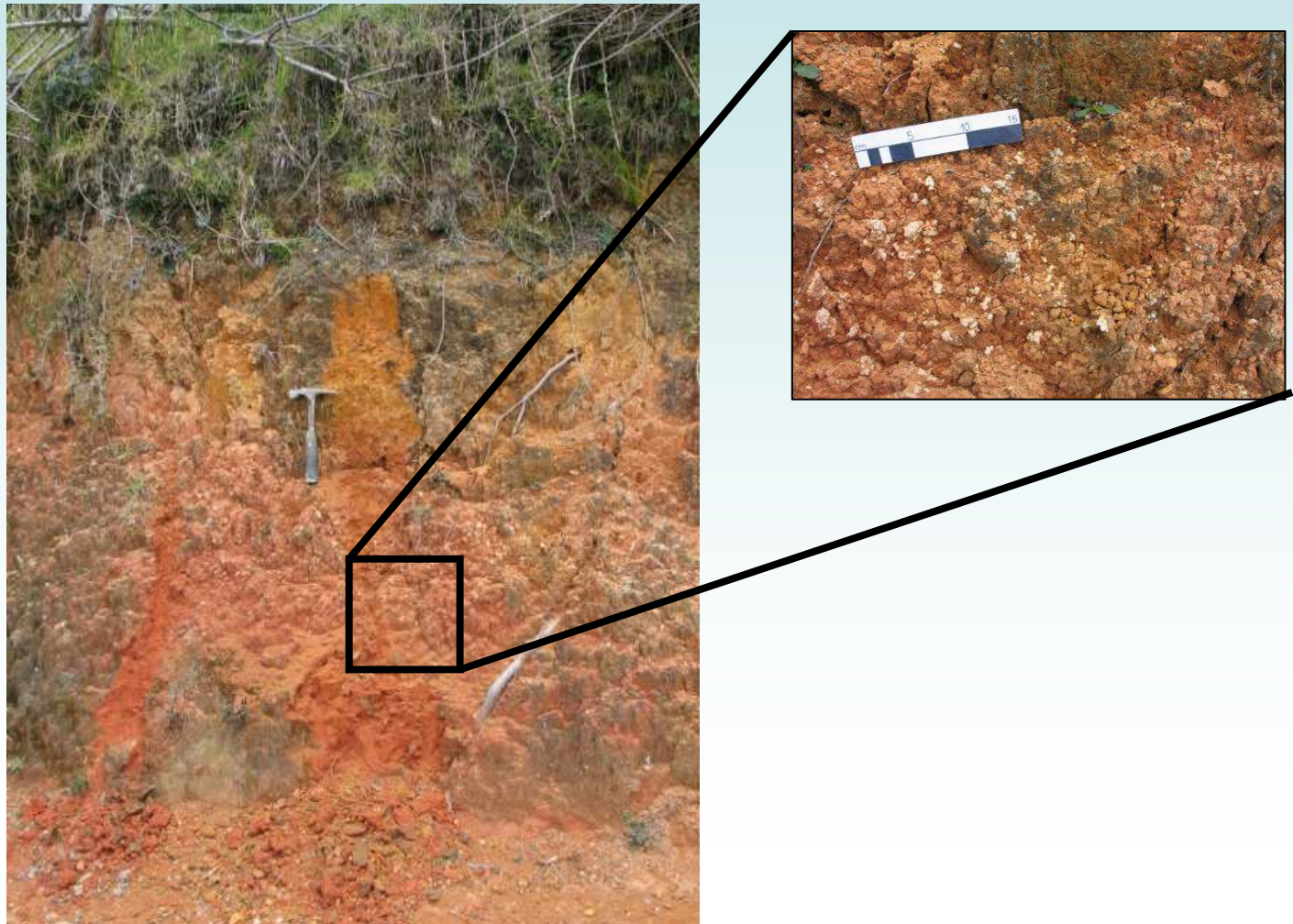
Estratigrafía de las Formaciones Superficiales

- Horizonte A derivado de ceniza volcánica, (15 a 80 cm)
- Cenizas volcánicas meteorizadas (20 a 90 cm)
- Stoneline (5 a 20 cm)
- Horizonte tipo gley (5 a 100 cm). Ubicación variable.
- Depósitos aluviales y/o de vertiente (5 a 90 cm).
- Saprolito del Batolito de Ovejas
- Horizonte rojo discontinuo



Horizonte rojo

- Depósitos que forman horizonte discontinuo con acumulaciones de gibbsita generada por bioturbación



Estratigrafía de las Formaciones Superficiales

- Horizonte A derivado de ceniza volcánica, (15 a 80 cm)
- Cenizas volcánicas meteorizadas (20 a 90 cm)
- Stoneline (5 a 20 cm)
- Horizonte tipo gley (5 a 100 cm). Ubicación variable.
- Depósitos aluviales y/o de vertiente (5 a 90 cm).
- Saprolito del Batolito de Ovejas
- Horizonte rojo discontinuo
- Ferricretas



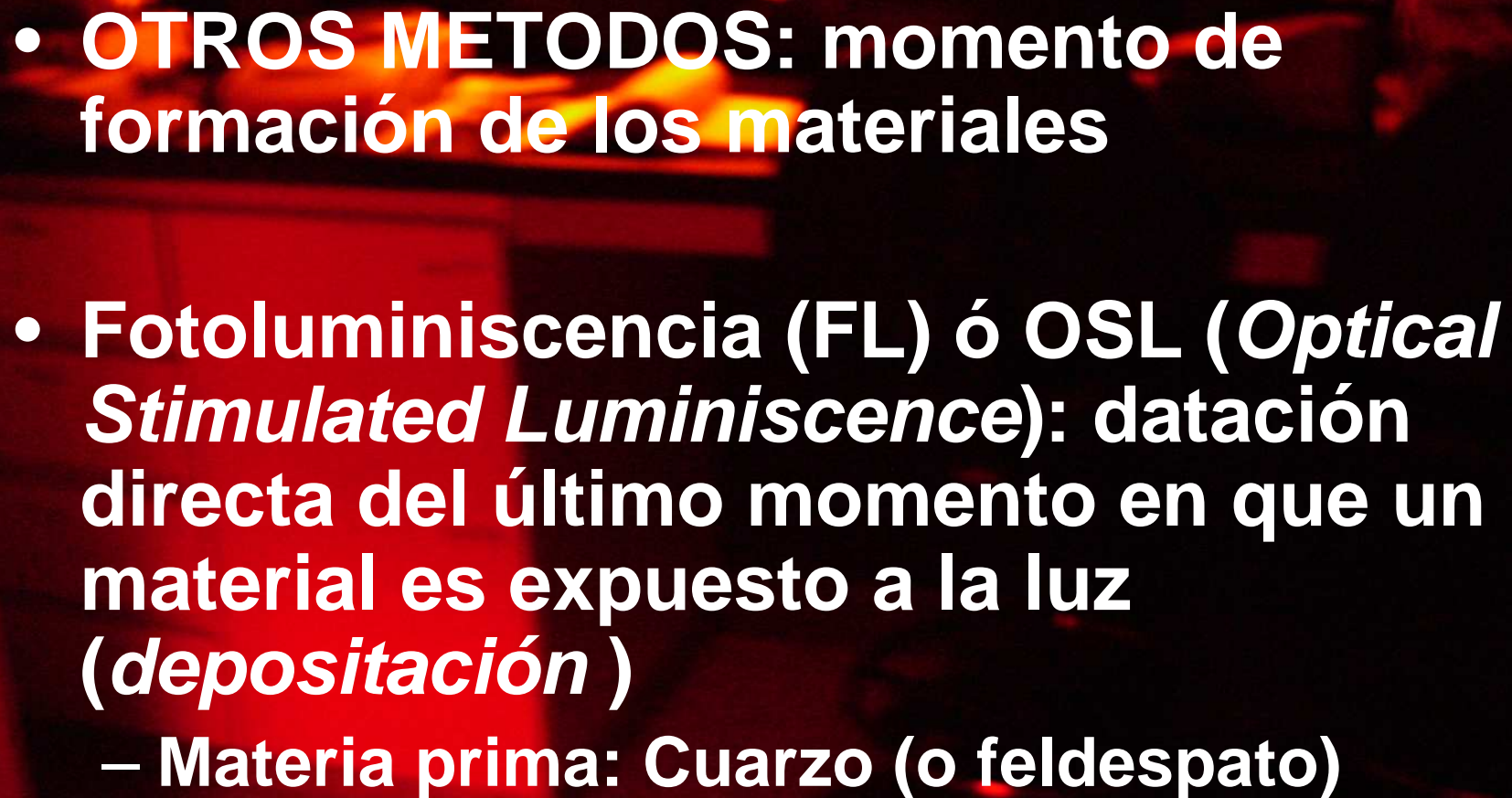
Ferricretas

- Presencia constante de acumulaciones de hierro, en forma de laminas o costras constituyen contacto netos





FOTOLUMINISCENCIA: principios teóricos

- 
- **OTROS METODOS: momento de formación de los materiales**
 - **Fotoluminiscencia (FL) ó OSL (*Optical Stimulated Luminescence*): datación directa del último momento en que un material es expuesto a la luz (*depositación*)**
 - **Materia prima: Cuarzo (o feldespato)**

