

Introducción a la Geoarqueología

Clases del curso
virtual GEGAL



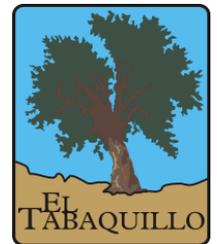
Cristián M. Favier Dubois
y Daniela Storchi Lobos
coordinadores



Introducción a la Geoarqueología : clases del curso virtual GEGAL / Cristián Mario Favier Dubois ... [et al.] ; compilado por Daniela Storchi Lobos; Cristián Mario Favier Dubois. - 1a ed ampliada. - Villa Mercedes : El Tabaquillo, 2020.

Tarjeta de memoria SD ("Secure Digital"), PDF
ISBN 978-987-4468-40-6

1. Expediciones Arqueológicas. I. Dubois, Cristián Mario Favier, comp. II. Storchi Lobos , Daniela, comp.
CDD 930.1028



Equipo docente

Dr. Cristián M. Favier Dubois (Argentina)

CONICET - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Olavarría

Lic. Daniela Storchi Lobos (Argentina)

CONICET - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Olavarría

Dra. Carola Castiñeira Latorre (Argentina)

CONICET - Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia”, Buenos Aires

Dra. Ivana Laura Ozán (Argentina)

CONICET - Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires

Dr. Julio Cesar Rubin de Rubin (Brasil)

Pontificia Universidade Católica de Goiás, Goiás

Lic. Mario Bermúdez Restrepo (Colombia)

Universidad de Caldas, Manizales

Dr. William A. Posada Restrepo (Colombia)

Universidad de Antioquia, Medellín

Lic. Benjamín Acevedo Peralta (Costa Rica)

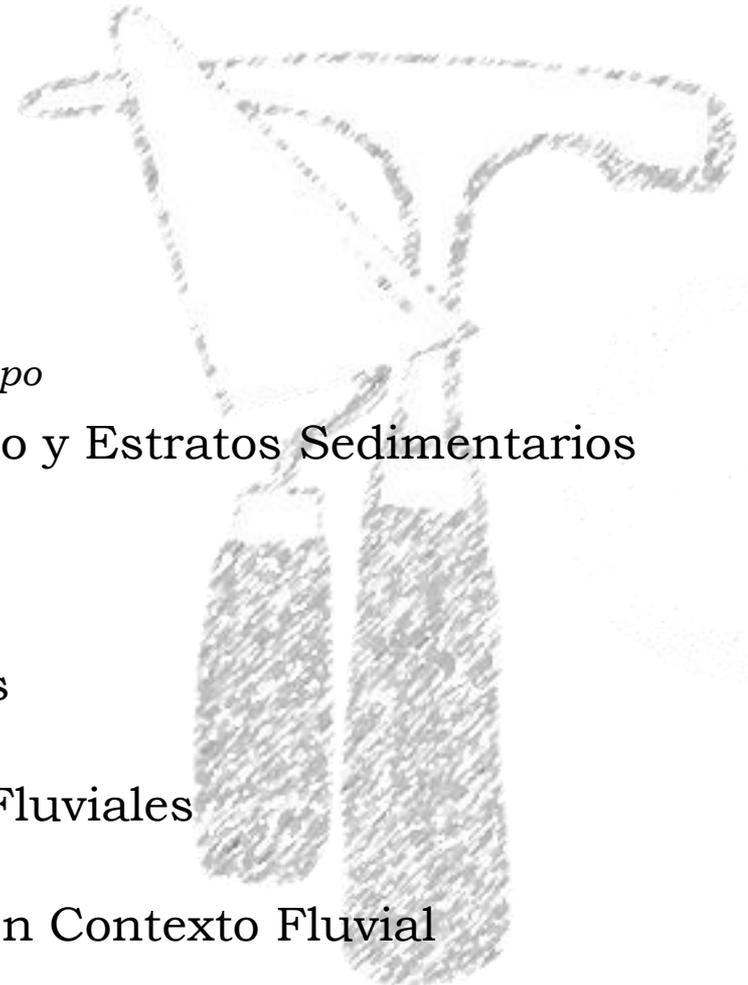
Universidad Nacional de Costa Rica, San José

Dra. Cecilia Mauricio (Perú)

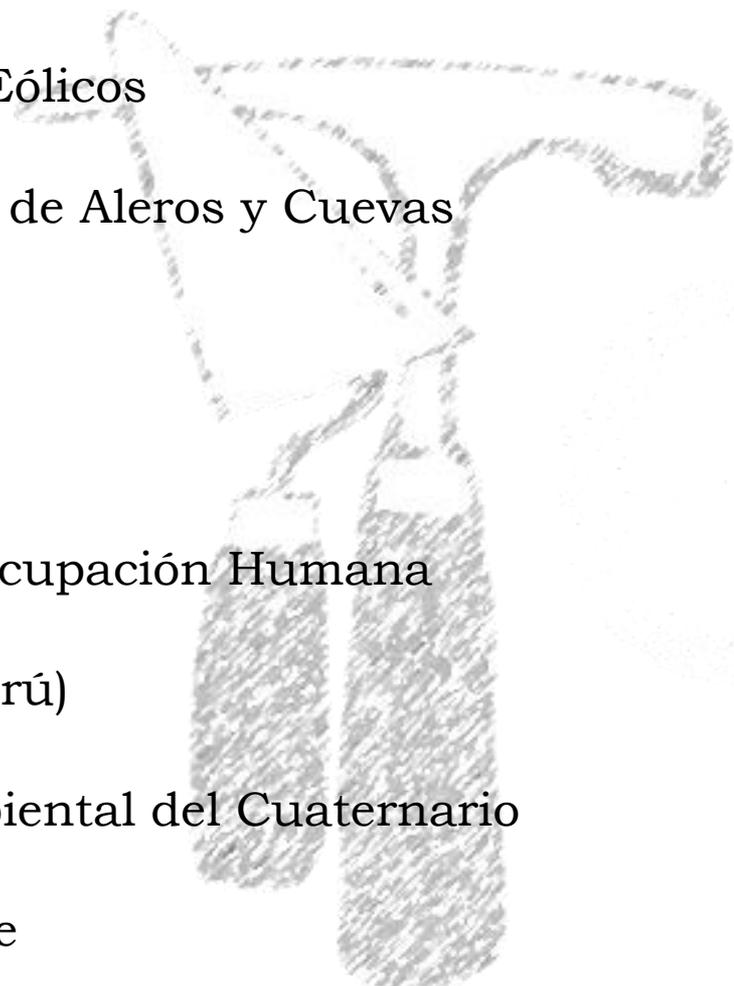
Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima

Introducción a la Geoarqueología: índice de la publicación

1. ¿Qué es la Geoarqueología? <i>Cristián M. Favier Dubois</i>	1
2. Sedimentos en Arqueología <i>Carola Castiñeira Latorre</i>	35
3. Los Suelos en Arqueología <i>Cristián M. Favier Dubois y Mario Bermúdez Restrepo</i>	63
4. Diferenciación Entre Horizontes de Suelo y Estratos Sedimentarios <i>Cristián M. Favier Dubois y Daniela Storchi Lobos</i>	99
5. La Estratigrafía en Arqueología <i>Cristián M. Favier Dubois y Daniela Storchi Lobos</i>	127
6. El Contexto Geomorfológico de los Sitios <i>Cristián M. Favier Dubois</i>	168
7. El Registro Arqueológico en Ambientes Fluviales <i>Cristián M. Favier Dubois</i>	197
8. Distribución del Registro Arqueológico en Contexto Fluvial <i>Benjamín Acevedo Peralta</i>	227



