



Artículo

Cartografía geológica del Campus del Centro Universitario del Norte (CUNOR), Cobán, Alta Verapaz, Guatemala

Geological mapping of the Campus del Centro Universitario del Norte (CUNOR), Cobán Alta Verapaz Guatemala

USAC

CUNOR

Carrera de Geología

Recepción: 03/10/2025

Aceptado: 21/11/2025

Publicado: 24/11/2025

Sergio David Morán Ical ⁽¹⁾, Luis Alfredo Godoy Morales ⁽¹⁾; Luis Laj Hun ⁽¹⁾; Andrea María Reiche de la Cruz ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Carrera de Geología, Centro Universitario del Norte, Cobán Alta Verapaz, Guatemala

<https://orcid.org/0009-0006-0898-4683> | katmical@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0004-8554-1734> | luis.godoy@profesor.usac.edu.gt

<https://orcid.org/0009-0000-0548-564X> | geoluis04@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0009-1751-7122> | andrea.reiche@profesor.usac.edu.gt

Palabras clave:

Arcillas de llanura de inundación, cartografía geológica, Chocoyos, CUNOR, formación Jolom Naj, geología de Cobán, Pedoestratigráficas

Keywords:

Floodplain clays, geological mapping, Chocoyos, CUNOR, Jolom Naj formation, Cobán geology, Pedostratigraphy

Citar este artículo:

Morán Ical, S. D., Godoy Morales, L. A., Laj Hun, L., & Reiche de la Cruz, A. M. (2025). Cartografía geológica del Campus del Centro Universitario del Norte (CUNOR), Cobán Alta Verapaz, Guatemala. *Revista Guatemalteca de Ciencias de la Tierra*, 12 (01), 45-60.

RESUMEN

Este trabajo presenta los resultados de la investigación sobre la cartografía geológica del campus del Centro Universitario del Norte (CUNOR) de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Cobán, Alta Verapaz. El área estudiada abarca aproximadamente 18 hectáreas con un relieve topográfico compuesto por colinas suaves dentro de una altitud que varía entre 1 317 y 1 357 msnm, con una diferencia máxima de 40 m. El objetivo general fue identificar y caracterizar las unidades litológicas y pedológicas que conforman el subsuelo del campus, con énfasis en comprender sus relaciones espaciales y verticales para contribuir a su manejo geotécnico y ambiental. La metodología incluyó levantamientos de campo, análisis bibliográficos, estudios mineralógicos y análisis pedoestratigráficos conforme al Código Estratigráfico de Norteamérica. Se identificaron seis tipos de materiales agrupados en tres unidades litológicas y tres horizontes pedológicos superficiales, correspondientes a distintos estadios sedimentarios en una cuenca de origen tectónica-kárstica, influenciada posteriormente por episodios volcánicos. Los resultados señalan la subdivisión de la formación Jolom Naj en dos niveles: Jn1 inferior, compuesto por arcillas oscuras con restos de gasterópodos y vegetales, y Jn2 superior, con arcilla gris clara; ambos presentan problemas geotécnicos debido a la presencia de vermiculita. Se documentaron arcillas de llanura de inundación (Ai) con minerales como cuarzo, mica moscovita, vidrio volcánico y magnetita, evidenciando procesos sedimentarios complejos asociados a una erupción volcánica pre-Chocoyos, aproximadamente Plio-Pleistoceno (3,5 a 0,129 Ma). Sobre estas unidades, sobreyace una gruesa cubierta de ceniza volcánica intemperizada (Cvi) Los Chocoyos, relacionada con la génesis de la caldera actual de Atitlán. Posteriormente se presentan horizontes pedológicos de suelo orgánico (So), turboso (St) y relleno antrópico (Ser). Este estudio aporta información importante para la planificación y construcción en el campus CUNOR, recomendando profundizar en análisis geotécnicos y geocronológicos.

Abstract

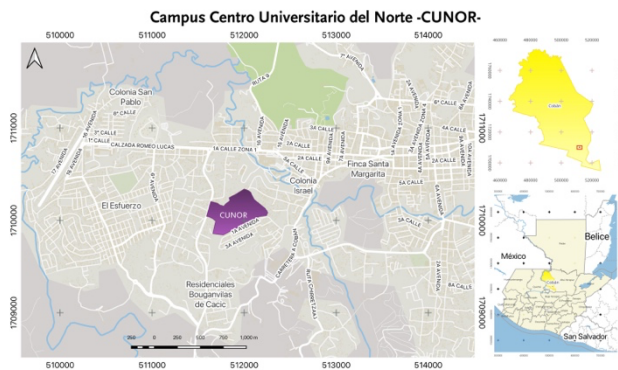
This paper presents the results of research on the geological mapping of the campus of the Centro Universitario del Norte (CUNOR) of the University of San Carlos de Guatemala, Cobán, Alta Verapaz. The area studied covers approximately 18 hectares with a topographic relief composed of gentle hills at an altitude ranging from 1,317 to 1,357 meters above sea level, with a maximum difference of 40 meters. The overall objective was to identify and characterize the lithological and pedological units that make up the subsoil of the campus, with an emphasis on understanding their spatial and vertical relationships to contribute to their geotechnical and environmental management. The methodology included field surveys, bibliographic analysis, mineralogical studies, and pedostratigraphic analysis in accordance with the North American Stratigraphic Code. Six types of materials were identified, grouped into three lithological units and three surface pedological horizons, corresponding to different sedimentary stages in a basin of tectonic-karstic origin, subsequently influenced by volcanic episodes. The results indicate the subdivision of the Jolom Naj formation into two levels: lower Jn1, composed of dark clays with gastropod and plant remains, and upper Jn2, with light gray clay; both present geotechnical problems due to the presence of vermiculite. Floodplain clays (Ai) containing minerals such as quartz, muscovite mica, volcanic glass, and magnetite were documented, evidencing complex sedimentary processes associated with a pre-Chocoyos volcanic eruption, approximately Pliocene-Pleistocene (3.5 to 0.129 Ma). These units are overlain by a thick cover of weathered volcanic ash (Cvi) Los Chocoyos, related to the genesis of the current Atitlán caldera. Subsequently, pedological horizons of organic soil (So), peat (St), and anthropogenic fill (Ser) are present. This study provides important information for planning and construction on the CUNOR campus, recommending further geotechnical and geochronological analysis.