RECONSTRUCCION AMBIENTAL

**CORRELACION DE DEPOSITOS
SEPARADOS ESPACIALMENTE**

PALEOCLIMATOLOGÍA

APLICACIONES

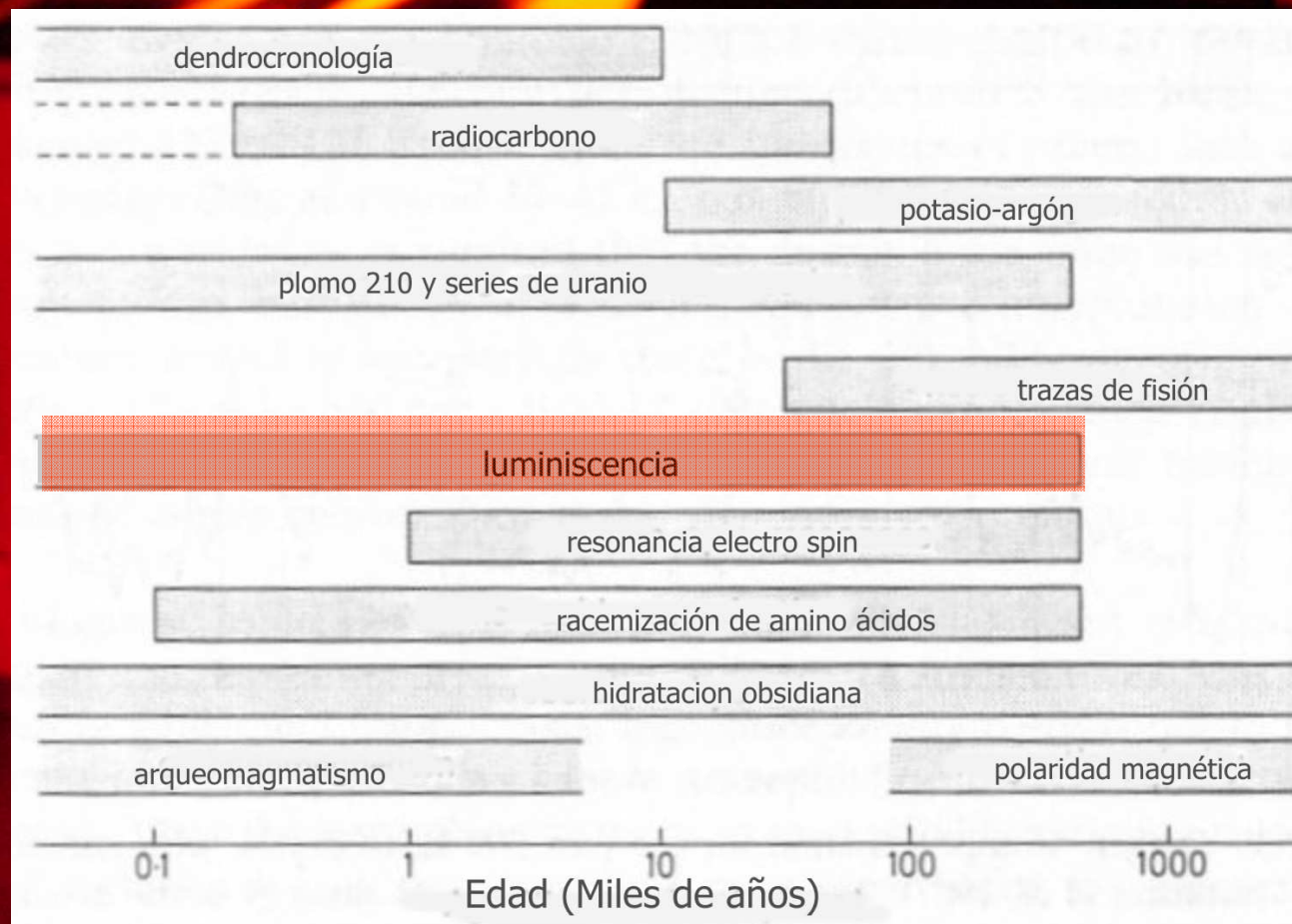
ARQUEOLOGIA

CIENCIAS FORENSES

DESASTRES NATURALES

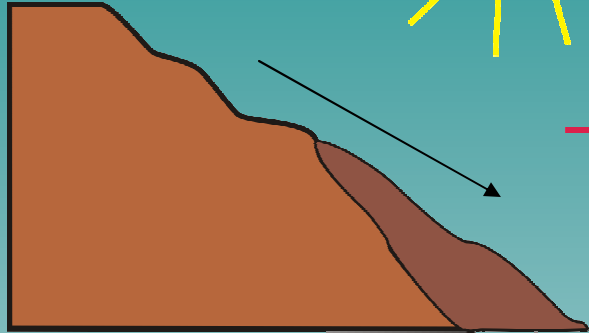
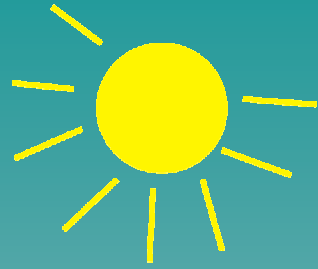
Rango

- Según tipo de muestra, circunstancias y técnica ~ 0 – 800 000 años



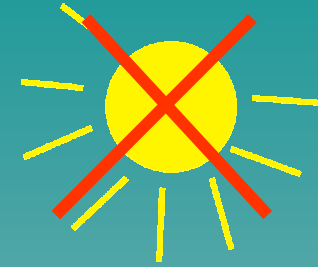
PRINCIPIOS TEORICOS

Deposición



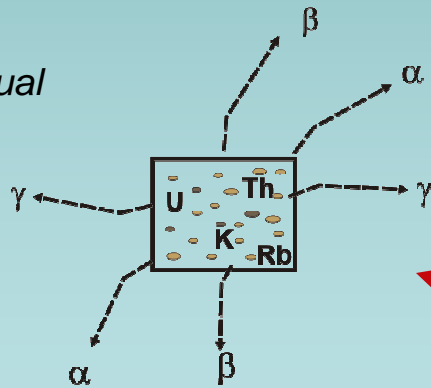
Señal latente = 0

Enterramiento

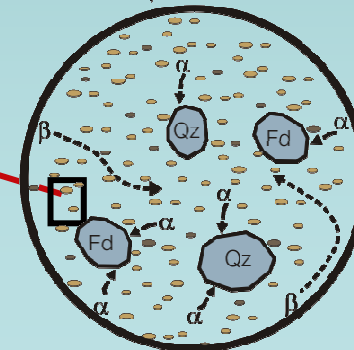


Señal latente ↑
Bleaching Event

Dosis Anual

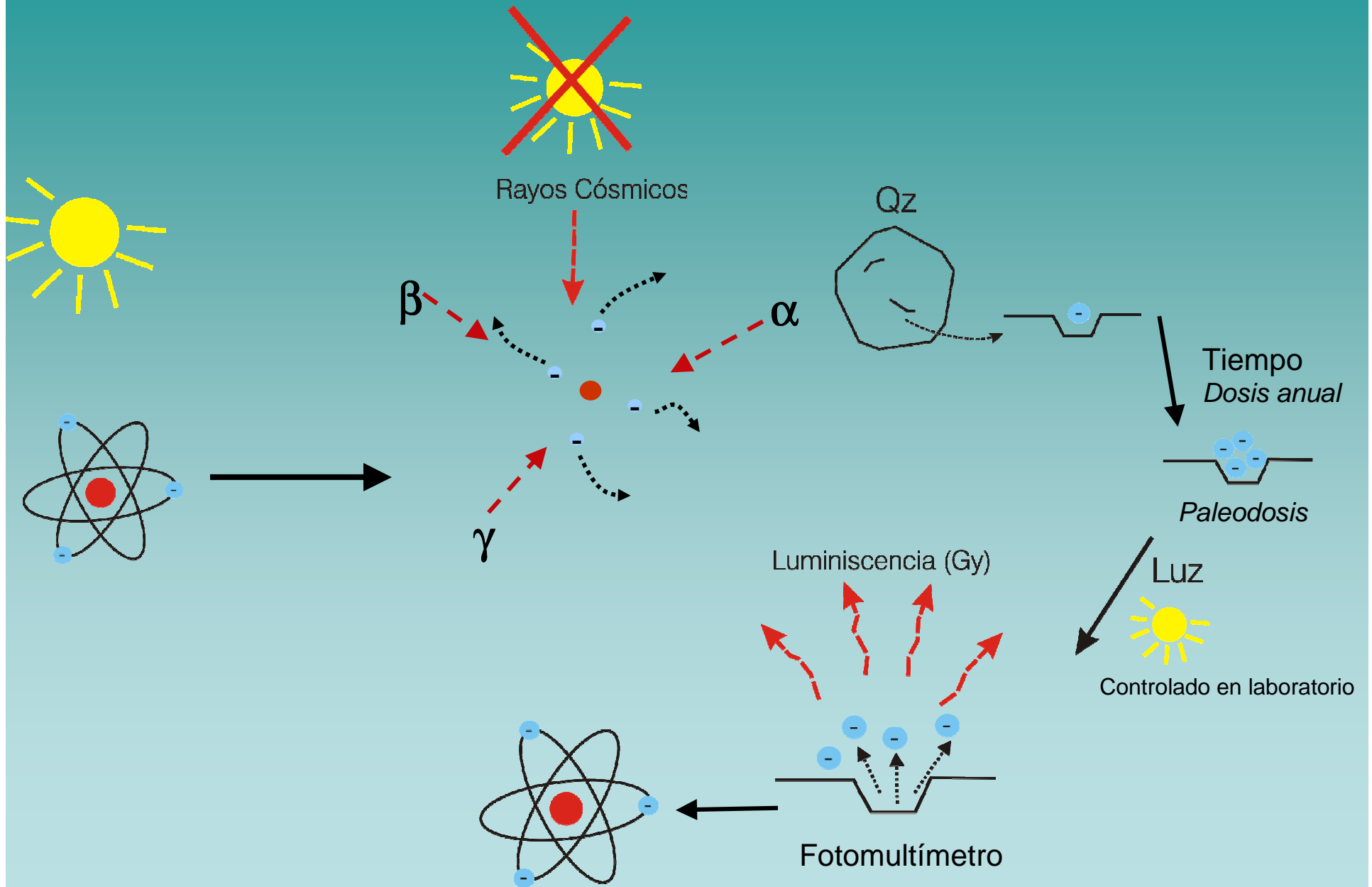


Rayos Cósricos




Flujo constante de radiación ionizante

QUE OCURRE A NIVEL ATOMICO?





$$\text{Edad (años)} = \frac{\text{Paleodosis (Gy)} e^{-}}{\text{Dosis Anual (Gy/a)}} = \frac{\text{Paleodosis (Gy)}}{(aD_{\alpha}W + D_{\beta}W + D_{\gamma}W) + D_c}$$



Toma de muestras

Muestreo



Equipo de Muestreo Univ *EAFIT*



Toma de Muestras



Superficie limpia; prof. min. 50 cm













Gammaespectrómetro

Cálculo de γ y rayos cósmicos



EG&G Micromat portable gamma spectrometer



<http://users.ugent.be/~pvdhaute/lumin.htm>



LABORATORIO – PREPARACIÓN DE MUESTRAS



**LABORATORIO DE FOTOLUMINISCENCIA
UNIVERSIDAD EAFIT, BLOQUE 14 - 205**

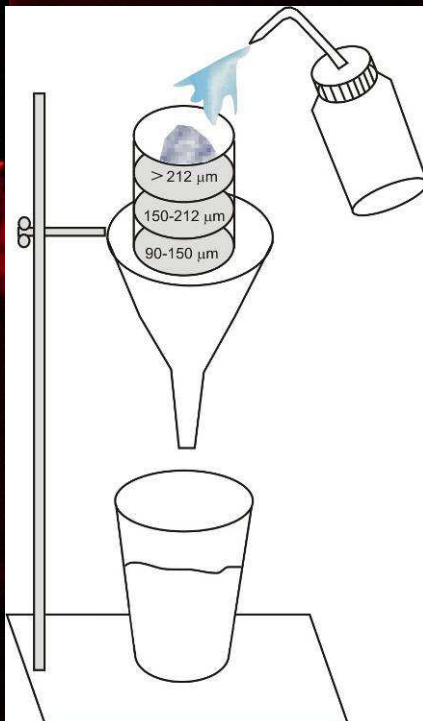


APERTURA DE NUCLEOS

- Secar 60°C y pesar
- Remover 5g para NAA
- Calgón - Agitador magnético



TAMIZADO



- 4 Fracciones
- Varias etapas
- Secar y pesar

CÁMARA DE EXTRACCIÓN DE GASES



Reacciones:

- HCl 33-37%
(fosf. y carbonatos)
- H₂O₂ 37-50%
(materia orgánica)
- HF (*próximamente*)
(plagioclasas y capa externa)
- Secar y pesar
- Calgón

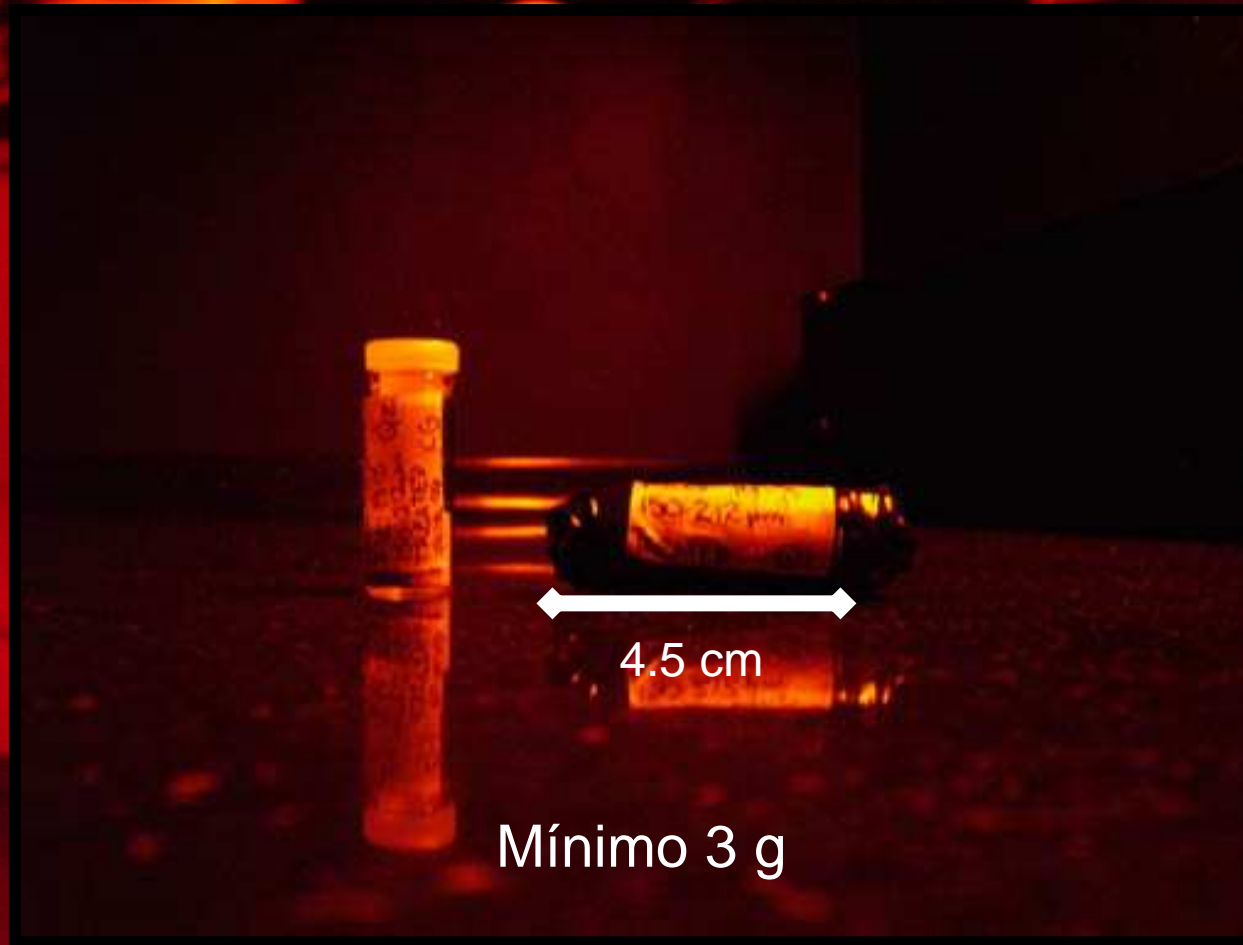
SEPARACION CON LIQUIDOS PESADOS



Sodio politungstato (SPT) - Densidad 2.67 g/cm³
Separa cuarzo – minerales pesados