Introducción a la Geoarqueología: índice de la publicación

- 
- | | |
|--|-----|
| 9. El Registro Arqueológico en Ambientes Eólicos | 250 |
| <i>Daniela Storchi Lobos</i> | |
| 10. El Registro Arqueológico en Ambientes de Aleros y Cuevas | 270 |
| <i>Cristián M. Favier Dubois</i> | |
| 11. El Registro Arqueológico y la Gravedad | 299 |
| <i>Ivana Laura Ozán</i> | |
| 12. Geoarqueología y Cronología | 322 |
| <i>Cristián M. Favier Dubois y Daniela Storchi Lobos</i> | |
| 13. Geoarqueología y Paleoambientes de Ocupación Humana | 355 |
| <i>Cristián M. Favier Dubois</i> | |
| 14. Geoarqueología en el Valle de Chao (Perú) | 389 |
| <i>Ana Cecilia Mauricio</i> | |
| 15. Los Paleosuelos y el Registro Paleoambiental del Cuaternario | 409 |
| <i>William A. Posada Restrepo</i> | |
| 16. Geoarqueología y Arqueología el Paisaje | 434 |
| <i>Julio Cesar Rubin de Rubin</i> | |

Los paleosuelos y el registro paleoambiental del Cuaternario



William A. Posada Restrepo
Colombia

Los paleosuelos y el registro paleoambiental del Cuaternario: esquema de la presentación

1. Introducción
2. Técnicas de reconocimiento y análisis de los paleosuelos
3. Correlación y pedoestratigrafía
4. Conclusiones

1. Introducción

Como hemos visto en el Módulo 2, los suelos se desarrollan en depósitos o rocas en función de cinco factores formadores:

- Material parental
- **Clima**
- **Vegetación**
- Relieve
- Tiempo

Estos dos factores son los que determinan en gran medida el tipo de suelo que se formará



Entonces, un **suelo** puede ser considerado **proxy ambiental**

Por otro lado, también vimos que un suelo se desarrolla en condiciones ambientales estables



Si esas condiciones son estables (como sucede por ejemplo en las áreas ubicadas entre valles) ese suelo puede permanecer activo durante mucho tiempo, incluso abarcando todo el Holoceno

Pero, ¿qué sucede en ambientes más dinámicos?



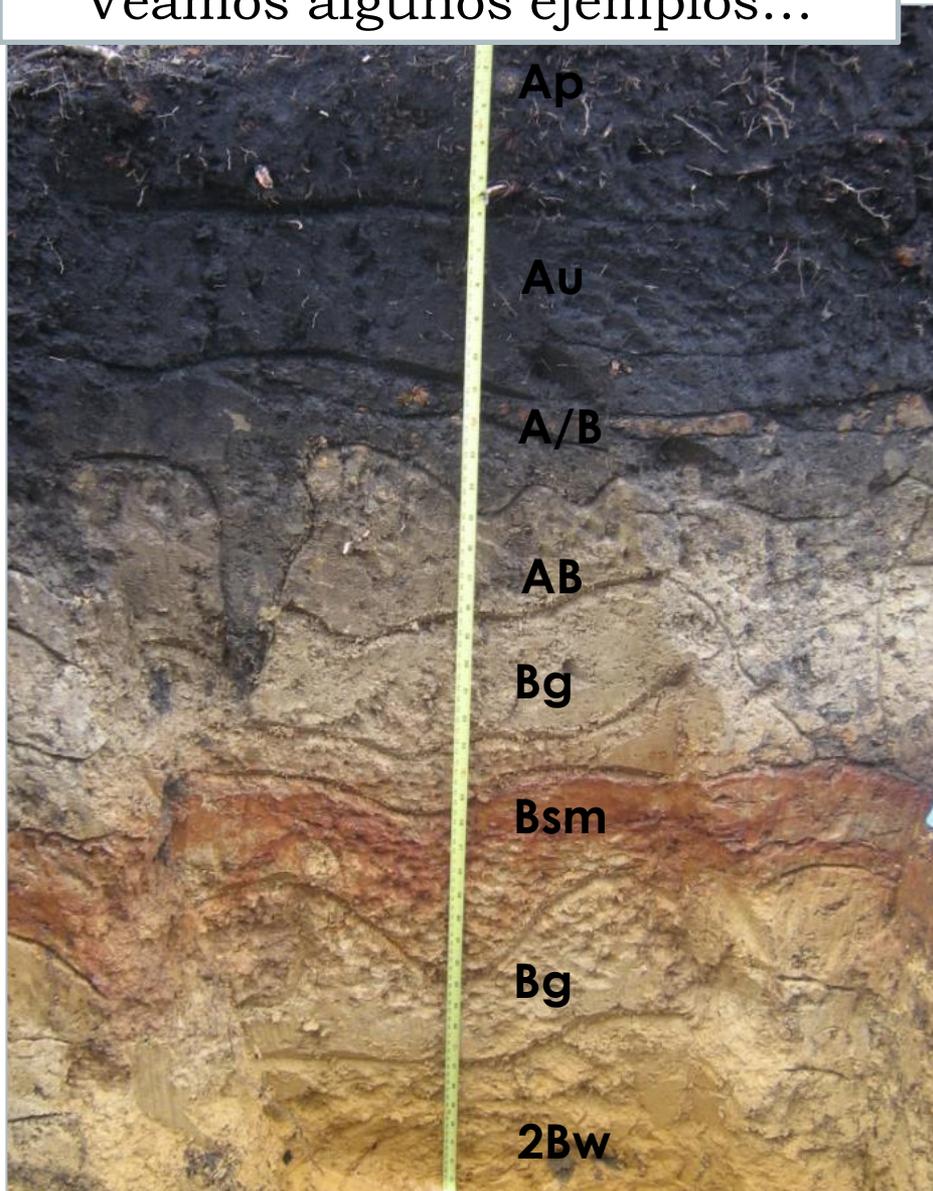
En estos contextos es probable que se produzca una alternancia entre depósitos y suelos



Así, los suelos que se encuentran intercalados entre los depósitos, pueden ser considerados **paleosuelos** ya que **se encuentran desvinculados de las condiciones pedogenéticas actuales y en su lugar, describen condiciones pedogenéticas del pasado.**

Entonces, los **paleosuelos** pueden funcionar como **proxies paleoambientales**

Veamos algunos ejemplos...



Perfil de suelo ubicado en Medellín, Colombia

1. Introducción

Este perfil de suelo muestra dos horizontes hidromórficos de color blanco (denominados Bg) y, ubicado entre ellos, un horizonte plácico de color rojo (denominado Bsm)



Los horizontes Bg adquieren su color y características cuando hay un déficit de oxígeno, generalmente ante *condiciones de anegamiento prolongado y saturación del suelo*; en tanto el horizonte Bsm es producto de la concentración de hierro



Actualmente, las condiciones de pluviosidad, drenaje del suelo y el nivel freático en la zona no permiten explicar dicho fenómeno, por lo que su formación obedece a condiciones pedogenéticas diferentes a las actuales

En la actualidad, las altas temperaturas de la costa caribe colombiana no permiten la acumulación ni humificación de la mayor parte de la materia orgánica



Por este motivo, tanto el espesor del horizonte A enterrado, como su grado de melanización, no son coherentes con las condiciones climáticas del presente



Su ocurrencia obedece a otras condiciones pedogenéticas relacionadas con un clima diferente al actual y con la acumulación atípica de materia orgánica



Perfil de suelo ubicado en Cartagena (costa caribe de Colombia)

2. Técnicas de reconocimiento y análisis de los paleosuelos

En el estudio de los paleosuelos se emplean tanto **métodos físicos como químicos y distintas escalas de observación**, dependiendo de la pregunta de investigación y de los recursos disponibles

Ante un paleosuelo,
podemos preguntarnos por
ejemplo...