1. Introducción

Para toda actividad antrópica dentro de un área, se hace necesario el levantamiento de información básica, como la geología, con la finalidad de entender la litoestratigrafía y/o unidades pedoestratigráficas de un área, sirviendo como herramienta en la planificación y ordenamiento del territorio. Bajo este contexto, se ha planteado el levantamiento geológico del área que cubre el Centro Universitario del Norte (CUNOR) de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, con sede en Cobán Alta Verapaz (Figura 1).

Figura 1

Localización dentro contexto regional y local del área de estudio



Dentro del campus afloran principalmente formaciones superficiales que incluyen unidades como arcillas lagunares, sedimentos aluviales y depósitos de tefra. Estas últimas corresponden a materiales volcánicos originados por antiguas erupciones asociadas al cinturón volcánico del sur de Guatemala.

El propósito de esta investigación radica en llevar a cabo una caracterización geológica de estos materiales no consolidados o semiconsolidados. El horizonte correspondiente al suelo orgánico, que cubre la mayor parte el terreno, es representado en el mapa geológico final, considerando para ello una profundidad igual o superior a 50 cm.

2. Metodología

Principalmente incluyo una fase análisis bibliográfico, levantamiento de campo, análisis de laboratorio y gabinete. El reconocimiento y delimitación de *unidades* partió con la identificación de los materiales parentales de los suelos superficiales mediante diferentes medios (Figura 2).

Figura 2

Medios utilizados para el estudio de los horizontes del suelo, dentro del campus



Dada la ausencia de roca en superficie, el reconocimiento y ordenamiento de los distintos intervalos de depósitos superficiales, se basó en reconocer unidades pedoestratigráficas, considerando el contexto geológico local del sitio que ocupa el campus.

En el caso del laboratorio, se realizaron tanto el análisis del contenido composicional (minerales) mediante microscopio-estereográfico, como el análisis macro de la fauna en los sedimentos de la

formación *Jolom Naj* y la microscópica utilizando la base reportada por (Brocard, Morán Ical, Duran, & Vasquez, 2015). Así mismo, se realizaron algunos ensayos de las propiedades físicas y estudio preliminar de la estructura cristalina de los materiales del suelo, mediante difracción de rayos X (DRX).

Para la identificación de la composición mineral (partículas ≥ 1 mm) se utilizó un microscopio con pantalla LCD, MIS-2000, aplicando a varias muestras una técnica de lavado (eliminación de la fracción fina), utilizando ± 1 cm³ de material (Figura 2f).

Se ha utilizado la base topográfica con equidistancias de curvas de nivel a cada 0,20 m, 0,5 m, 1,00 m y 5,00 m, generada en el proyecto “*Levantamiento topográfico de la finca del Centro Universitario del Norte*”, llevada a cabo en 2019, por la Carrera de Geología, con apoyo del Registro de Información Catastral de Guatemala [RIC] con sede en Cobán A.V.

3. Resultados

3.1 Pedoestratigrafía local

En un intento de ordenar los distintos depósitos no consolidados que forman parte de la geología del sitio, a partir de sus cambios que muestran a nivel de composición, textura y color, se estudia y plantea desde los procedimientos que se proponen en el Código Estratigráfico Norteamericano (Barragan, Campos-Madrigal, Ferrusquía- Villafranca, López-Palomino, & Tolson, 2010)

Se basó en el planteamiento con enfoque pedoestratigráfico propuesto por (Ventura, Morán, & Milián, 2022) donde se ha planteado y se ordena las diferentes unidades superficiales a nivel local. Esta concepción se adapta y enfocada a nivel de sitio, para un área que cubre el CUNOR de $\pm 177\ 535,04$ m² (0,12 km²). *El material parental es el material inicial a partir del cual se desarrolla el suelo y puede incluir tanto roca consolidada como material no consolidado.* La materia mineral que se origina en las rocas se denomina «material parental del suelo», ya

que es el principal componente a partir del cual se forman los suelos (Olson, 2025).

Los horizontes de suelos identificados dentro de campus provienen de diferentes materiales parentales. El material parental según origen partir del cual se ha formado el suelo, se puede observar en la tabla 1.

Tabla 1

Principal origen y material parental de los materiales pedológicos, dentro de campus

Origen	Tipo material original	Material parental
Biológico	Restos de plantas, microorganismo, animales	Material orgánico
Volcánico	Piroclásticos	Ceniza volcánica
Sedimentario	Aluvial	Minerales como feldespatos, micas, cuarzo,
	Material parental lacustre (Jn)	provenientes de rocas ígneas y rocas metamórficas principalmente.
	Calcáreo	Calizas, “terra rosa”

Unidades superficiales

Se tienen rocas calcáreas como basamento sedimentario a nivel regional y local, junto a perfil bien desarrollado de suelo (*terra rosa*), donde todas las unidades que a continuación se citan, se encuentran apiladas. Considerando los diferentes materiales parentales y los productos resultantes de meteorización de estos, se ordena y describe a nivel local las capas u horizontes de las que se tienen documentado y cartografiados y representados en el mapa geológico, donde el orden relativo propuesto es el siguiente.

Formación Jolom Naj (Jn)

Descrita por primera vez por la Misión Geológica Alemana, como arcilla límnic, asignada al Terciario-Cuaternario, en 1976. Posteriormente (Brocard, Morán Ical, Duran, & Vasquez, 2015) la describen como lacustre y se asigna a la Formación Jolom Naj del Plio-Pleistoceno donde se han encontrado al menos siete géneros de diatomeas, que en su conjunto evocan un ambiente de lago poco profundo de aguas ricas en carbonatos.