➤ Lavar, secar y pesar

RESULTADO DEL TRATAMIENTO

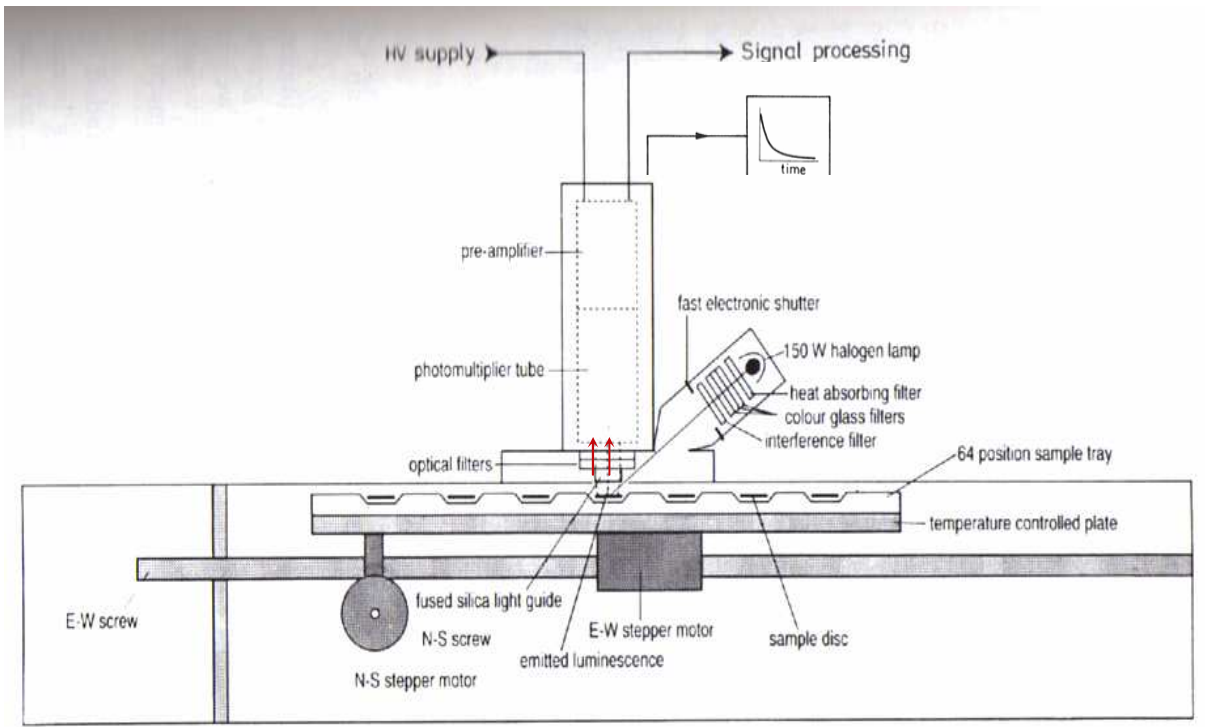


Análisis NAA (Neutron Activation Analysis)

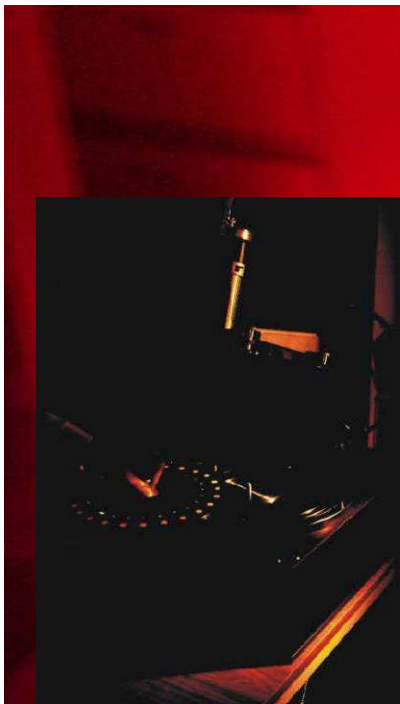


Sheffield Centre for International Drylands Research

Daybreak Alpha counters
Usados para determinar contenido de U, Th y K
(Cálculo de β y γ)



Fotomultímetro (Risø TL/OSL-DA-15)

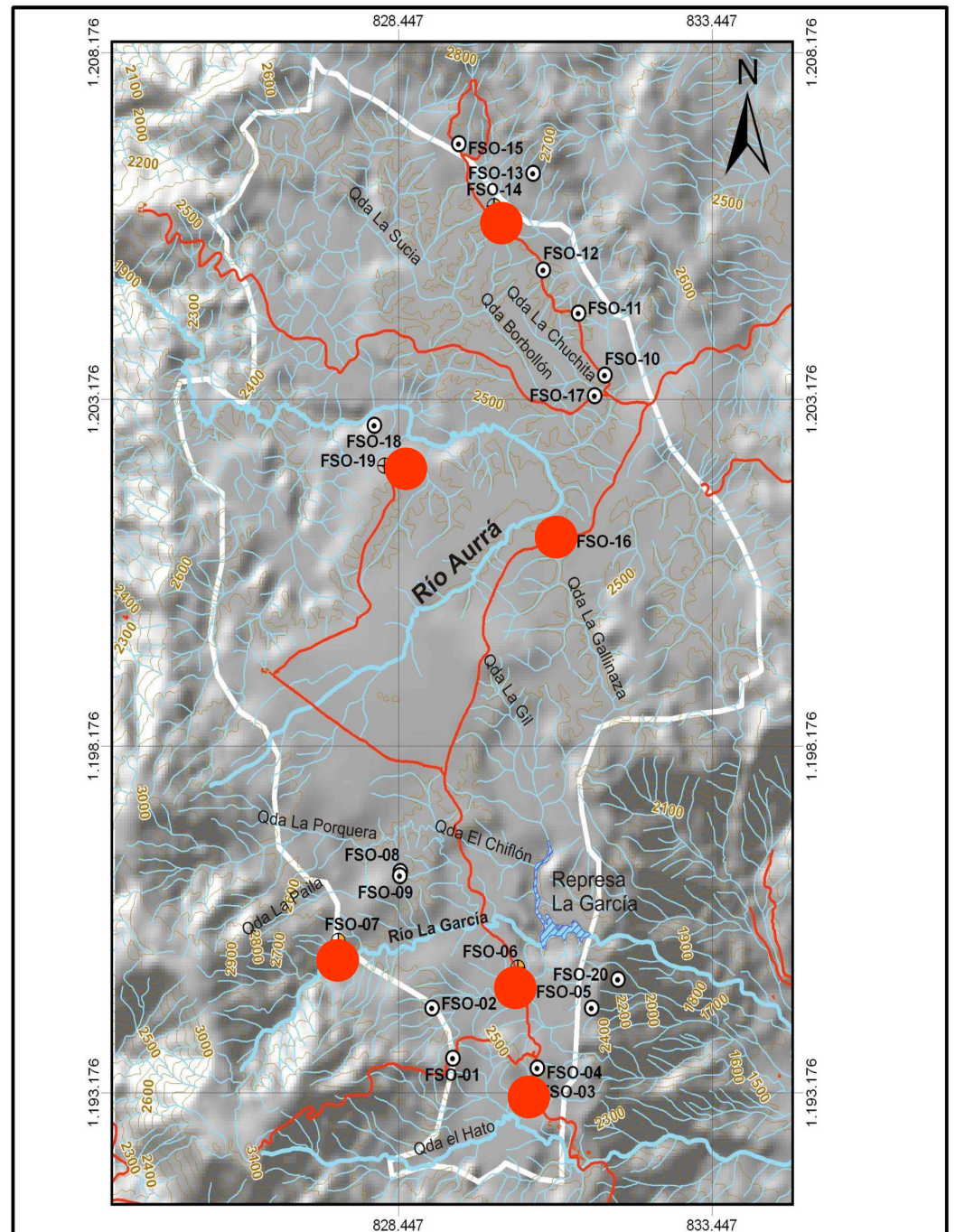


Resultados



Mapa de Estaciones

- 20 estaciones levantadas
- 7 estaciones seleccionadas



(Grupo de Investigación Geología Ambiental, 2006)

Muestras recolectadas para datación con FL

MUESTRA	Composición
FSO 03-3	Depósito aluvial
FSO 06-3	Depósito aluvial
FSO 07-2	Stoneline
FSO 07-3	Depósito aluvial
FSO 14-2	Stoneline/gley
FSO 14-4	Depósito aluvial
FSO 16-2A	Stoneline/gley
FSO 16-3	Depósito coluvial
FSO 19-2	Stoneline/gley
FSO 19-3	Depósito aluvial

10 muestras recolectadas, 7 muestras datadas

Edades FT de muestras datadas: *stoneline*

Muestra	Composición	De (Gy) ^a	²³⁸ -U (ppm) ^b	²³² -Th (ppm) ^b	K % ^b	Contenido de agua % ^c	Dosis Cósmica (μGy/a) ^d	Dosis Anual (μGy/a) ^e	Edad SAR OSL ^a	Error SAR OSL ±1σ(a) ^{&}	Dosis Anual (γGy/a) ^f	Edad SAR OSL ^{*&}	Error SAR OSL ±1σ(a) ^{*&}
FSO 06-3	Depósito aluvial	74.82 ± 4.46	2.66 ± 0.1	5.8 ± 0.37	0.1900 ± 0.0059	22.35	198.86	1238.2 ± 22	60 400	5 900	1400.36	53 400	5 900
FSO 07-2	Stoneline	52.57 ± 4.77	2.63 ± 0.1	10.31 ± 0.6	0.6869 ± 0.0182	41.80	180.46	1651.8 ± 27.9	31 800	4 500	1703.93	30 900	4 500
FSO 14-2	Stoneline/ gley	135.81 ± 9.81	2.20 ± 0.1	5.62 ± 0.36	0.5918 ± 0.0156	19.52	172.83	1436.6 ± 23.6	94 500	10 000	1453.71	93 400	10 000
FSO 16-2A	Stoneline/ gley	20.05 ± 2.11	2.13 ± 0.1	3.55 ± 0.24	0.0283 ± 0.0028	43.13	173.30	748.9 ± 15.4	26 800	3 800	830.95	24 100	3 800
FSO 16-3	Depósito coluvial	46.28 ± 13.13	2.53 ± 0.1	5.8 ± 0.37	0.0134 ± 0.0018	29.83	166.48	971.6 ± 20.2	47 600	14 000	994.43	66 700	14 000
FSO 19-2	Stoneline/ gley	46.28 ± 2.6	8.55 ± 0.1	13.34 ± 0.85	0.0711 ± 0.0042	38.90	183.42	2449.1 ± 35.4	18 900	2 300	n/a	n/a	n/a
FSO 19-3	Depósito aluvial	72.35 ± 5.31	5.58 ± 0.1	16.73 ± 1.05	0.0086 ± 0.0035	43.42	192.98	2012.3 ± 41.6	36 000	4 900	n/a	n/a	n/a