...¿cómo podemos saber si
ese paleosuelo es antiguo?

...¿bajo qué condiciones climáticas se
desarrolló ese paleosuelo?

...¿Qué tipo de vegetación soportó?

...¿Tuvo impacto antrópico?

...¿Cómo se afecta el registro
arqueológico allí?

Podemos dar respuesta a estas preguntas mediante el empleo de las siguientes técnicas y análisis

2. Técnicas de reconocimiento y análisis de los paleosuelos

1. Morfología del perfil de suelo (macromorfología)

Se observan propiedades físicas como color, estructura, textura, porosidad, restos de raíces, nódulos, motas, cutanes, costras, etc.

La lectura convencional de campo que se realiza al perfil de suelo mediante observación y tacto, permite reconocer en los horizontes algunos procesos que resultan de factores formadores distintos a los actuales (si lo considera necesario puede ver la clase *Diferenciación entre horizontes y estratos*)



Una pregunta habitual es **descifrar si estamos ante un suelo enterrado recientemente o si estamos ante un paleosuelo antiguo (por ejemplo de inicios del Holoceno)**

En tal caso, una observación inicial de la morfología y tamaño de los agregados del suelo enterrado, su porosidad y textura, comparada con la del suelo actual y con los factores de formación existentes, permitirá discernir procesos “modernos” y procesos “antiguos” en base a las similitudes entre la estructura de ambos suelos y sus procesos intrínsecos. Dicha comparación debe hacerse entre horizontes equivalentes (el A actual con el A enterrado)



2. Técnicas de reconocimiento y análisis de los paleosuelos

1. Morfología del perfil de suelo (macromorfología)

Otra pregunta que puede abordarse desde la macromorfología refiere a **especificar si ese suelo se desarrolló en un período de condiciones climáticas muy cálidas o muy frías (diferentes a las actuales)**

Veamos un ejemplo para dos regiones de Colombia...

La presencia de costras petroféricas muy duras en los suelos de las *tierras bajas del oriente de Colombia*, suele ser un rasgo característico de la pedogénesis actual en esta región, debido a los **contrastes de humedad y a las altas temperaturas del verano**

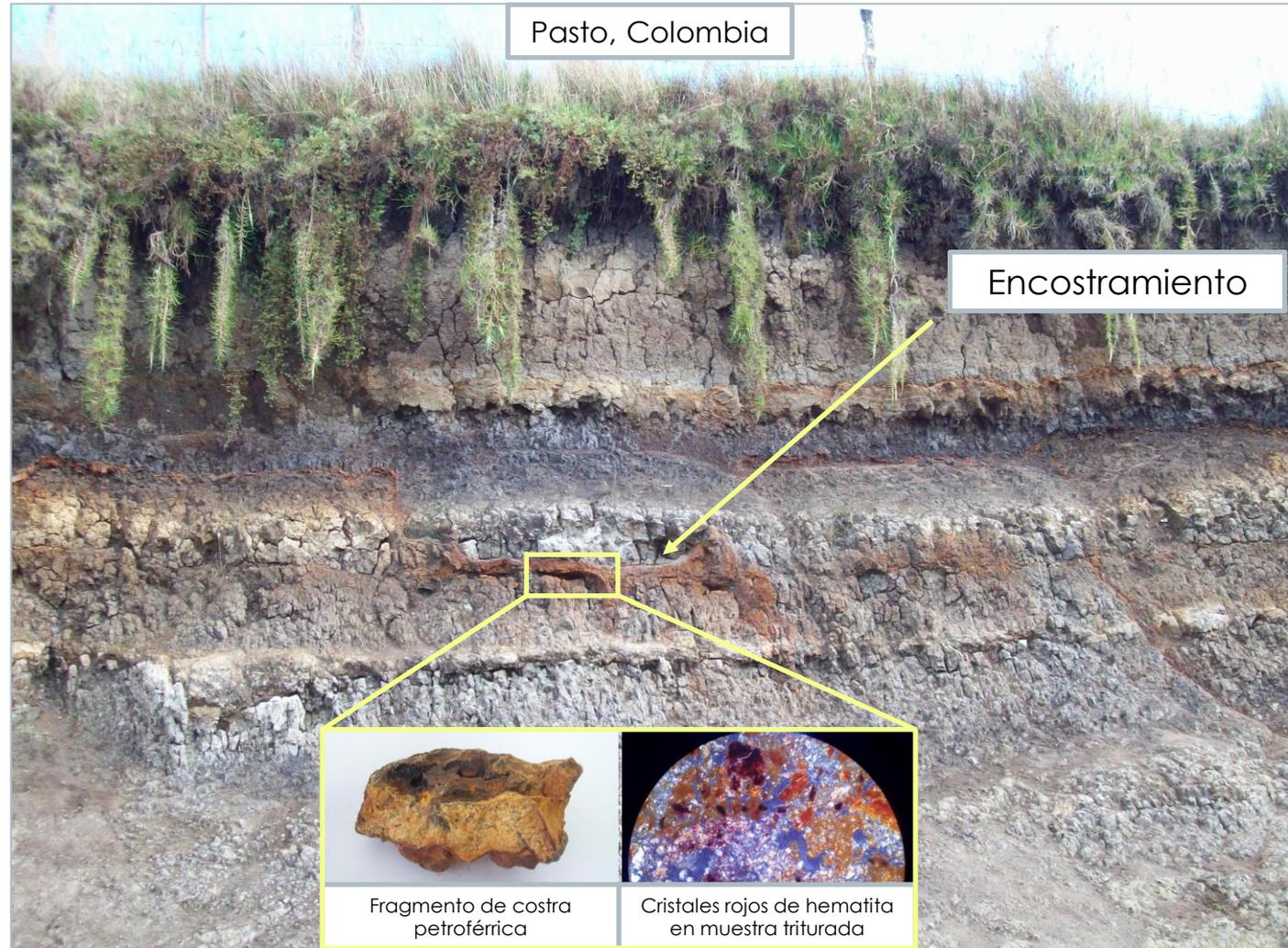


2. Técnicas de reconocimiento y análisis de los paleosuelos

Pero en la alta montaña del sur de Colombia, con un clima frío, resulta llamativa la ocurrencia de estas costras petroféricas en suelos volcánicos

En estas costras se observan óxidos de hematita que requieren altas temperaturas para formarse

Esto permite proponer la existencia de un **período anormalmente cálido** en esta región de Colombia, condiciones climáticas **que no se registran hoy en día en esta región**



2. Técnicas de reconocimiento y análisis de los paleosuelos

2. Características químicas del suelo

Se analizan propiedades químicas como: contenido de bases o elementos mayores, pH, fósforo, elementos menores, carbono y nitrógeno, entre otros

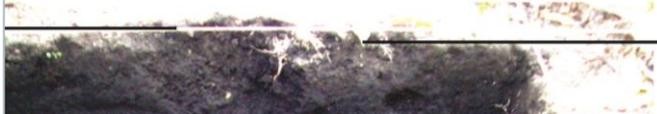
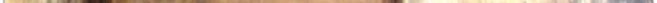
Los análisis químicos son muy útiles al momento de establecer, por ejemplo, **los factores climáticos bajo los que se desarrolló un paleosuelo**



Pueden ayudar a establecer las condiciones relacionados a la *humedad y precipitación* bajo las que se desarrolló ese paleosuelo



El fraccionamiento de la materia orgánica o la cuantificación de elementos como hierro, titanio, calcio magnesio y sodio pueden resultar útiles

Perfil Sureste Corte 1	Horizonte Pedológico
	Apu
	Au
	Au2
	2C/A
	2Bsm
	2C
	3C
	3C2
	3C3
	4Ab
	4Bwb

2. Técnicas de reconocimiento y análisis de los paleosuelos

2. Características químicas del suelo

Veamos un ejemplo...