Las pocas exposiciones dentro del campus se ubican cercanas al laboratorio de química y en los taludes y plataforma construidos en julio del 2025. Por lo tanto, su estudio se restringe a un sitio específico y se realizó a través de calicatas y/o cortes realizados al momento de la nivelación del terreno para la edificación del módulo de laboratorio multidisciplinario.

Frecuentemente se encuentra en contacto discordante con arcilla de inundación (Ai) relacionada al cauce del ancestro río Cahabón actual, cuando esta transportaba detritos (sedimentos) de rocas metamórficas e ígneas (ultramáfica) y depósitos piroclásticos principalmente ceniza volcánica.

Esta unidad litoestratigráfica sepultada, está compuesta por dos niveles estratigráficos: un intervalo inferior (Jn1) rico en material orgánico de color oscuro a gris, y el intervalo superior (Jn2) compuesto de arcilla de color gris claro (Figura 3a). El Jn1, contiene fragmentos vegetales como una abundante presencia de fragmentos de gasterópodos de caparazón calcáreo. El tamaño de los ejemplares varía de 0,5 cm a 2 cm (Figura 3b y 3c).

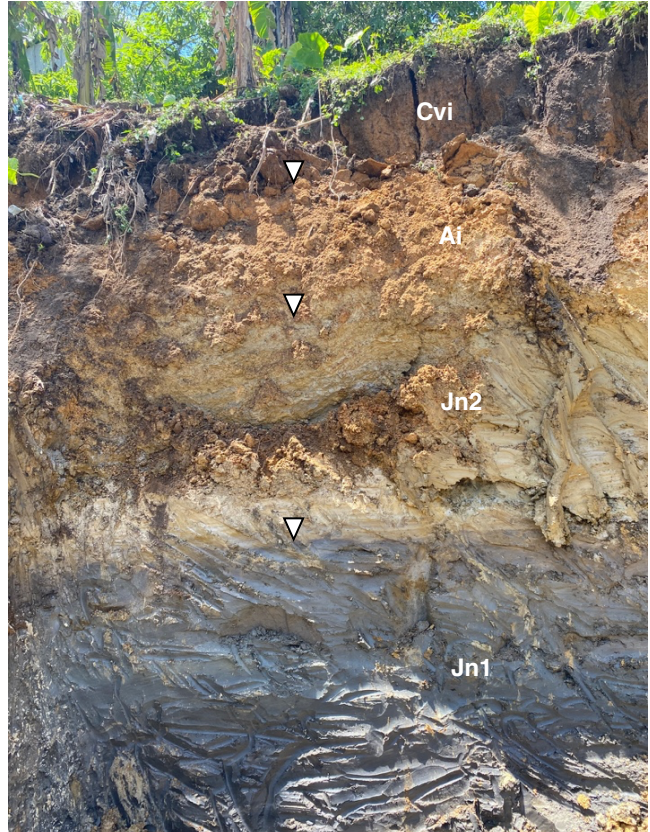
El otro intervalo (Jn2), que sobreyace a Jn1, está conformada de sedimento arcilloso de color gris (2,5P 7/2). En su base, pueden encontrarse esporádicamente y disperso, algunos restos de gasterópodos, que paulatinamente se van haciendo escasos en la parte superior del estrato (Figura 3a).

Arcilla de llanura de inundación (Ai)

Se restringe a pequeñas exposiciones, pero que a partir ello, permitió englobarlos a nivel cartográfico en varias áreas o polígonos, tal como lo muestra el mapa geológico. En cuanto a su espesor varía (Figura 4a), pero en su mayor parte representan espesores incompletos que van desde 1,5 m a 2,5 m, pudiendo ser aún mayor en el subsuelo. Las exposiciones de fácil acceso se encuentran a lo largo de la vía-76N (norte) y vía Los Pinos (ver mapa geológico).

Figura 3

Características físicas de la formación Jolom Naj en CUNOR



a) Perfil mostrando el nivel inferior y superior de la formación Jolom Naj, cubierta por arcillas de inundación y ceniza volcánica intemperizada, inmediato al horizonte de suelo orgánico.



b) Sección transversal y espécimen de gasterópodos



c) Segmentos de gasterópodos dentro de la matriz de arcilla.

Cubierta frecuentemente por ceniza volcánica intemperizada (Cvi) y donde la erosión ha sido mayor, deja exponer esta unidad de origen fluvial (Figura 4a), principalmente a lo largo del talud con dirección norte-sur, muy cercana al módulo H. Compuesta principalmente de material fino principalmente de un subambiente de llanura de inundación, de textura arcillosa y colores gris claro (2.5YR 9/2) y rojizo (10R 4/12) (Andrew Werth, n.d.), interpretada como resultado de proceso de oxidación/reducción de los materiales primarios (Figura 4b), que en este caso son sedimentos provenientes de rocas metamórficas e ígneas, ricas en cuarzo, feldespato y mica moscovita.

Las características redoximórficas se forman por la reducción, translocación y oxidación de compuestos de hierro y manganeso en el suelo tras la saturación y desaturación hídrica, respectivamente (Vepraskas, Lindbo, & Stolt, 2018).

Dentro de esta unidad, se han encontrado concreciones de óxido de hierro, las que exhiben diferentes dimensiones (Figura 4c y 4d). Estos llegan a tener longitudes entre 2,0 cm a 10 cm. El sector con mayor porcentaje en presencia de estas concreciones se observa en el afloramiento ubicado al sur.

Los nódulos o concreciones de formas irregulares de óxido de hierro presentan internamente capas concéntricas de espesores milimétricos, donde pueden observarse en su parte externa limonita (goethita) con brillo mate y terroso de color amarillo y en su centro, hematita, de color café a rojizo (Figura 4c y 4d).

Dada al ambiente aluvial de estos sedimentos detríticos (planicies de inundación), el color rojo se debe a su asociación a proceso de oxidación.