^a Dosis equivalente para el tamaño de máscara de 8 mm. El error es 1σ de la dosis equivalente media final

^b Valores de U, Th y K determinados por NAA

^c Contenido de agua como fracción del peso seco determinado por mediciones en el laboratorio

^d Valor de la tasa de dosis cósmica calculado usando una densidad sobreestimada de 2 g/cm³

^e Todas las dosis de β y γ fueron calculadas basadas en las concentraciones de U, Th y K de cada muestra tomando en cuenta los valores de humedad de la muestra

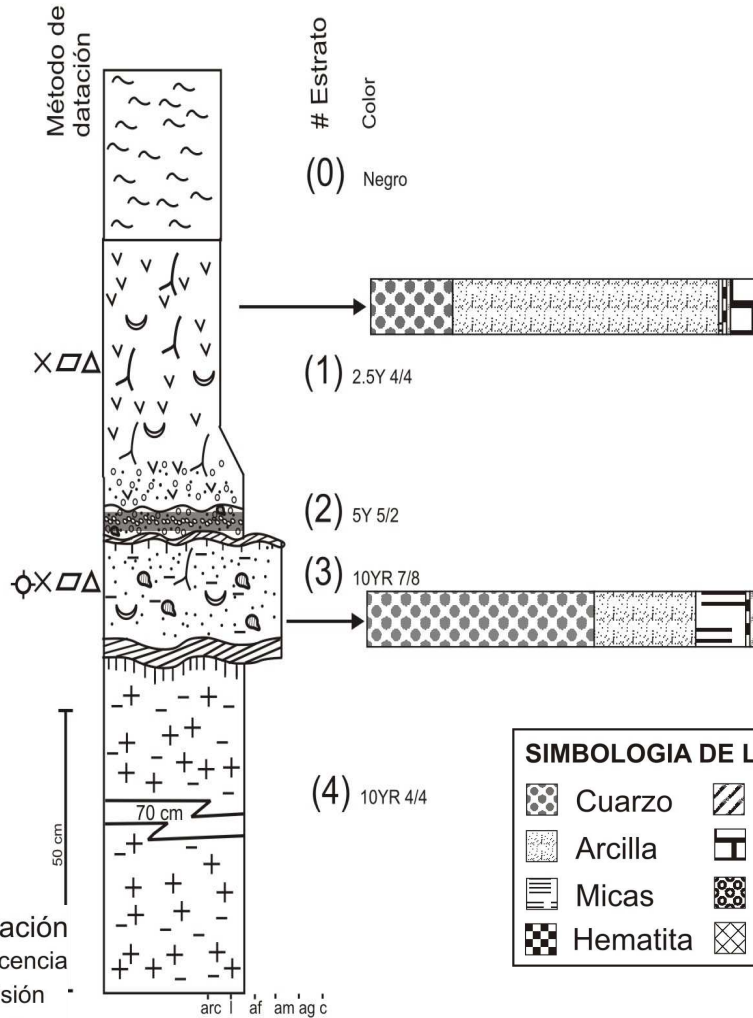
^f Dosis calculada con dosis γ in situ

* Valores de edades corregidos basados en ^f

& Valores redondeados a números sensibles de precisión

Columnas muestreadas

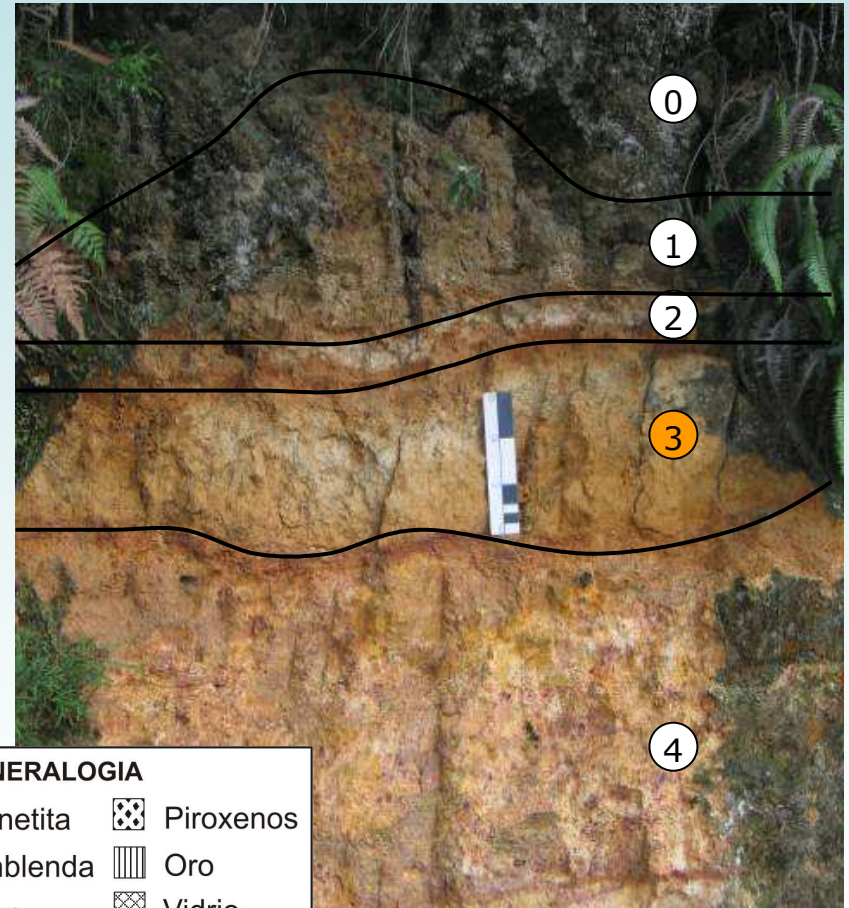
FSO 03



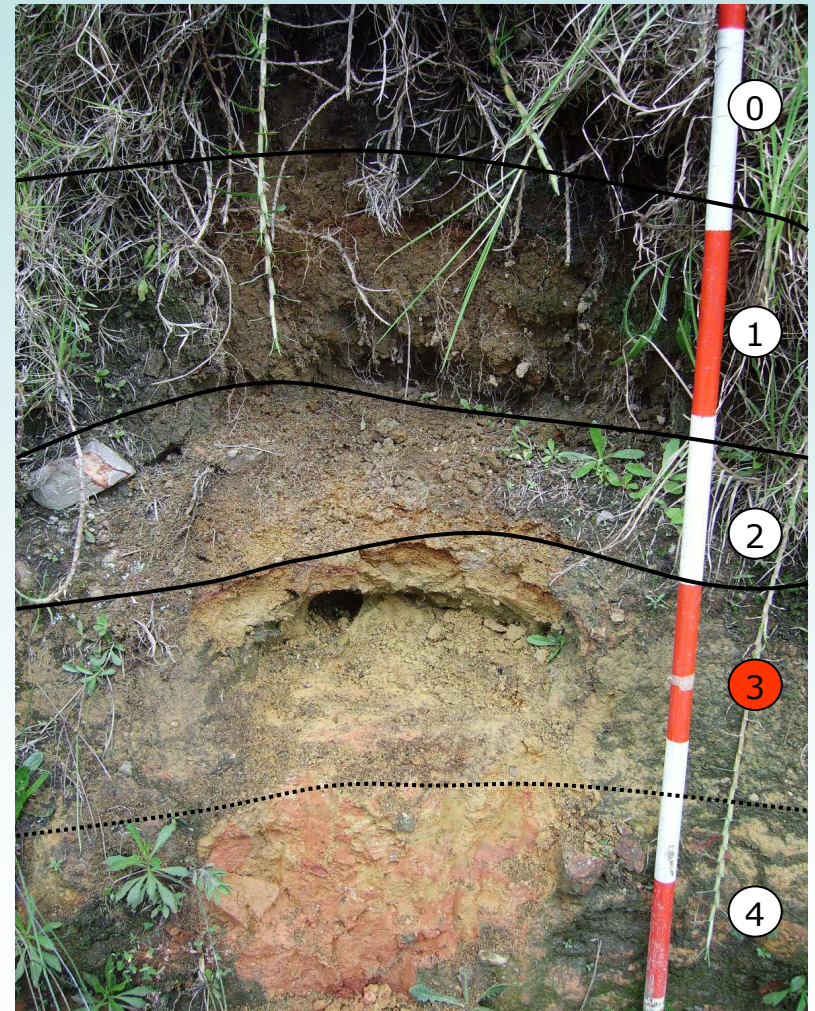
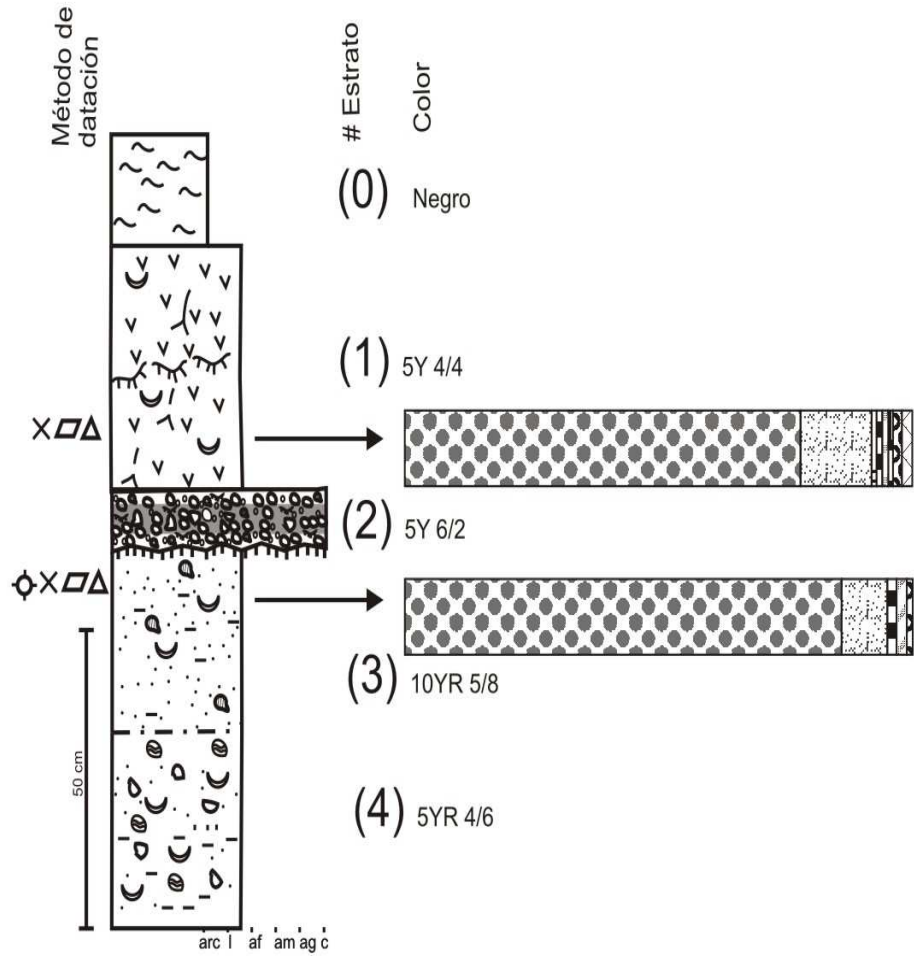
- Método de datación
- ⊕ Fotoluminiscencia
 - × Trazas de fisión
 - ▭ Paleomagnetismo
 - △ Pólen