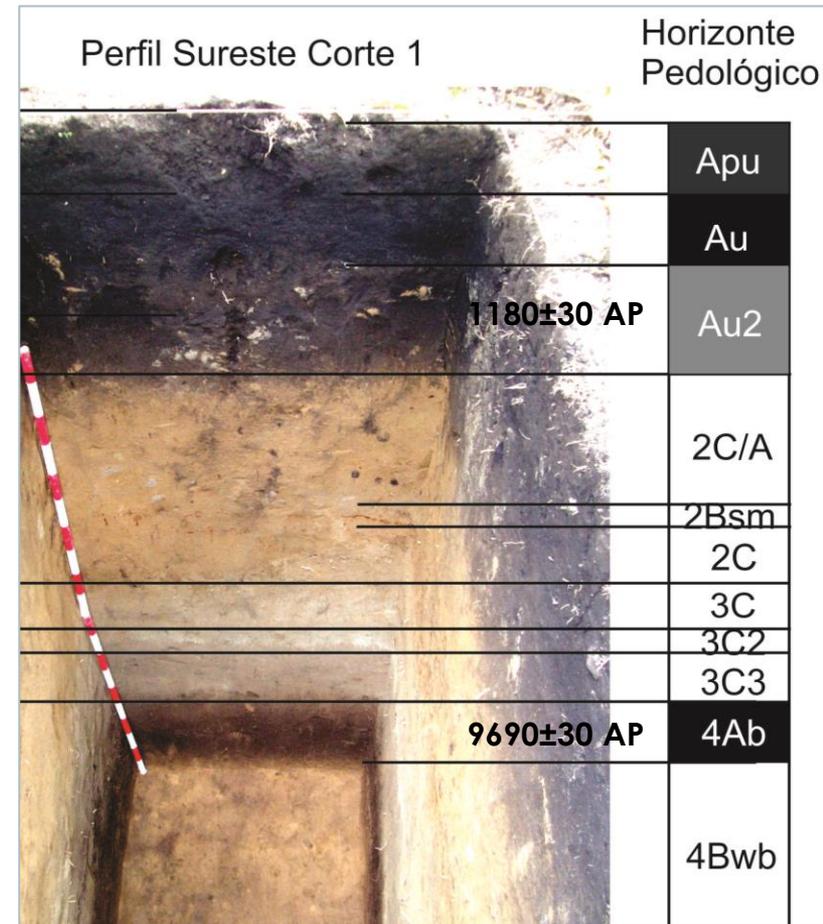
En el sitio El Guineo (Colombia) se halló un paleosuelo (horizontes 4Ab-4Bwb), y se realizaron análisis químicos a lo largo del perfil stratigráfico (los resultados se muestran en la tabla)

Comparando las propiedades químicas del paleosuelo con las del suelo actual, se aprecia una mayor disponibilidad de bases, especialmente calcio y magnesio en el pasado



El déficit de estas bases en los suelos actuales obedece al lavado permanente por la alta frecuencia de lluvias. Esto sugiere que el paleosuelo se formó en condiciones climáticas más secas, que permitieron la retención de calcio, magnesio y sodio

HORIZONTE	pH	Porcentaje %		Meq/100 g						Meq/kg	Porcentaje %			Clase Textural
		C	N	Ca	K	Mg	Na	Al	CICE	P	Ar	L	A	
Apu	5	5,95	0,51	2,51	0,33	0,22	0,07	0,82	3,96	56,1	16	20	64	FA
Au	5,5	5,22	0,45	5,06	0,21	0,36	0,08	0	5,71	9,62	10	30	60	FA
Au2	5,6	3,44	0,3	4,1	0,14	0,26	0,09	0	4,59	3,73	8	32	60	FA
2C/A	5,8	0,86	0,07	1,63	0,18	0,11	0,09	0	2,01	11,5	14	22	64	FA
2Bsm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2C	5,9	0,38	0,03	1,7	0,62	0,1	0,1	0	2,53	19,6	16	28	56	FA
3C	6,1	0,24	0,02	2,47	0,72	0,15	0,15	0	3,49	10,8	20	16	64	FA
3C2	6,3	0,42	0,04	2,89	0,29	0,15	0,23	0	3,55	15,3	16	14	70	FA
3C3	6,2	0,42	0,04	4,14	0,12	0,16	0,28	0	4,7	11,8	24	18	58	FArA
4Ab	6,4	1,59	0,14	9,52	0,11	0,59	0,32	0	10,5	17,9	28	30	42	F Ar
4Bwb	6,3	1,07	0,09	6,7	0,25	0,31	0,29	0	7,55	17,6	14	20	66	FA



2. Técnicas de reconocimiento y análisis de los paleosuelos

3. Microscopía de suelos (micromorfología y microrrestos)

- * Micromorfología (micromasa, masa basal, edaforrasgos, mineralogía y petrografía)
- * Pedocomponentes tales como microrrestos vegetales (polen, fitolitos, resinas), animales (exoesqueletos, pelos, protozoos) y/o algas (diatomeas, crisofitas)

La micromorfología de suelos permite **reconocer rasgos climáticos, geomorfológicos, antrópicos y biológicos que afectaron al suelo**, poco representados a simple vista



En términos generales, se observa el patrón de poros de la microestructura y su relación con la fracción sólida del suelo; así pueden reconocerse varios procesos



En arqueología se utiliza mucho para **analizar las distintas actividades antrópicas realizadas en esas superficies de suelo**, permitiendo por ejemplo identificar áreas agrícolas o áreas domésticas

Imagen original de una sección delgada

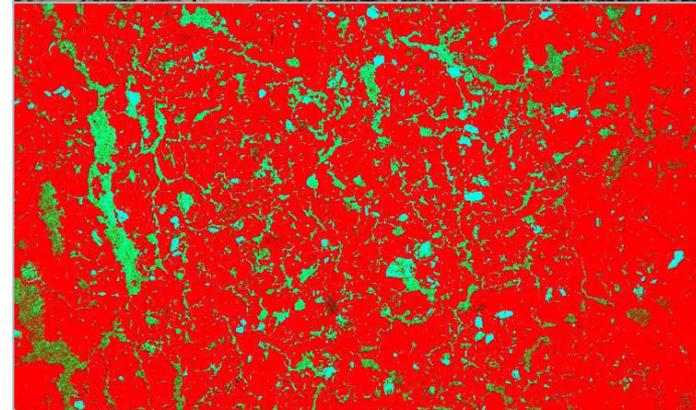
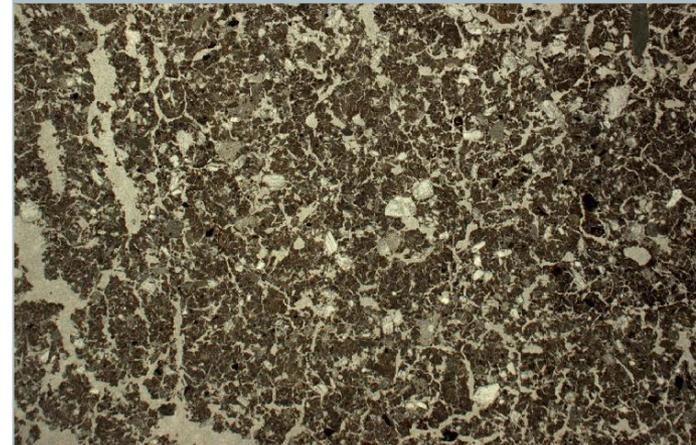