El resultado del proceso en la eliminación de la fracción fina (lavado de matriz) del suelo, llevado a cabo para 12 muestras, exhiben dos variaciones en esta *unidad*. La primera, consiste en una alta presencia de cuarzo lechoso, donde las partículas

Figura 4

Características en afloramiento y componentes detríticos encontrados comunes dentro de la unidad Ai. La ocurrencia de vidrio volcánico sub-redondeado y cuarzo metamórfico (lechoso y ahumado) denotan cambios en la sedimentación



a) Nivel de arcilla de inundación, cubiertas de ceniza volcánica intemperizada (muestra Csm-07).



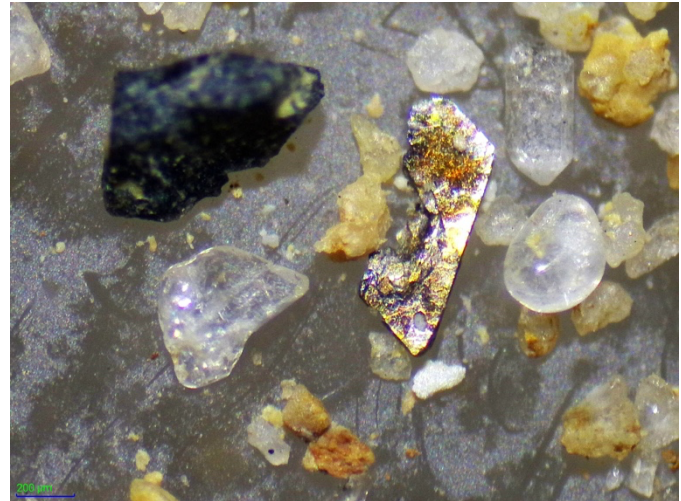
b) Acumulación de óxido de hierro y sectores afectados por reducción.



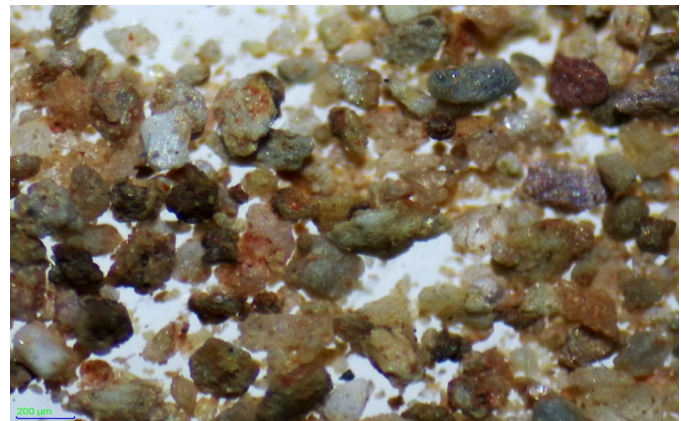
c) Concreciones o nódulos de óxido de hierro.



d) Concreción de hierro dentro de una matriz de suelo de textura arcillosa.



e) Vidrio hialino redondeado, lamina de biotita, cuarzo primario y obsidiana



f) Lítica metamórfica (cuarzo con mica moscovita) y fragmentos de cuarzo.

son sub-angulosos de ≤ 1 mm a 0,25 mm, el tamaño de partículas más frecuente. Algunos presentan formas prismáticas, bien definidas (Figura 4e).

Adicional, se tiene la ocurrencia de láminas $\leq 0,25$ mm de mica blanca (moscovita, fengita), como espinela (fractura irregular y brillo vítreo). Por otra parte, algunas muestras además del cuarzo revelan vidrio volcánico traslucido sub-anguloso a redondeado, biotitas y de magnetita (Figura 4e).

Dentro del grupo de los fragmentos líticos, tenemos en algunas de las muestras una alta presencia de cuarcitas, rocas cuarzo-feldespáticas y adicional a ello, costras de óxido de hierro (Figura 4f).

Así mismo, se identificaron algunos lentes de arenas cuarcíferas, donde el cuarzo posee 2 mm a 5 mm de diámetro. Las variedades de cuarzo lechoso y ahumado, basados en su color, son frecuentes. Otros componentes asociados son fragmentos líticos (0,5 mm - 0,25 mm) de cuarcitas, cuarzo-feldespático, principalmente.

Ceniza volcánica intemperizada (Cvi)

Corresponde a una cubierta bien extendida local y regionalmente de material piroclástico, principalmente de ceniza volcánica tomando en cuenta el tamaño (textura) de las partículas que predominantemente son ≤ 2 mm. Sus contactos en su parte superior frecuentemente con suelo orgánico (So), es gradual (Figura 5a) y su límite inferior con las arcillas de inundación, se puede clasificar como difusa (Figura 5b).

En el campus, se ha identificado por lo menos dos niveles o intervalos con diferentes grados de meteorización dentro de esta unidad (figura 5b). Los espesores en los perfiles son muy variados. Estos suelos desde el punto de vista pedológico son nombrados Andosoles. Las exposiciones de fácil acceso se encuentran en la vía-76S (sur)

El nivel más bajo, del primer depósito volcánico (Cvi1), sobre yacen inmediatamente a sedimentos fluviales de inundación (Ai). El sedimento con mayor

porcentaje es una masa de suelo fino de textura franco limoso de color 10 YR 5/6, donde aún existen relictos de granos de vidrio y magnetita principalmente.

Figura 5
Principales características del nivel de ceniza volcánica intemperizada (Cvi), cubriendo antiguos depósitos de arcillas de inundación (Ai), evidenciando proceso de óxido-reducción.



a) Perfil de suelo mostrando tres horizontes de suelo. La parte inferior compuesta de ceniza volcánica intemperizada, en contacto con suelo orgánico en su parte superior.



b) Perfil de referencia, mostrando las relaciones pedoestratigráficas entre dos niveles de ceniza volcánica intemperizada y arcillas de inundación en la parte inferior. Cvi1 mostrando un acuñamiento que se proyecta hacia la derecha.