SIMBOLOGIA DE LA MINERALOGIA

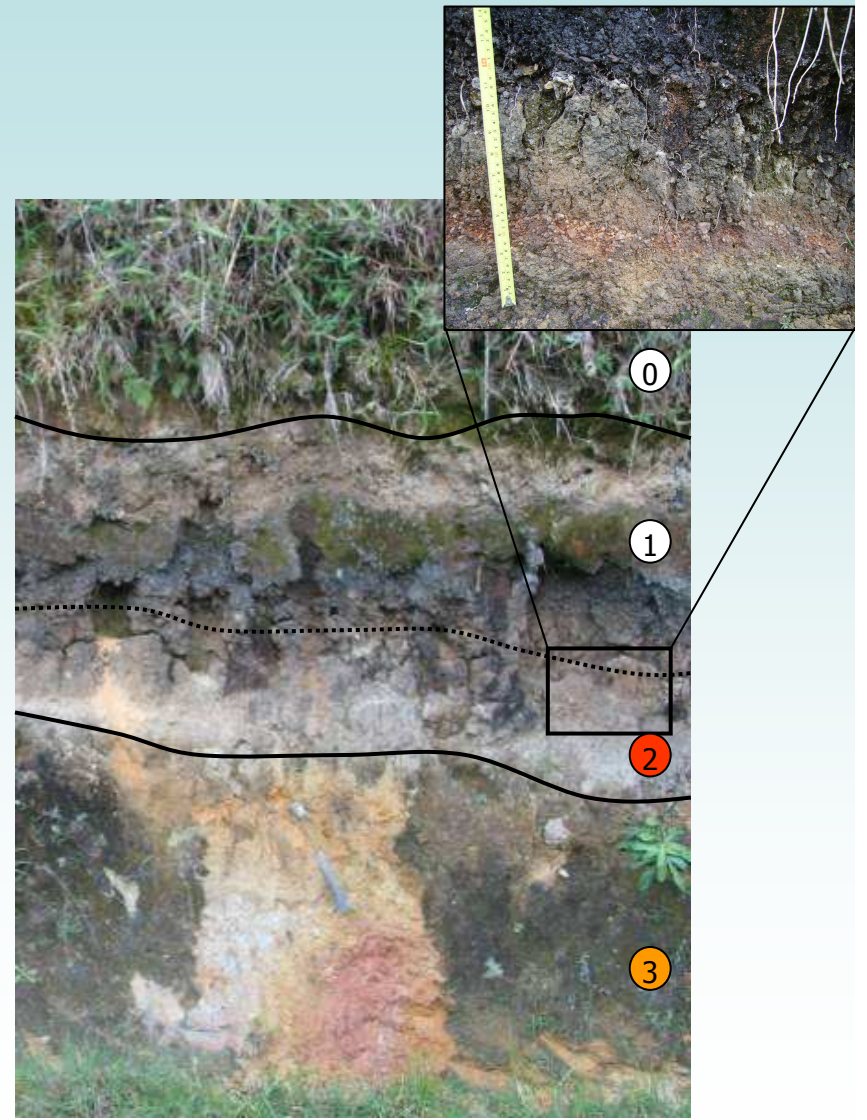
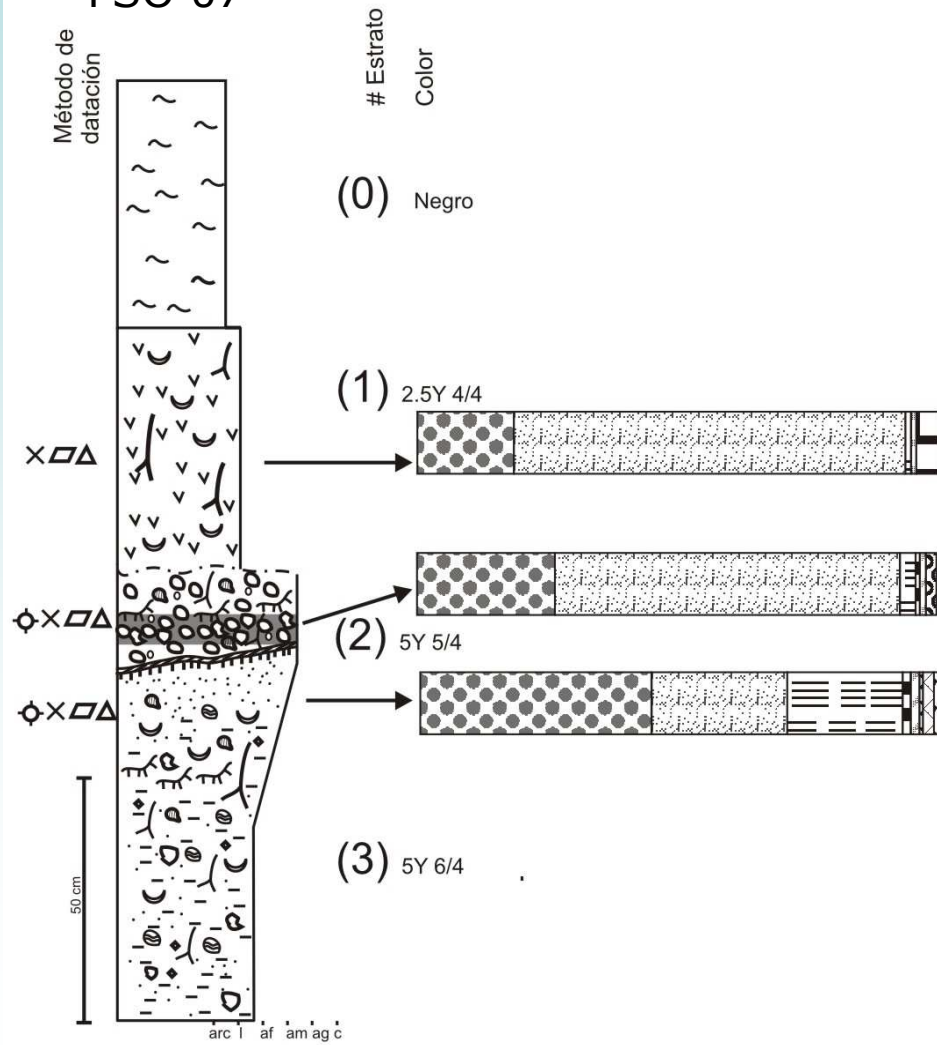
⊕	Cuarzo	▨	Magnetita	⊗	Piroxenos
▭	Arcilla	▩	Hornblenda	▨	Oro
▨	Micas	⊗	Zircon	▨	Vidrio
⊗	Hematita	⊗	Frag. roca		



FSO 06



FSO 07



Discusión de Resultados



Discusión de Resultados

- Resultado preliminar por ausencia datos completos
- Formaciones superficiales no correlacionables por métodos estratigráficos físicos, patrón ausente. Dificultó el planteamiento del modelo evolutivo .
- Por falta de resultados no se pudo realizar la correlación entre ambas superficies de erosión
- Horizonte tipo gley condiciones locales más que regionales.



Discusión de Resultados

- FSO 06-3; FSO 16-3; FSO 19-3; (FSO 14-2) → depósitos, condiciones húmedas propicias para la formación de depósitos aluviales y coluviales (60 000 a 28 000 años BP) (*Thouret et al., 1997*)



Edades FT de muestras datadas: depósitos

Muestra	Composición	De (Gy) ^a	238-U (ppm) ^b	232-Th (ppm) ^b	K % ^b	Contenido de agua % ^c	Dosis Cósmica (μ Gy/a) ^d	Dosis Anual (μ Gy/a) ^e	Edad SAR OSL ^a	Error SAR OSL ±1σ(a) ^{&}	Dosis Anual (γ Gy/a) ^f	Edad SAR OSL ^{*&}	Error SAR OSL ±1σ(a) ^{*&}
FSO 06-3	Depósito aluvial	74.82 ± 4.46	2.66 ± 0.1	5.8 ± 0.37	0.1900 ± 0.0059	22.35	198.86	1238.2 ± 22	60 400	5 900	1400.36	53 400	5 900
FSO 07-2	Stoneline	52.57 ± 4.77	2.63 ± 0.1	10.31 ± 0.6	0.6869 ± 0.0182	41.80	180.46	1651.8 ± 27.9	31 800	4 500	1703.93	30 900	4 500
FSO 14-2	Stoneline/ gley	135.81 ± 9.81	2.20 ± 0.1	5.62 ± 0.36	0.5918 ± 0.0156	19.52	172.83	1436.6 ± 23.6	94 500	10 000	1453.71	93 400	10 000
FSO 16-2A	Stoneline/ gley	20.05 ± 2.11	2.13 ± 0.1	3.55 ± 0.24	0.0283 ± 0.0028	43.13	173.30	748.9 ± 15.4	26 800	3 800	830.95	24 100	3 800
FSO 16-3	Depósito coluvial	46.28 ± 13.13	2.53 ± 0.1	5.8 ± 0.37	0.0134 ± 0.0018	29.83	166.48	971.6 ± 20.2	47 600	14 000	994.43	66 700	14 000
FSO 19-2	Stoneline/ gley	46.28 ± 2.6	8.55 ± 0.1	13.34 ± 0.85	0.0711 ± 0.0042	38.90	183.42	2449.1 ± 35.4	18 900	2 300	n/a	n/a	n/a
FSO 19-3	Depósito aluvial	72.35 ± 5.31	5.58 ± 0.1	16.73 ± 1.05	0.0086 ± 0.0035	43.42	192.98	2012.3 ± 41.6	36 000	4 900	n/a	n/a	n/a

^a Dosis equivalente para el tamaño de máscara de 8 mm. El error es 1σ de la dosis equivalente media final

^b Valores de U, Th y K determinados por NAA

^c Contenido de agua como fracción del peso seco determinado por mediciones en el laboratorio

^d Valor de la tasa de dosis cósmica calculado usando una densidad sobreestimada de 2 g/cm³

^e Todas las dosis de β y γ fueron calculadas basadas en las concentraciones de U, Th y K de cada muestra tomando en cuenta los valores de humedad de la muestra

^f Dosis calculada con dosis γ in situ

* Valores de edades corregidos basados en ^f

& Valores redondeados a números sensibles de precisión

- FSO 06-3; FSO 16-3; FSO 19-3; (FSO 14-2) → depósitos, condiciones húmedas propicias para la formación de depósitos aluviales y coluviales (60 000 a 28 000 años BP) (*Thouret et al., 1997*)
- FSO 07-2, FSO 16-2A y FSO 19-2 → *stoneline*, Último Glacial Máximo-UGM (28 000 a 14 000 años BP). Fuerte periodo erosivo con fluctuaciones climáticas, prevalecían condiciones secas y frías (*Van Geel, B. y Van der Hammen (1973), Helmens (1988), Clapperton (1993), Helmens et al. (1997), Thouret et al. (1997), Iriondo (1999), Van der Hammen y Hooghiemstra (2003), Vélez et al. (2003) Marchant et al. (2004), Torres et al. (2005) y González et al. (2006)*)



Edades FT de muestras datadas: *stoneline*

Muestra	Composición	De (Gy) ^a	²³⁸ -U (ppm) ^b	²³² -Th (ppm) ^b	K % ^b	Contenido de agua % ^c	Dosis Cósmica (μGy/a)	Dosis Anual (μGy/a) ^e	Edad SAR OSL ^a	Error SAR OSL ±1σ(a) ^{&}	Dosis Anual (γGy/a) ^f	Edad SAR OSL ^{*&}	Error SAR OSL ±1σ(a) ^{*&}
FSO 06-3	Depósito aluvial	74.82 ± 4.46	2.66 ± 0.1	5.8 ± 0.37	0.1900 ± 0.0059	22.35	198.86	1238.2 ± 22	60 400	5 900	1400.36	53 400	5 900
FSO 07-2	Stoneline	52.57 ± 4.77	2.63 ± 0.1	10.31 ± 0.6	0.6869 ± 0.0182	41.80	180.46	1651.8 ± 27.9	31 800	4 500	1703.93	30 900	4 500
FSO 14-2	Stoneline/ gley	135.81 ± 9.81	2.20 ± 0.1	5.62 ± 0.36	0.5918 ± 0.0156	19.52	172.83	1436.6 ± 23.6	94 500	10 000	1453.71	93 400	10 000
FSO 16-2A	Stoneline/ gley	20.05 ± 2.11	2.13 ± 0.1	3.55 ± 0.24	0.0283 ± 0.0028	43.13	173.30	748.9 ± 15.4	26 800	3 800	830.95	24 100	3 800
FSO 16-3	Depósito coluvial	46.28 ± 13.13	2.53 ± 0.1	5.8 ± 0.37	0.0134 ± 0.0018	29.83	166.48	971.6 ± 20.2	47 600	14 000	994.43	66 700	14 000
FSO 19-2	Stoneline/ gley	46.28 ± 2.6	8.55 ± 0.1	13.34 ± 0.85	0.0711 ± 0.0042	38.90	183.42	2449.1 ± 35.4	18 900	2 300	n/a	n/a	n/a
FSO 19-3	Depósito aluvial	72.35 ± 5.31	5.58 ± 0.1	16.73 ± 1.05	0.0086 ± 0.0035	43.42	192.98	2012.3 ± 41.6	36 000	4 900	n/a	n/a	n/a