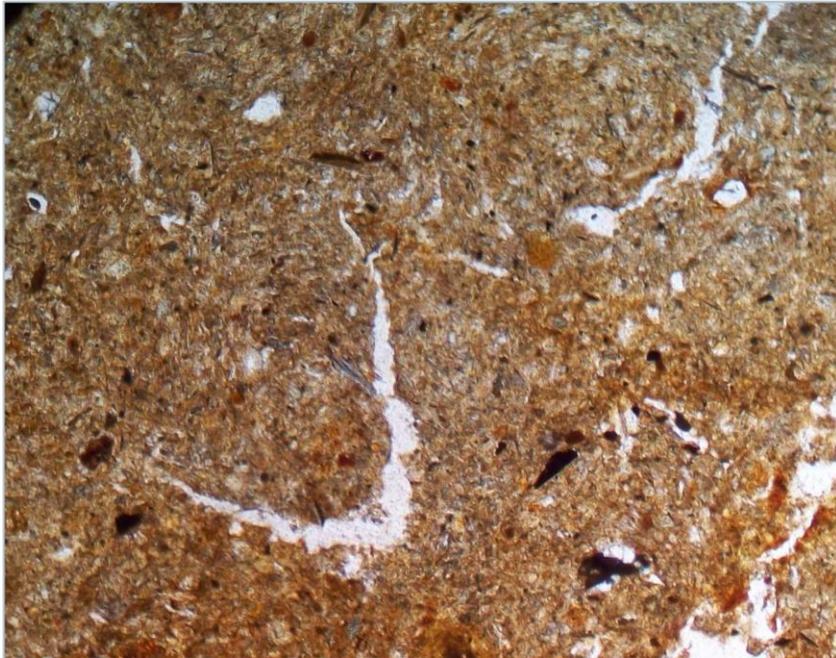
Imagen binarizada para análisis cuantitativo

2. Técnicas de reconocimiento y análisis de los paleosuelos

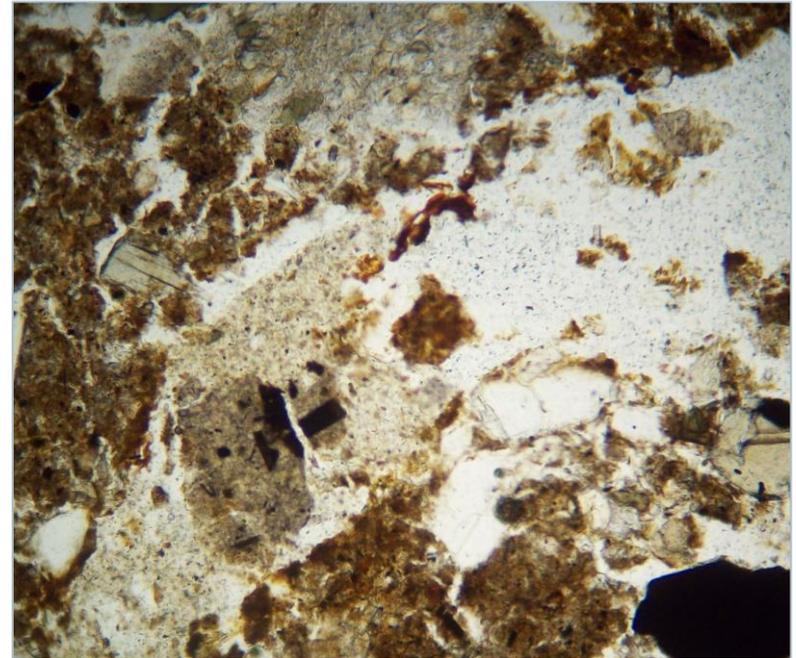
3. Microscopía de suelos (micromorfología y microrrestos)

Veamos algunos ejemplos...

Los procesos de compactación del suelo en pisos de ocupación prolongada se aprecian en la morfología en “media luna” de los poros y en su escasez relativa frente a la fracción sólida



Se pueden identificar poros rellenos con sedimentos finos debido a procesos erosivos derivados de la falta de cobertura vegetal



2. Técnicas de reconocimiento y análisis de los paleosuelos

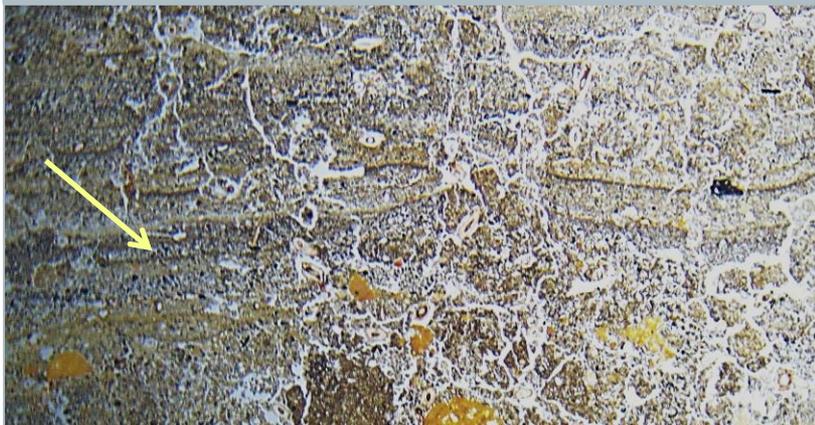
3. Microscopía de suelos (micromorfología y microrrestos)

La micromorfología se emplea también para comprender más cabalmente los **procesos de formación del registro arqueológico**

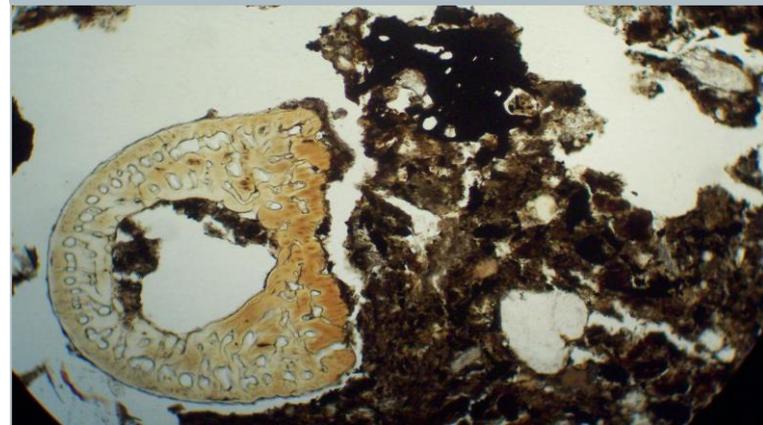
La utilidad principal radica en la *conservación de las relaciones originales que tuvieron los microrestos* vegetales, animales y/o antrópicos en su contexto de depositación y hallazgo

Estas observaciones permiten resolver dudas sobre los procesos de formación del registro y de la integridad estratigráfica de las muestras analizadas

Por ejemplo, en este corte delgado se observa una microestratigrafía cortada por lombrices. Este proceso, repetido en el perfil de suelo, podría facilitar la movilización de microrestos