Aunque en otros puntos pueden descansar directamente sobre sedimentos de la formación Jolom Naj y calizas de la formación Cobán. Aunque esta última, no aflora dentro del terreno del CUNOR, excepto en la localidad de muestreo Csm-07 (Mapa Geológico).

Inmediato a la base del horizonte Cvi1, se ha encontrado una alta concentración de arcilla, que se ha interpretado como el resultado de un proceso *eluvial*. Este aumento en la presencia de partículas finas presenta un color de 10YR 7/6, en casi todos los cortes o perfiles observados. Sobre este horizonte, se encuentra intervalo de ceniza intemperizada identificada como Cvi2 (Figura 5b), donde el grado de meteorización es de II a III, observándose a nivel macroscópico partículas de vidrio volcánico y magnetita. Texturalmente se ha clasificado como franco arenoso a franco limoso.

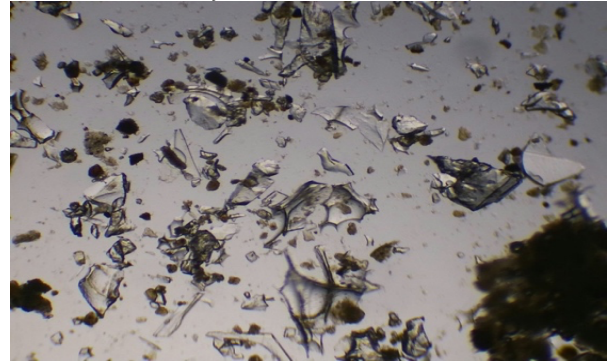
Para caracterizar el contenido mineral (*relicto*) dentro de esta unidad, llevando a cabo un proceso de *eliminación de las partículas finas*, mediante un lavado para facilitar la separación física por tamaño de los sedimentos más finos (arcilla), se utilizó un 1 cm³ de suelo para obtener las partículas $\geq 0,10$ mm. La aplicación de esta técnica en varias muestras del nivel Cvi1 permitió identificar principalmente fragmentos de vidrio hialino y magnetita, lo cual indica un grado de meteorización más avanzado en este horizonte (Figura 5a).

En el caso de nivel Cvi2, los componentes suelen ser vidrio, feldespato, biotita, magnetitas, líticos, cuarzo bipirámide y diminutos fragmentos de planta (Figura 5c). El vidrio incoloro posee diferente morfología y estructura. Los vidrios cuya morfología es *irregular*, presentan bordes angulosos y fractura concoidea, cuyos tamaños de la partícula van desde 0,5 mm a 0,1 mm.

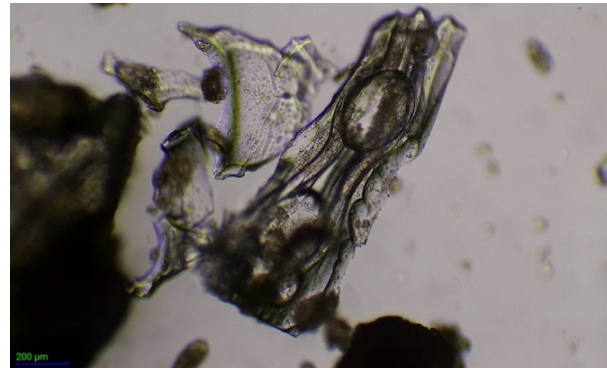
El otro grupo, corresponden al vidrio que poseen abundantes vesículas en forma de cavidades alargadas (tubuliforme) finas a ovoides o esféricas, elongada y cilíndricas (Figura 5b).

Figura 6

Principales características de fragmentos de vidrio volcánico en la unidad CVI. unidad muy extendida dentro del campus.



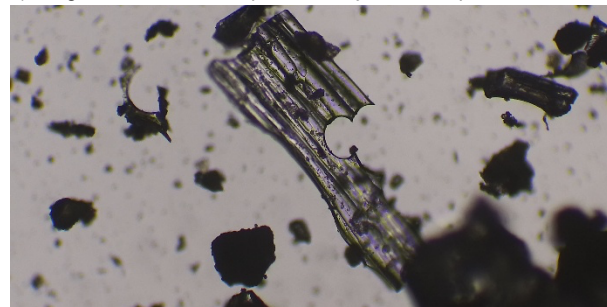
a) Fragmentos irregulares de vidrio hialino de paredes finas y con bordes irregulares a circulares.



b) Fragmentos de vidrio con vesículas en forma de finos tubos.



c) Fragmento de madera petrificada y cuarzo bipiramidal.



d) fragmento de vidrio no escoriáceos (filamentos alargados).

En algunas muestras analizadas los fenocristales ahedrales de biotita aún se preservan y conservan dentro de esta unidad (Figura 6a), fragmentos de cuarzo bipiramidal, feldespatos (Figura 6b) y posibles circones (Figura 6c).

En el caso de líticos, se evidenciaron partículas de dacita (color gris claro) a riolita, con alteración hidrotermal y toba vítrea.

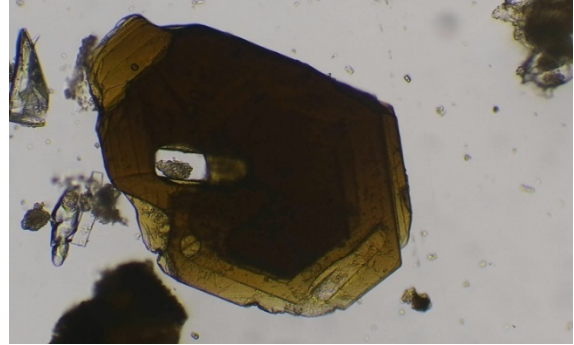
En el mapa geológico, en las áreas donde los espesores de suelo orgánico son $\leq 0,5$ m, se ha representado la unidad inferior, que, en este caso, corresponde a los niveles de ceniza volcánica intemperizada, asignada a Los Chocoyos, de aproximadamente 75 Ma, según (Cisneros de León, et al., 2021) también (Innes, et al., 2025).