^a Dosis equivalente para el tamaño de máscara de 8 mm. El error es 1σ de la dosis equivalente media final

^b Valores de U, Th y K determinados por NAA

^c Contenido de agua como fracción del peso seco determinado por mediciones en el laboratorio

^d Valor de la tasa de dosis cósmica calculado usando una densidad sobreestimada de 2 g/cm³

^e Todas las dosis de β y γ fueron calculadas basadas en las concentraciones de U, Th y K de cada muestra tomando en cuenta los valores de humedad de la muestra

^f Dosis calculada con dosis γ in situ

* Valores de edades corregidos basados en ^f

& Valores redondeados a números sensibles de precisión

- 60 000 a 28 000 años BP → condiciones húmedas (*Thouret et al., 1997*) propicias para la formación de depósitos aluviales y coluviales, FSO 06-3; FSO 16-3; FSO 19-3; FSO 14-2 no stoneline -- depósito aluvial
- FSO 07-2, FSO 16-2A y FSO 19-2 → Último Glacial Máximo-UGM (28 000 a 14 000 años BP). Fuerte periodo erosivo con fluctuaciones climáticas, prevalecían condiciones secas y frías (*Van Geel, B. y Van der Hammen (1973), Helmens (1988), Clapperton (1993), Helmens et al. (1997), Thouret et al. (1997), Iriando (1999), Van der Hammen y Hooghiemstra (2003), Vélez et al. (2003) Marchant et al. (2004), Torres et al. (2005) y González et al. (2006)*)
- Cenizas superiores a la *stoneline* provenientes de la Cordillera Central, *Toro y Hermelin (1990)* 8 000 a 37 000 años; Cordillera Oriental (*Van der Hammen y Hooghiemstra (2003)* 22 500 a 19 000 años BP; *Van Geel, B. y Van der Hammen (1973)* 21 000, 22 000, 26 000 y 30 000 años BP; *Thouret et al. (1997)*) repetitiva actividad volcánica durante el UGM.



- Edades obtenidas, enmarcadas dentro de rango lógico (cronológico como genético)
- No hay datos suficientes para evaluar la efectividad del método en los materiales analizados típicos del trópico húmedo y las adaptaciones llevadas a cabo.
- Se debe esperar los resultados de la datación de las formaciones superficiales por otros métodos para comparar resultados.



Conclusiones



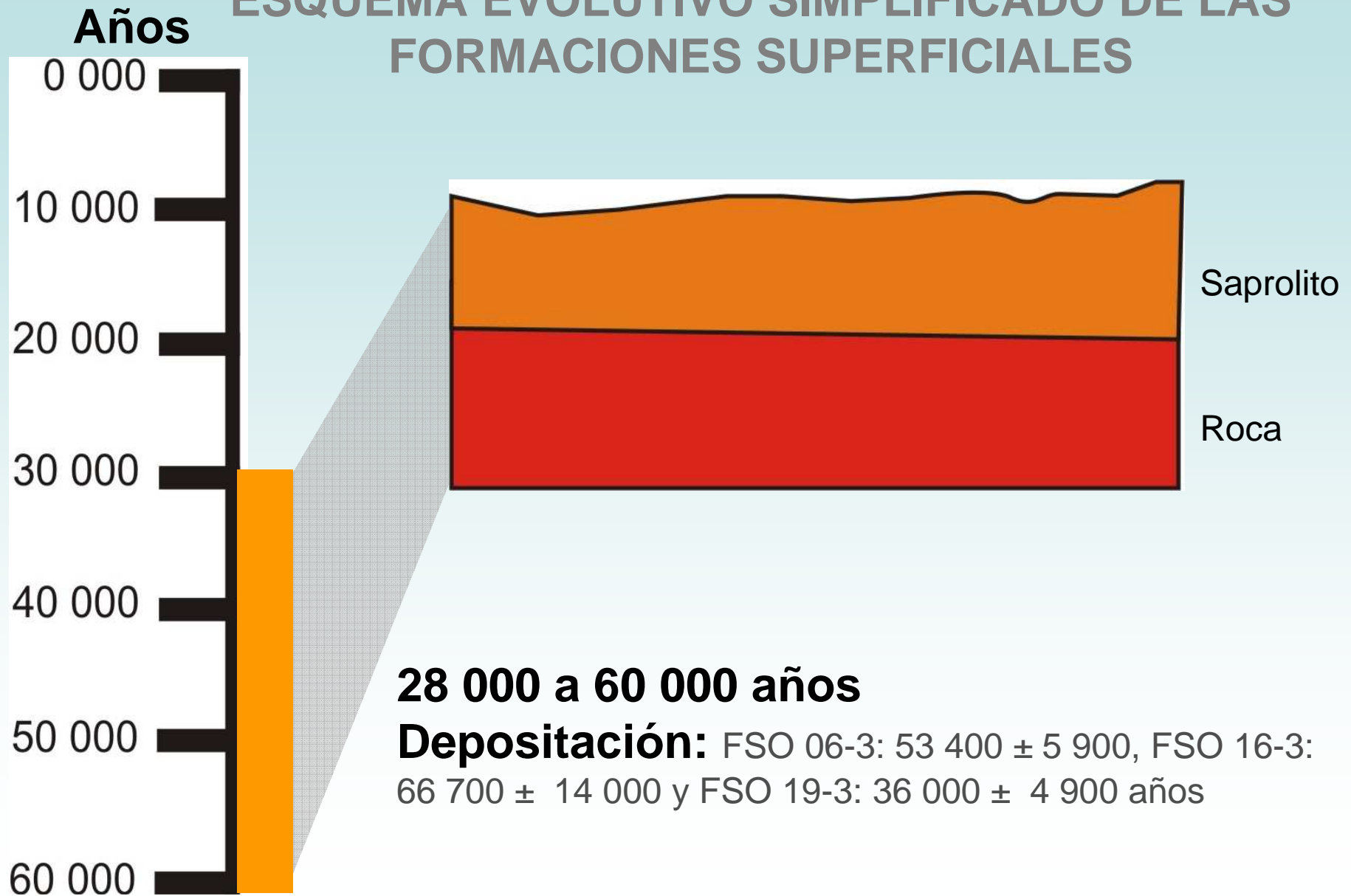
Conclusiones

- La *stoneline* fenómeno regional con distribución amplia y caótica, formado sólo en zonas donde hay material resistente disponible, de ahí su discontinuidad en el paisaje.
- Analizar evidencias particulares de la *stoneline* en cada zona y aceptar la posibilidad de génesis distintas. Se recomienda utilizar isótopos cosmogénicos para esclarecer el origen de los clastos de la *stoneline*
- Resultados satisfactorios comparativos con otros métodos avalarían aplicabilidad, calidad y conveniencia del método para muestras del trópico húmedo, método útil en el país para datar diversos fenómenos del Cuaternario.
- Es recomendable utilizar isótopos estables para esclarecer las condiciones climáticas que generaron las diferentes formaciones superficiales.