En este caso, se aprecian grandes poros con agregados orgánicos, restos de hueso y residuos quemados, sugiriendo un contexto con claro impacto antrópico



2. Técnicas de reconocimiento y análisis de los paleosuelos

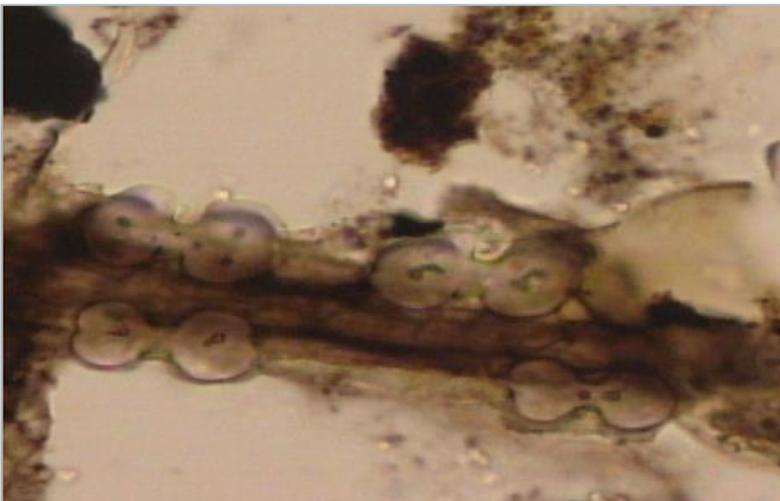
3. Microscopía de suelos (micromorfología y microrrestos)

El montaje de **muestras disturbadas** de suelo o análisis de pedocomponentes microscópicos, es otra técnica de observación y registro de evidencias paleoambientales



El análisis se centra esta vez en la observación individual de minerales y restos biológicos de tipo vegetal y animal, relacionados con factores de formación antiguos

Si bien esta técnica no permite registrar el arreglo de los pedocomponentes o microrrestos en el suelo, sí posibilita separarlos de la fracción mineral y coloidal para reconocer mejor sus atributos morfométricos y ópticos, logrando una mejor identificación taxonómica y facilitando la asociación paleoecológica



Fitolito de gramínea en tejido descompuesto



Espículas de esponja de agua dulce

2. Técnicas de reconocimiento y análisis de los paleosuelos

4. Isótopos estables ($\delta^{13}\text{C}$)

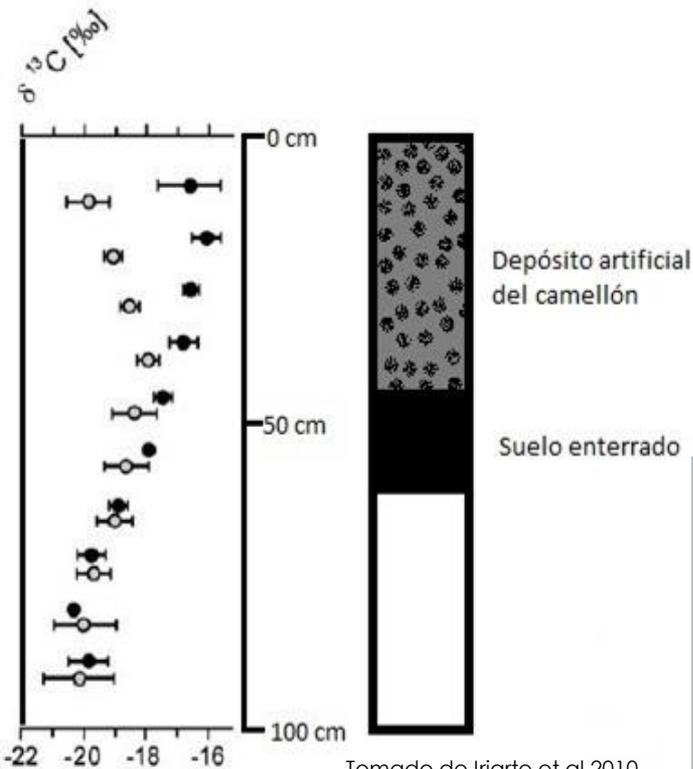
* Análisis de $\delta^{13}\text{C}$

En el estudio de paleosuelos se emplea con frecuencia el isótopo de carbono 13 ($\delta^{13}\text{C}$) ya que aporta información sobre **el tipo de vegetación que soportó el suelo** según su metabolismo fotosintético (C3, C4, CAM)

Por ejemplo, en el gráfico se observa la relación isotópica C13/C12 ($\delta^{13}\text{C}$) en dos perfiles de suelo correspondientes a camellones artificiales de edad prehispánica en Guyana

La relación de estos isótopos en la materia orgánica del suelo varía según la vegetación que se desarrolló en él, oscilando entre valores de -32‰ y -20‰ para plantas arbóreas cuyo metabolismo fotosintético es tipo C3; mientras que los valores entre -17‰ y -9‰ indican una cobertura vegetal de hierbas de tipo C4

Como el cambio en la curva de $\delta^{13}\text{C}$ se aprecia justo en la superficie del paleosuelo, esto significa que el suelo pasó de ser cubierto por árboles a estar sepultado por un suelo mezclado cubierto esta vez por plantas herbáceas, probablemente especies cultivadas en el nuevo sistema de camellones



Tomado de Iriarte et al 2010

5. Otros métodos especializados

* Métodos basados en un haz de electrones (SEM o TEM), métodos basados en espectroscopía (FTIR, ATD, Mössbauer, XRF), difracción de rayos X (DRX), etc.

Retomando un ejemplo ya visto, el sitio arqueológico El Guineo en la región cafetera colombiana, presenta un paleosuelo enterrado por sucesivos mantos de tefra



Se hallaron materiales arqueológicos en el horizonte Au2 y se realizaron varios estudios a este paleosuelo, entre los cuales destaca el análisis mineralógico con DRX y SEM

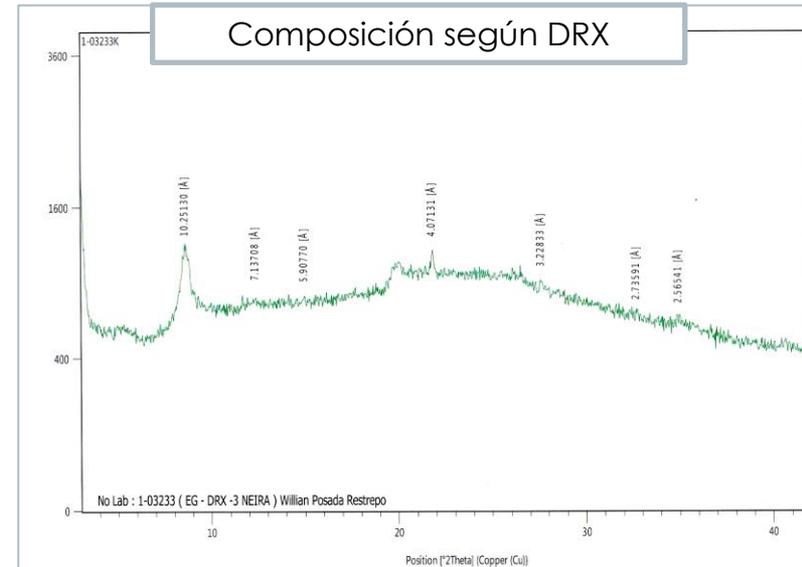
Perfil Sureste Corte 1	Horizonte Pedológico
	Apu
	Au
	Au2
	2C/A
	2Bsm
	2C
	3C
	3C2
	3C3
	4Ab
	4Bwb