Los ejemplares de cuarzo bipiramidal (Figura 7c), en su mayor parte se encuentran fragmentados (incompletos).

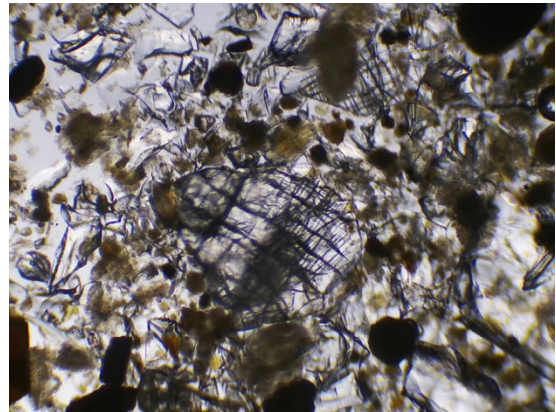
El nivel inmediato al horizonte de suelo orgánico (So), los pocos componentes conservados son el vidrio, cristales primáticos de piroxeno (3 %), posiblemente augita (Figura 7d). Por otra parte, una alta concentración (20 %) de cristales de magnetita.

Figura 7

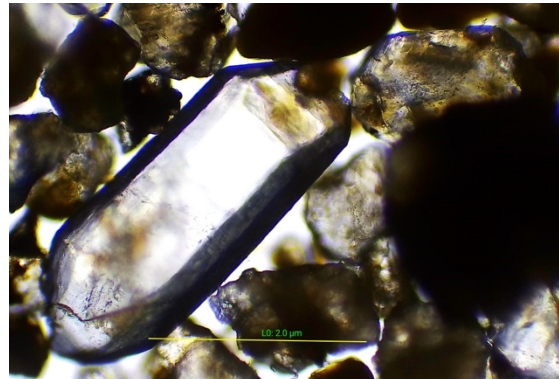
Fenocristales encontrados dentro de los sedimentos aun preservados dentro de la unidad de ceniza volcánica intemperizada (CVi)



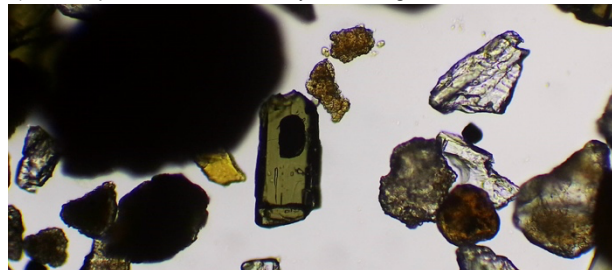
a) Cristal euhedral de biotita de tonalidad ámbar.



b) Feldespato mostrando maclado, junto a partículas de vidrio.



c) Cristal prismático de circon, junto a fragmentos de vidrio.



d) Cristal de piroxeno, posiblemente augita junto a opacos

Suelo orgánico (So)

El horizonte pedológico más superficial se encuentra ampliamente distribuido en el terreno del CUNOR, con espesores que varían entre 10 cm y más de 1,50 m. Para la elaboración del mapa geológico se consideró su distribución y representatividad tomando una profundidad igual o superior a 0,50 m.

En los sectores donde el espesor fue menor, se representó el horizonte subyacente, correspondiente a la unidad de ceniza volcánica intemperizada (Cvi). Esta aclaración y representación en el mapa geológico busca resaltar la importancia de este suelo, ya que constituye un material favorable para el desarrollo de plantas y organismos edáficos, entre ellos lombrices de tierra (*Lumbricus terrestris* L.), indicadoras de buena aireación y actividad biológica en el perfil.

Representa el horizonte de color oscuro, compuesta de restos orgánicos muy descompuestos (Figura 5a y 5b). El promedio de materia orgánica calculada en este horizonte (So) fue de 12,86 %, para 6 muestras obtenidas dentro del campus.

Suelo turboso (St)

Corresponde a un suelo desarrollado a partir de material orgánico, principalmente restos de vegetación acumulados en un entorno con saturación frecuente de agua. En el área de estudio se identificó un sector al norte donde el nivel freático es somero, lo que mantiene el terreno inundado durante gran parte del año. Estas condiciones anóxicas favorecen la descomposición parcial de la materia vegetal y la acumulación de materia orgánica, procesos característicos de ambientes pantanosos o de turberas incipientes.

Suelo de relleno (Sre)

Toda actividad antrópica, relacionada en la acomodación de infraestructura existente dentro del campus (módulos, oficinas, etc.), dio como resultado la remoción de los primeros horizontes o unidades y su reubicación dentro del sitios puntuales, los cuales representan el material que mezcla horizonte orgánico, ceniza volcánica intemperizada y arcillas d

inundación. Identificado como montículo de relleno en el mapa geomorfológico (Morán, Portillo, Quím, López, & Godoy, 2023).

Algunos fueron originados desde 1976 (construcción inicial del Campus), 2005 (modulo H), 2008 (movimiento de suelo en sector de Zootecnia), 2013 (Modulo J) y 2025 (construcción de laboratorio multidisciplinario), con el relleno realizado cercano al área que ocupa el laboratorio de química (Figura 7).

Figura 8

Sector de relleno, realizado con materiales provenientes de las unidades de arcilla de inundación y formación Jolom Naj, año 2025.



Discusión

Relaciones pedoestratigráficas

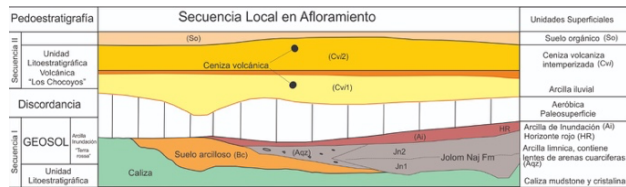
Las relaciones espaciales, tanto laterales como verticales, entre los horizontes pedológicos dentro del campus, resultan más complejas de lo que podría suponerse inicialmente, debido a la influencia conjunta en la evolución genética de los materiales parentales (lagunar, fluvial y volcánico) y de los procesos pedológicos que exhiben los materiales originales que conforman las “unidades superficiales” del área estudiada.