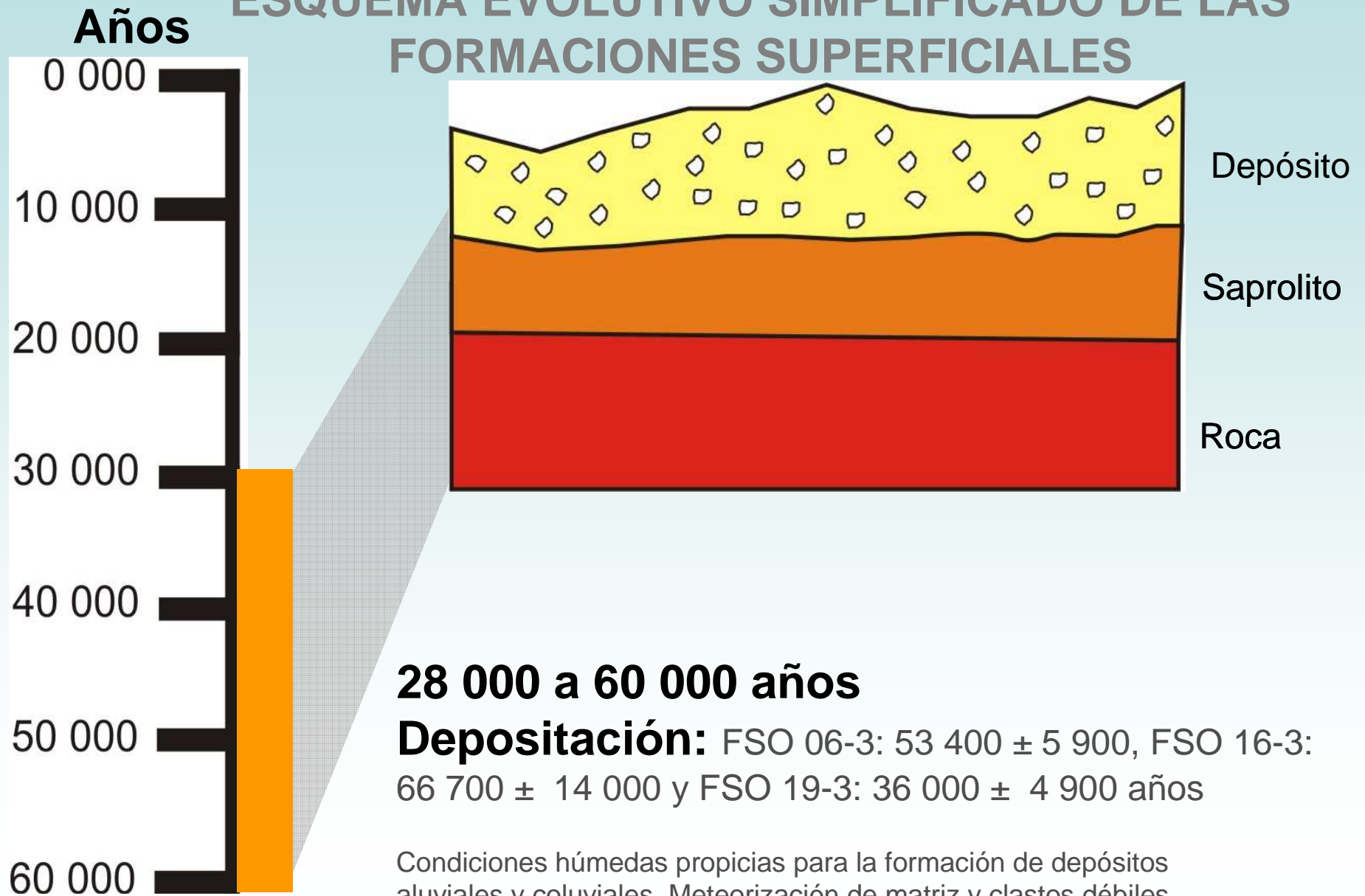


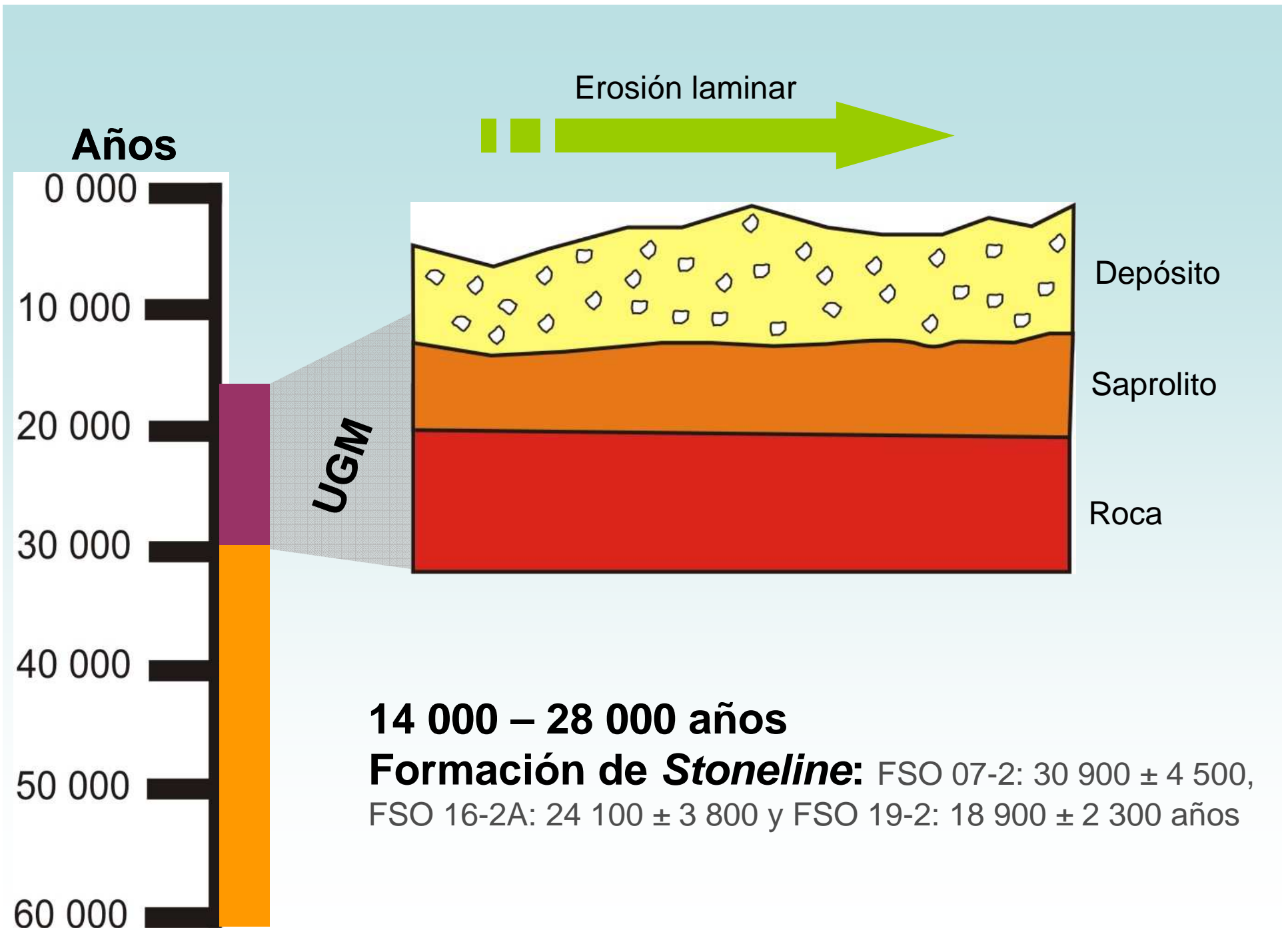
Conclusiones

ESQUEMA EVOLUTIVO SIMPLIFICADO DE LAS FORMACIONES SUPERFICIALES



ESQUEMA EVOLUTIVO SIMPLIFICADO DE LAS FORMACIONES SUPERFICIALES

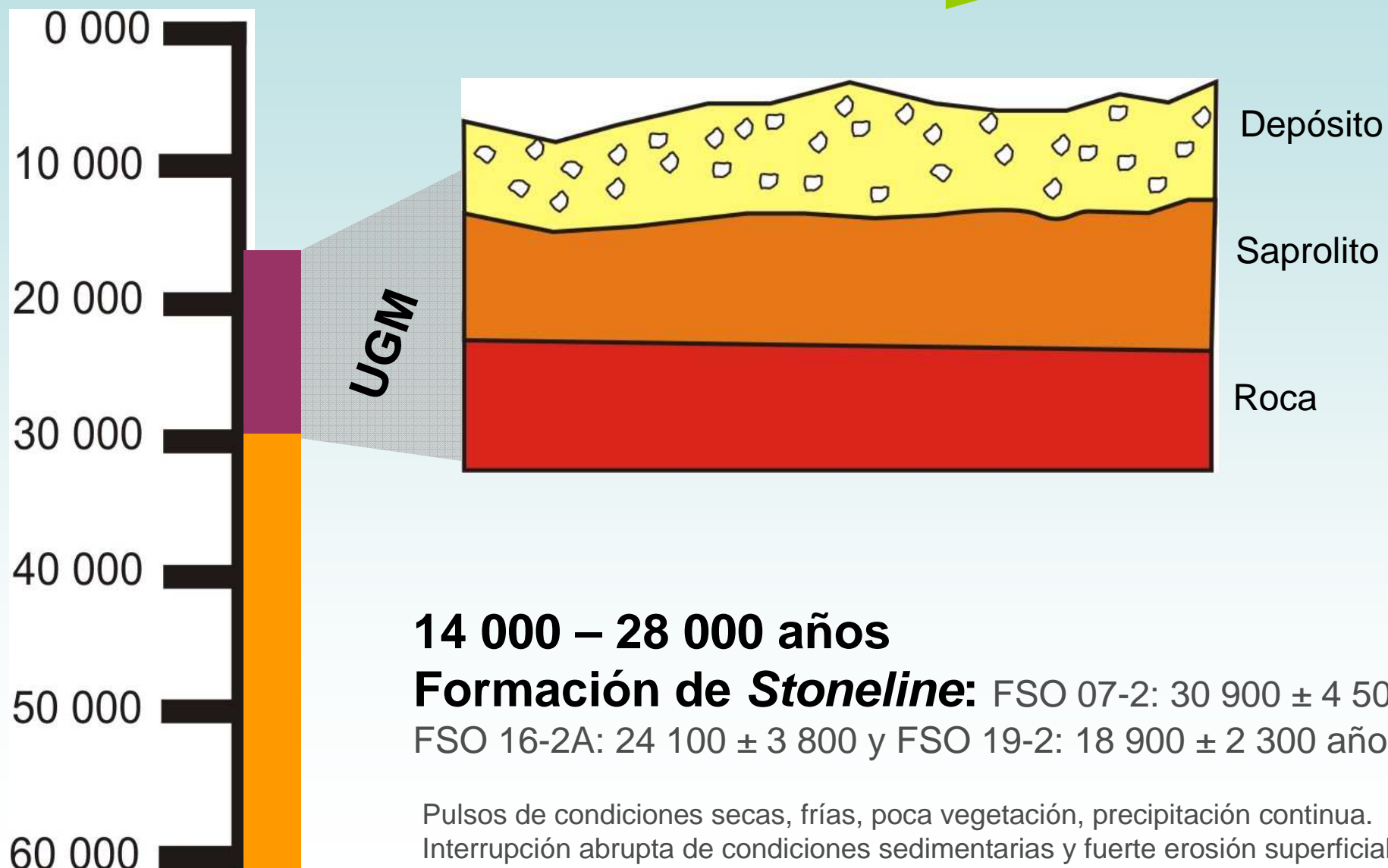




Erosión laminar



Años



14 000 – 28 000 años

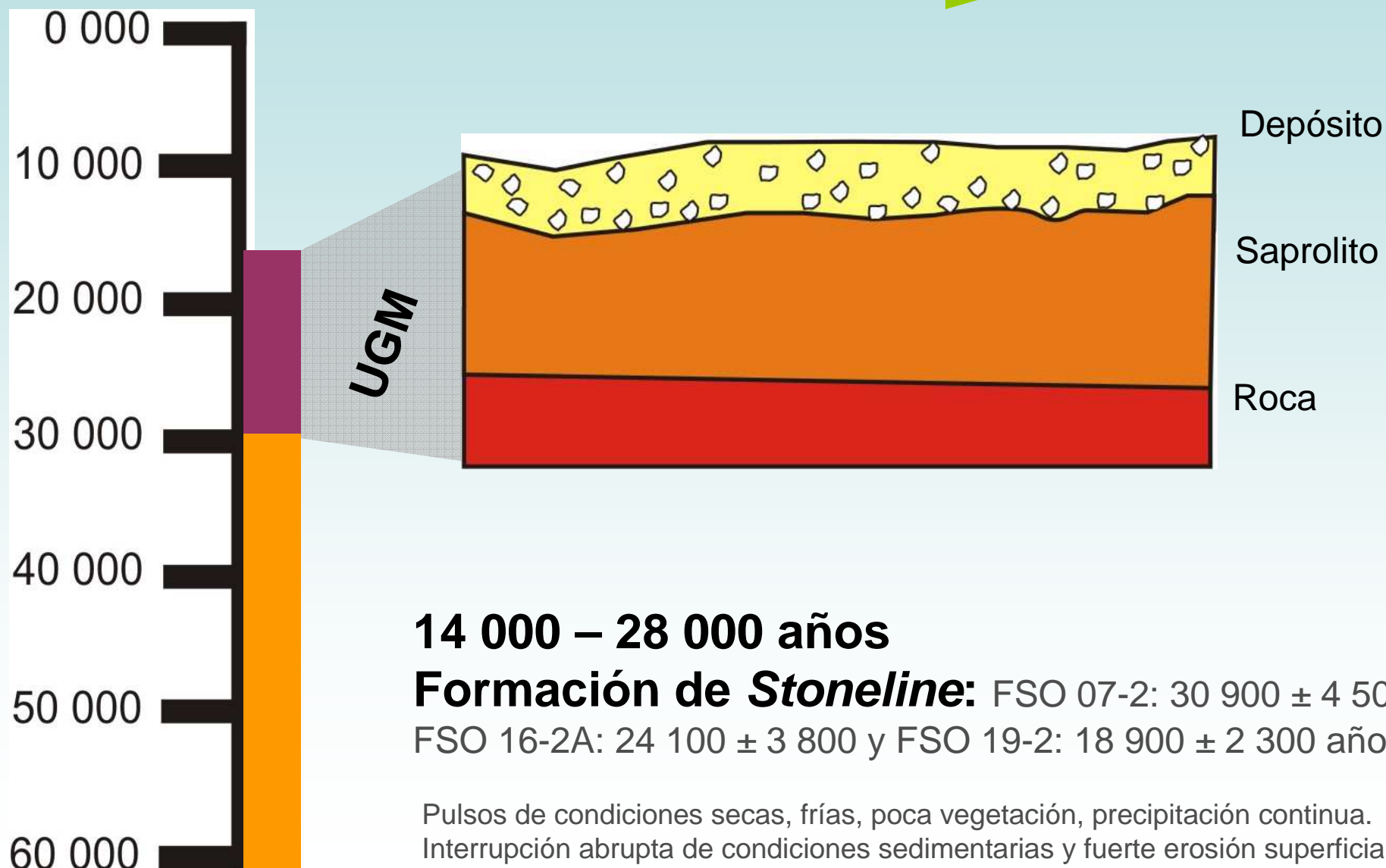
Formación de *Stoneline*: FSO 07-2: 30 900 ± 4 500, FSO 16-2A: 24 100 ± 3 800 y FSO 19-2: 18 900 ± 2 300 años

Pulsos de condiciones secas, frías, poca vegetación, precipitación continua. Interrupción abrupta de condiciones sedimentarias y fuerte erosión superficial con lavado de finos y acumulación de materiales más resistentes.