5. Otros métodos especializados

El análisis mineralógico del paleosuelo Au2 con DRX y SEM registró la presencia de arcillas de alta reactividad (estructura mineralógica 2:1 y 2:2), en contraste con las arcillas registradas en el suelo actual (tipo 1:1)

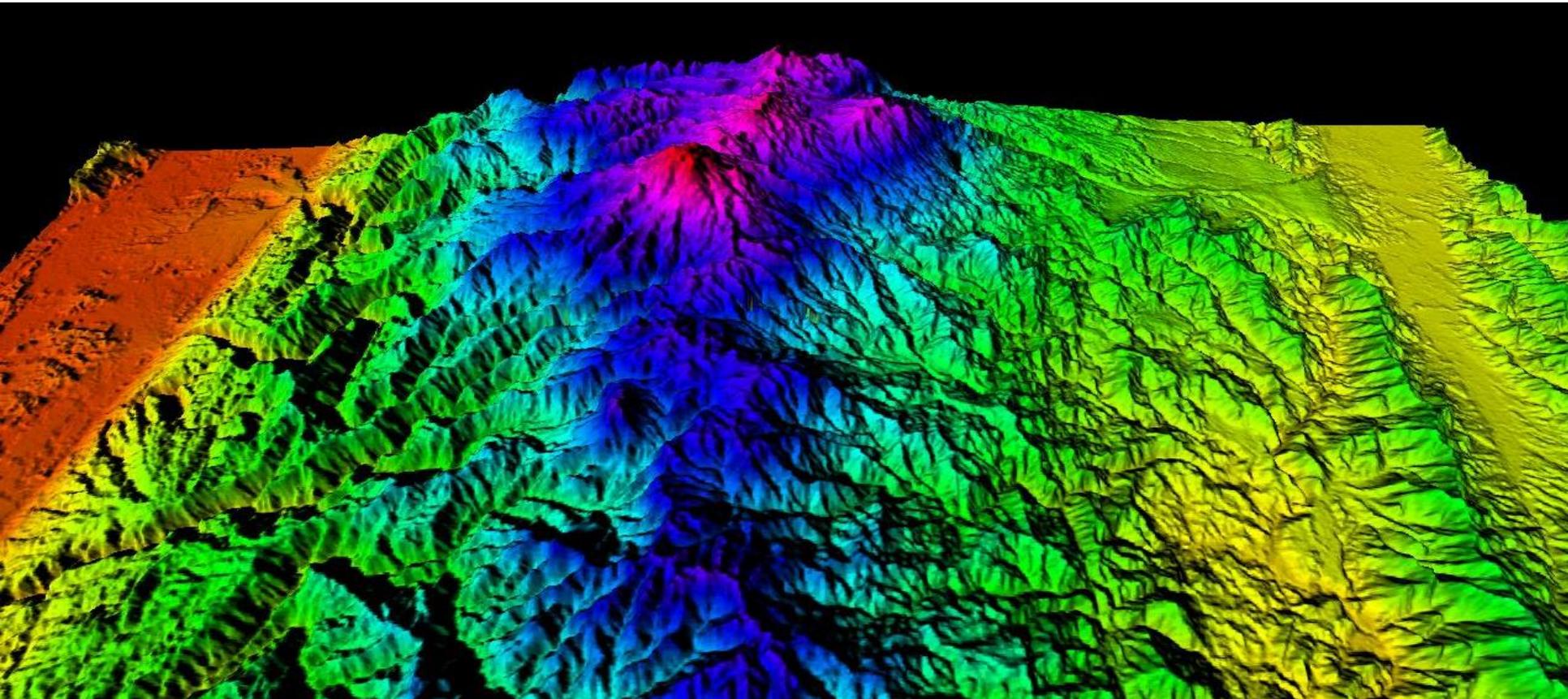


Teniendo en cuenta que el material parental es de cenizas volcánicas de composición ácida, la mineralogía de la arcilla registrada en el paleosuelo indica un régimen de precipitaciones menos intenso que el actual, ya que la lluvia es la responsable de reducir las moléculas de sílice y aluminio, transformando las arcillas 2:2 en 2:1 y las 2:1 en 1:1



3. Correlación y pedostratigrafía

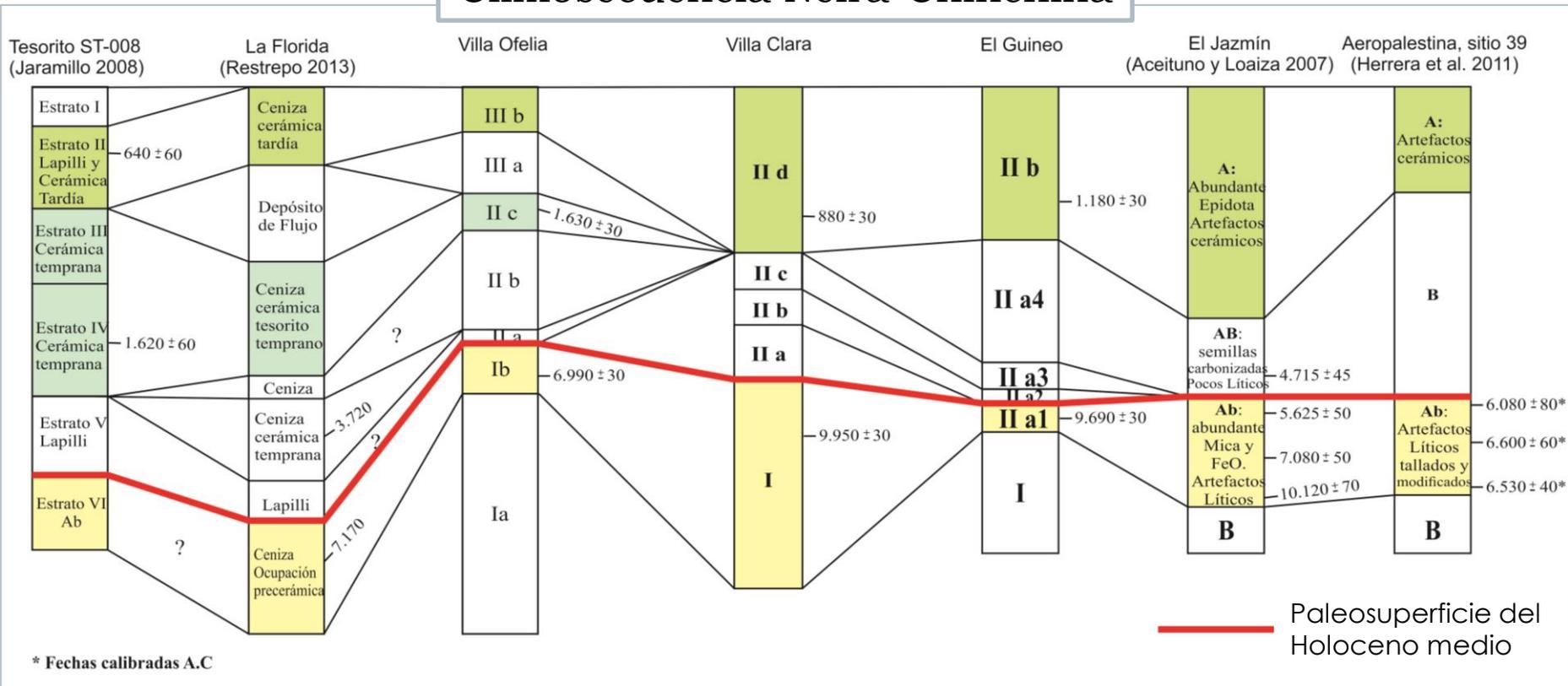
La correlación regional de varias secuencias de paleosuelos, además de mostrar la extensión de las antiguas condiciones pedogenéticas y de estabilidad, puede conducir a una reconstrucción del paleorelieve de la región en distintos momentos (Cordillera Central de Colombia)