El proceso de sedimentación, dominado por ambientes lagunares y fluviales, junto con los aportes de depósitos volcánicos que modificaron la morfología de la paleocuenca dentro de la actual

depresión topográfica donde se asienta la ciudad de Cobán, dio origen a la presencia de suelos sepultados (Figura 8). Estos se desarrollaron sobre, o fueron cubiertos por, al menos dos niveles de ceniza volcánica intemperizada (Cvi1 y Cvi2) provenientes del cinturón volcánico del sur de Guatemala, dando como resultado el sepultamiento de niveles de suelos (Bc, y Ai, en la Figura 8). Bc refiere a suelo “terra rosa” o residual provenientes de roca calcárea (caliza).

Basados en estas relaciones, se ha propuesto el orden pedoestratigráfico mostrado en la figura 8.

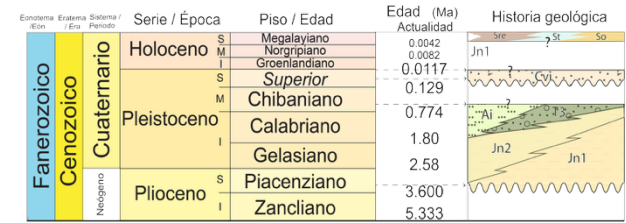
Figura 8
Propuesta para el ordenamiento de los distintos niveles pedológicos desde el punto de vista pedoestratigráfico



En el caso de los niveles de arcilla correspondientes a la llanura de inundación (Ai), la presencia de partículas de vidrio asociadas a sedimentos ricos en detritos provenientes de rocas metamórficas abre nuevos escenarios sobre la dinámica de sedimentación dentro de la cuenca por donde discurría el ancestro del río Cahabón hace aproximadamente 3,5 Ma (Plioceno) (Brocard, Morán Ical, Duran, & Vasquez, 2015).

Los detritos volcánicos (vidrio) identificados dentro de las arcillas de llanura de inundación podrían corresponder a una actividad volcánica previa al evento Los Chocoyos, lo que permitiría asignar una edad del plio-pleistoceno entre 3,5 a 0,129 Ma, (Piacenziano-Chibaniano) (Cohen, Finney, Gibbard, & Gutierrez-Marco, 2025), para estos depósitos fluviales, con base en las relaciones de campo y considerando una edad máxima de 75 ka para los depósitos Los Chocoyos (Cisneros de León A. D.-B., 2025), esto como se ilustra en la Figura 9.

Figura 9
Reconstrucción de la historia geológica del campus



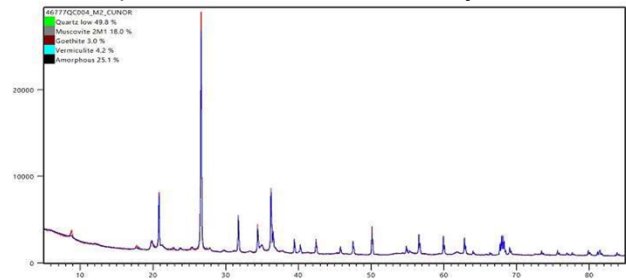
No obstante, se recomienda la realización de estudios adicionales que permitan precisar con mayor exactitud la geocronología de estos sedimentos.

Análisis de difracción de rayos X (DRX).

Se obtuvieron dos muestras representativas de los depósitos de llanura de inundación (Csm-02) y de arcilla límica (Csm-14), perteneciente principalmente al nivel Jn2, todo esto con el propósito de identificar el contenido mineralógico de las arcillas presentes.

Los análisis realizados mediante difracción de rayos X (DRX) revelaron que el tipo de arcilla predominante en ambas muestras corresponde a vermiculita (4,2 %). Asimismo, se identificaron las fases cristalinas dominantes, compuestas por cuarzo (49,8 %), moscovita (18 %) y goethita (3 %). Estos resultados preliminares evidencian la necesidad de continuar con estudios de caracterización geotécnica más detalladas, orientados a determinar con mayor precisión la composición y proporción de los minerales de arcilla.

Figura 10
Difractograma para la identificación de la fase cristalina, amorfa y tipo de arcilla para la muestra Csm-02, por medio de difracción de rayos X.



Características geotécnicas generales

Para una caracterización geotécnica de un suelo, existen una serie de ensayos, que podrían ser el punto de partida para otros estudios donde se requiera conocerse la resistencia y/o deformación de los materiales.

Unos de los parámetros básicos que podría guiar, los sucesivos estudios, es la determinación del contenido de humedad.

Se llevaron a cabo el cálculo del coeficiente de extensión y el contenido de humedad, correspondientes a los horizontes de arcilla iluvial proveniente ceniza volcánica (Csm-12), arcilla de inundación (Csm-07) y el nivel Jn2 de la formación Jolom Naj (Csm-14). Para estas tres muestras (cubo) se procedió a calcular el porcentaje del coeficiente de extensión y el porcentaje de contenido de humedad durante 24 horas a una temperatura de 105 °C, considerando la relación siguiente:

$$\% C.L. = (L_i - L_f) / L_f \times 100. \text{ } L_i \text{ y } L_f = \text{Longitud inicial y final}$$

Los promedios resultantes para dos medidas realizadas por cada muestra se listan en la siguiente tabla.