Erosión laminar



Años



14 000 – 28 000 años

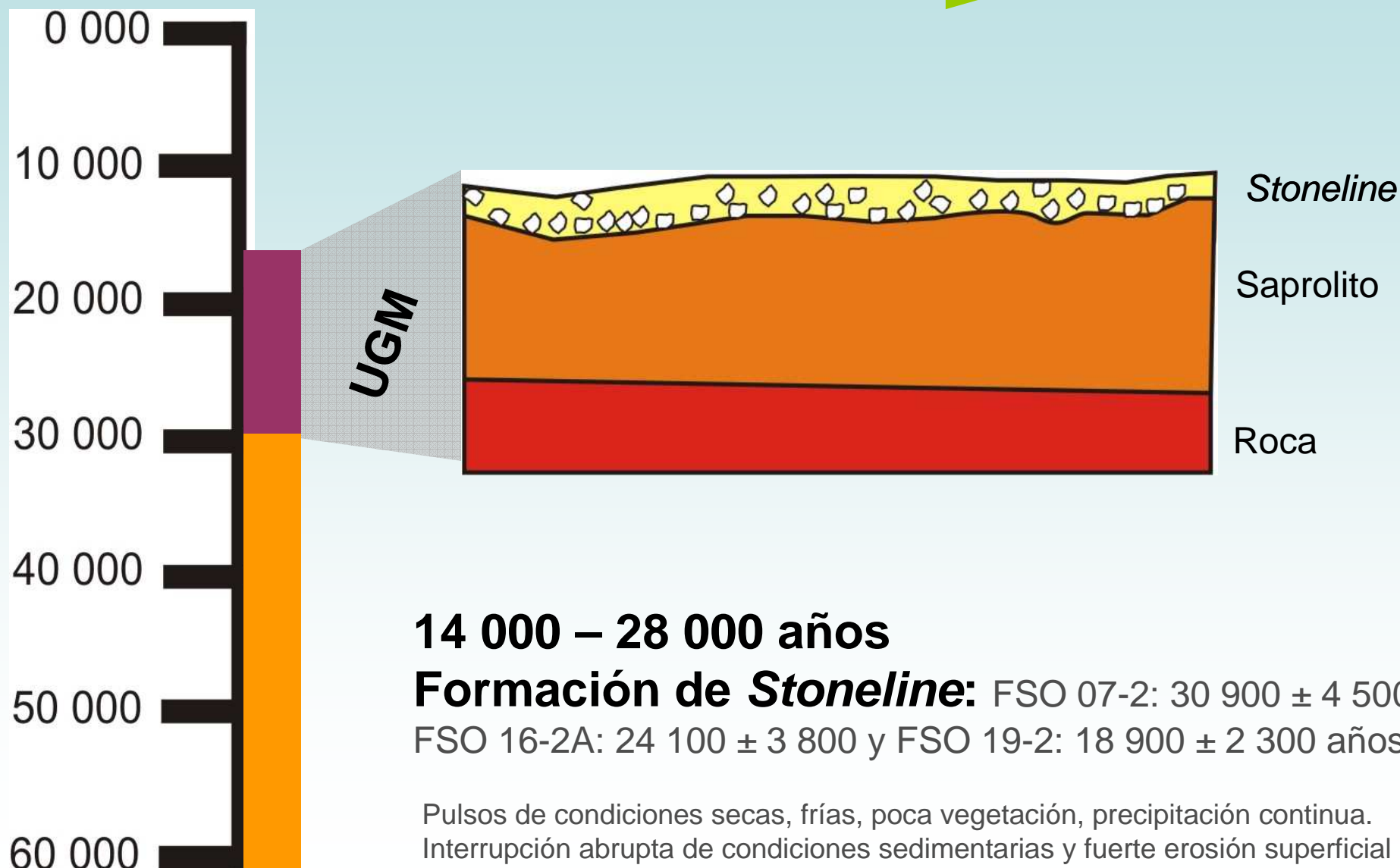
Formación de *Stoneline*: FSO 07-2: 30 900 ± 4 500,
FSO 16-2A: 24 100 ± 3 800 y FSO 19-2: 18 900 ± 2 300 años

Pulsos de condiciones secas, frías, poca vegetación, precipitación continua.
Interrupción abrupta de condiciones sedimentarias y fuerte erosión superficial
con lavado de finos y acumulación de materiales más resistentes.

Erosión laminar



Años



Stoneline

Saprolito

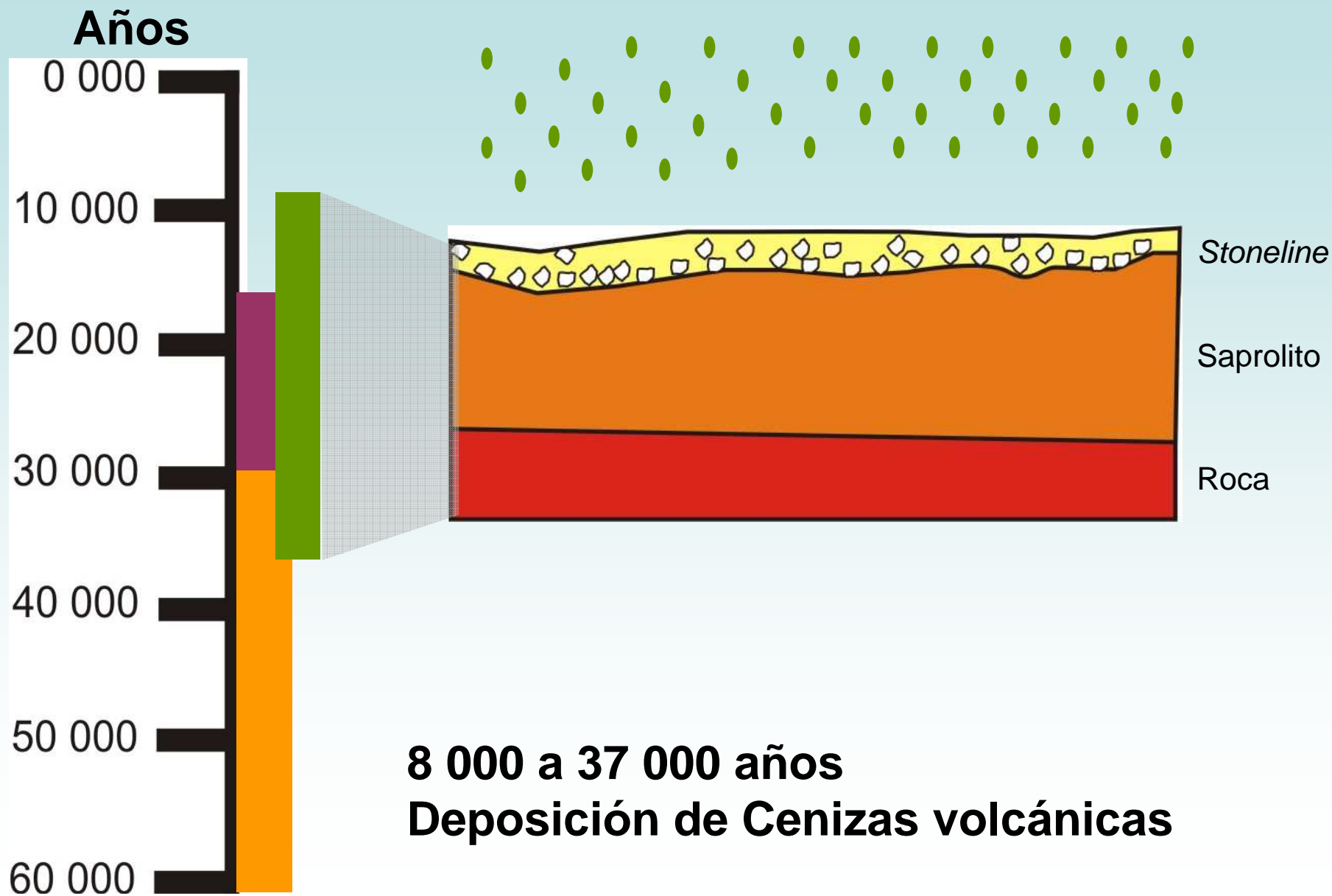
Roca

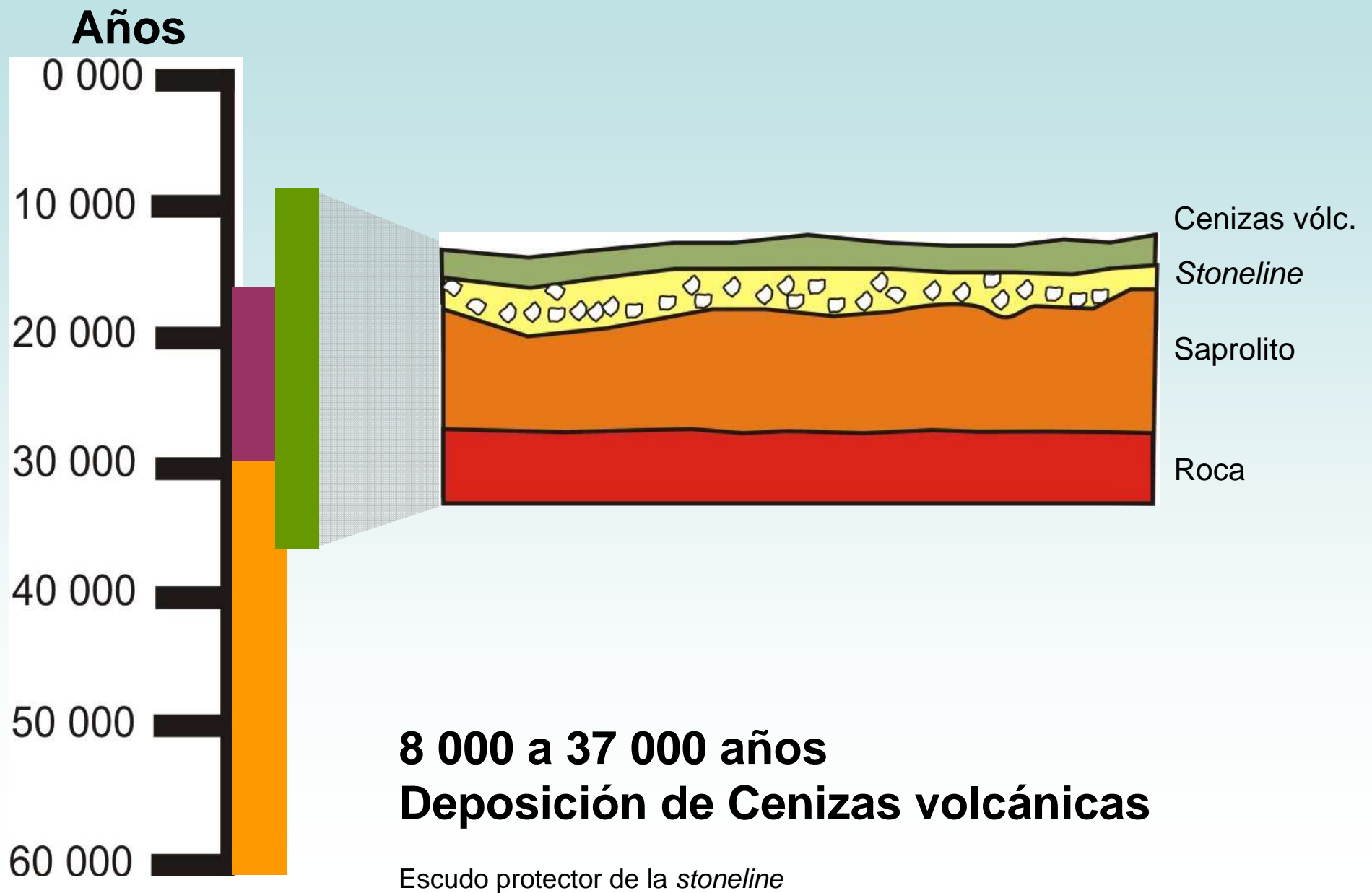
UGM

14 000 – 28 000 años

Formación de *Stoneline*: FSO 07-2: 30 900 ± 4 500,
FSO 16-2A: 24 100 ± 3 800 y FSO 19-2: 18 900 ± 2 300 años

Pulsos de condiciones secas, frías, poca vegetación, precipitación continua.
Interrupción abrupta de condiciones sedimentarias y fuerte erosión superficial
con lavado de finos y acumulación de materiales más resistentes.





A vibrant yellow paraglider is the central focus, suspended in the air against a bright blue sky with scattered white clouds. The paraglider's canopy is fully deployed, and its suspension lines are visible. Below the canopy, two people are seen in silhouette, enjoying the flight. In the background, a sprawling city is nestled in a valley, surrounded by rolling green hills and distant mountain ranges. Another smaller paraglider can be seen in the distance to the left. The overall scene is one of adventure and scenic beauty.

***MUCHAS
GRACIAS!!!!!!!!!!!!!!***