3. Correlación y pedoestratigrafía

Por ejemplo, en la Cordillera Central de Colombia se ha realizado la siguiente correlación pedoestratigráfica para el Holoceno Medio

Climosecuencia Neira-Chinchiná

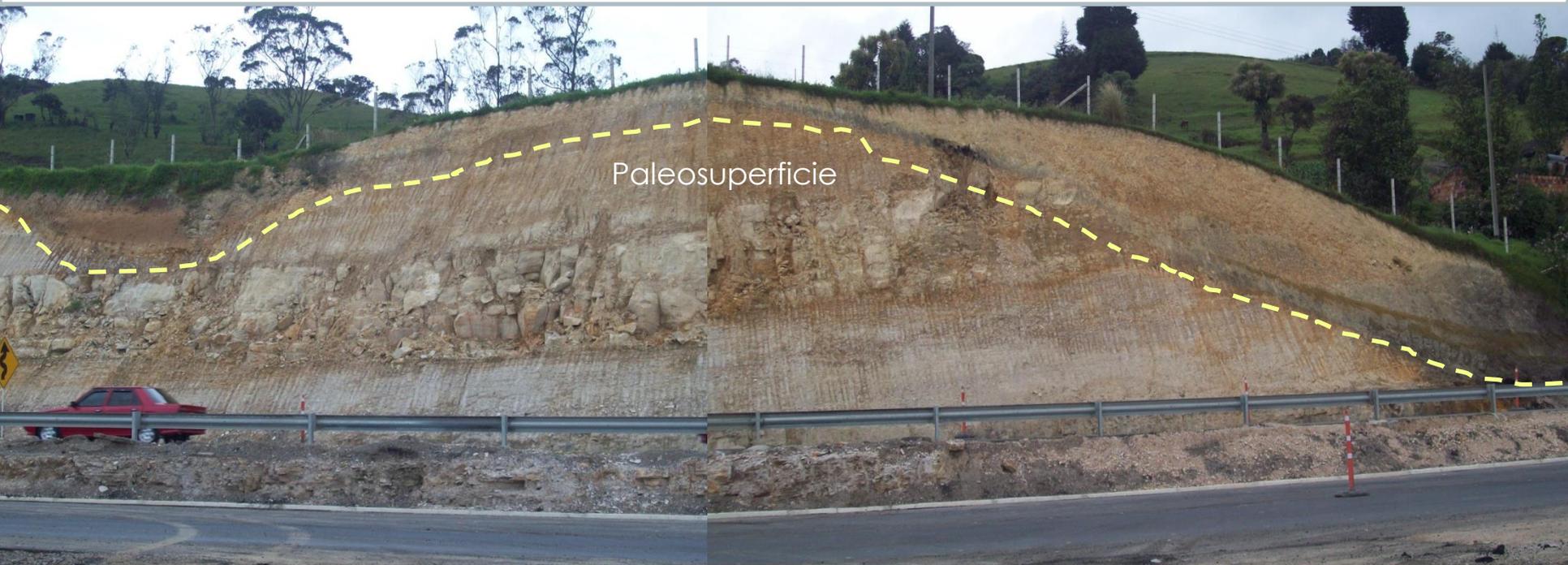


3. Correlación y pedostratigrafía

Esas correlaciones pueden indicarnos en distintas escalas el relieve del momento en que se desarrolló un suelo

Por ejemplo, aquí observamos la geometría de una paleosuperficie (paleosuelo) y cómo ella describe la forma del paisaje en el momento en que ese suelo se desarrolló

(paleosuperficie indicada por el color oscuro por sobre la línea punteada)



Para finalizar esta clase, retomaremos los contenidos más importantes desarrollados...

1

Los paleosuelos son suelos formados en un momento distinto al presente y han quedado desvinculados de las condiciones de pedogénesis actuales

2

Hemos podido observar mediante técnicas específicas y ejemplos, que los paleosuelos pueden funcionar como *proxies* paleoambientales

3

La micromorfología del suelo permite resolver algunos aspectos sobre los procesos de formación del registro arqueológico y factores climáticos del pasado, al revelar el contexto microscópico del suelo y sus contenidos *in situ*

4

El clima frío y húmedo es particularmente favorable para la acumulación de materia orgánica y para los procesos de humificación

5

Rasgos macromorfológicos como el encostramiento petroférico o los horizontes plácicos, describen procesos de precipitación de óxidos y cementación que indican contrastes de humedad y de temperatura

Las secciones delgadas de suelo permiten cuantificar y apreciar el grado de desarrollo estructural del suelo y la degradación del mismo a través del patrón de poros, agregados y sus relaciones

6

7

El isótopo del carbono 13 ($\delta^{13}\text{C}$) aporta información sobre el tipo de vegetación que soportó el suelo según su fisiología fotosintética, indicando procesos antrópicos (clareo, agricultura) y/o las condiciones climáticas de la época en que se desarrolló

En climas tropicales, la estructura mineralógica de las arcillas puede indicar procesos de alteración e hidrólisis relacionados con la frecuencia de lluvias

8

9

Las correlaciones regionales proveen información sobre la evolución del relieve y clima a lo largo del tiempo en extensas áreas geográficas

- Birkeland, Peter W. 1999. *Soils and Geomorphology*. Third edition. Oxford University Press. Oxford – New York.
- Iriarte, José; Glaser, Bruno; Watling, Jennifer; Wainwright, Adam; Birk, Jago Jonathan; Renard, Delphine; Rostain, Stéphane & Doyle McKey. 2010. “Late Holocene Neotropical agricultural landscapes: phytolith and stable carbon isotope analysis of raised fields from French Guianan coastal savannahs” *Journal of archaeological Science* 37:2984-2994.
- Malagón, D. 2003. “Ensayo sobre tipología de suelos colombianos – Énfasis en génesis y aspectos ambientales” En: *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. Vol XXVII, N° 104. Pp 319-342.
- Nettleton, W.D; Olson, C.G and D.A. Wysocki. 2000. “Paleosol classification: problems and solutions” *Catena* 41: 61-92.
- Posada Restrepo, William A. 2020. *Arqueología en territorios de incandescencia. Una aproximación geográfica a los procesos de cambio social y ambiental bajo condiciones de volcanismo activo. Cordillera Central de Colombia. Colección Antes del Presente, Fondo Editorial del Instituto Colombiano de Antropología e Historia ICANH. Bogotá, D.C. ISBN: 978-958-8852-81-2.*
- Quade J. et al., 1995, Late Miocene environmental change in Nepal and the northern Indian subcontinent: Stable isotopic evidence from paleosols, *Geological Society of America Bulletin*, 107,12, 1381–1397
- Retallack, Gregory. 2001. *Soils of the past. An introduction to paleopedology. Oxford.*
- Waters, Michael R. 1992. *Principles of geoarchaeology : a North American perspective. University of Arizona Press. Tucson.*
- Yaalon, D.H., 1971. Soil-forming processes in space and time. In Yaalon, D.H. (ed.), *Paleopedology – Origin, Nature and Dating of Paleosols*. Israel Universities Press, Jerusalem, pp. 29–39.