Tabla 2

Resultados preliminares sobre el coeficiente de extensión, para dos muestras

Unidad de suelo	Valores % obtenidos 24 horas	Promedio % 24 horas
Arcilla iluvial de ceniza volcánica.	6,25	5,75
	5,26	
Arcilla de inundación	7,89	7,89

Jolom Naj, Jn2	10,96	19,32
	27,69	

Para determinar el contenido de humedad (contenido volumétrico del agua), para su cálculo se plantea la siguiente relación:

$$\%C.H = \text{Peso del agua (Mw)} / \text{peso de la muestra seca (Ms)} \times 100$$

Esto dio como resultado los siguientes valores para tres unidades.

Tabla 3

Resultados preliminares sobre el contenido de humedad, para tres unidades dentro del campus

Unidad de suelo	Peso inicial (g)	Peso en g en 24 horas	% C.H 24 horas
Arcilla iluvial	76,02	59,06	28,71
Arcilla de inundación*	107,37	86,17	24,60
	496,32	368,07	34,84
Jolom Naj, Jn2	1 476,3	1 117,9	32,06

Nota: *Dos muestras analizadas y profundidad 1,50 m

Solo la muestra Csm-14 (Jolom Naj, Jn2), se dejó secando hasta 48 horas, y su contenido de humedad fue de 35,02 %, no mostrando ningún cambio en su longitud. Aunque estos cálculos muy preliminares y básicos serán necesarios realizar más ensayos y estudios que conduzcan a evaluar lo relacionado a la resistencia, compresibilidad y permeabilidad de los horizontes de suelo.

Zonas de recarga

Debido a su baja densidad y alta porosidad, la unidad de ceniza volcánica intemperizada (Cvi) puede considerarse un horizonte o unidad clave para la infiltración de agua, de modo que en los sectores donde aflora constituye áreas relevantes para la recarga hídrica. La tasa de infiltración básica determinada para esta unidad litoestratigráfica fue de 0,22 cm/min, predominando texturas franco-limosas a arcillosas.

Limitaciones para tomar en cuenta

A pesar de los avances significativos obtenidos en la caracterización geológica y pedoestratigráfica del campus CUNOR, existen limitaciones que condicionan la interpretación y alcance de los resultados presentados.

La ausencia de ensayos geotécnicos completos, como pruebas avanzadas de resistencia, compresibilidad y permeabilidad, limita la comprensión integral del comportamiento mecánico de las unidades arcillosas, particularmente las que

contienen vermiculita, conocidas por su problemática geotécnica.

Asimismo, la determinación de la edad de los depósitos sedimentarios y volcánicos, fundamental para establecer una cronología precisa de la evolución del sitio, permanece parcialmente inconclusa. Los datos actuales sugieren edades aproximadas basadas en relaciones de campo y evidencia estratigráfica, pero la carencia de dataciones absolutas mediante técnicas radiométricas o geoquímicas genera incertidumbre en la temporalidad de los eventos sedimentarios y eruptivos.

En cuanto a los resultados, los análisis mineralógicos por difracción de rayos X identificaron vermiculita y materiales con alta plasticidad, pero estos análisis son preliminares y deberían complementarse con caracterizaciones cuantitativas más detalladas de los minerales arcillosos aumentando el número de muestras para evaluar plenamente su impacto geotécnico. Estas limitaciones indican que se requieren estudios complementarios futuros enfocados en ensayos geotécnicos, geofísicos avanzados, dataciones precisas y ampliación de la muestra para fortalecer y validar los hallazgos preliminares y proporcionar una base sólida para aplicaciones futuras, especialmente en planificación y obras de infraestructura.

4. Conclusiones

Se considera que la forma más adecuada de ordenar las unidades superficiales (pedológicas y aloestratigráficas) dentro de la propiedad del CUNOR es mediante un enfoque pedoestratigráfico, especialmente aplicable a contextos donde los horizontes pedológicos están cubiertos o superpuesto por horizontes de otros materiales parentales.

Bajo este enfoque, la unidad “*geosol*” como unidad fundamental en la clasificación pedoestratigráfica, se compone de los niveles siguientes: suelos residuales derivados de la meteorización de calizas, arcillas

lagunares y sedimentos aluviales de inundación, planteamiento que permite una interpretación más clara de las relaciones espaciales y verticales, dinámica en la sedimentación en la cuenca, los materiales volcánicos y orgánicos.

Un ejemplo, es la formación Jolom Naj y las arcillas de llanura de inundación (Ai) que evidencian en todas las muestras analizadas, cierto porcentaje de vidrio volcánico junto a detritos metamórficos, sugiriendo un cambio en el área fuente de los sedimentos y por lo tanto un episodio de erupción volcánica pre-Chocoyos ocurrida entre el Plio-Pleistoceno (3,5 a 0,129 Ma). Ambas cubiertas por una gruesa secuencia de ceniza volcánica intemperizada (Cvi), asignada a Los Chocoyos, Pleistoceno Superior (75,5 ka).

Los datos preliminares sobre contenido de humedad y coeficiente de extensión en las arcillas de inundación y en el nivel Jn2 de la formación Jolom Naj indican valores superiores al 7 %, lo que sugiere un alto porcentaje de arcillas expansivas o esmectíticas en el suelo como sugiere (Garrido Valero, 1994).

Asimismo, la presencia de vermiculita en las arcillas de llanura de inundación (Ai) concuerda con los valores en porcentaje obtenido. Por su parte, las arcillas de la formación Jolom Naj presentan características plásticas que representan un problema para la construcción. Por ello, se considera necesario realizar estudios adicionales de caracterización geotécnica y geofísica para orientar futuros proyectos constructivos tanto dentro del campus como en la ciudad de Cobán A.V.

Dada la importancia de los horizontes de suelo orgánico como medio de vida para organismos edáficos, es fundamental considerar su manejo, disposición y conservación. En los casos donde sea necesario removerlos, se recomienda evitar la contaminación o mezcla con otros niveles arcillosos y evitar su soterramiento.

5. Agradecimientos

Al Centro de Investigación y Desarrollo de Cementos Progreso –CID, por permitirnos el análisis por DRX de las muestras de suelo, basado en el convenio existente entre USAC-Cementos Progreso.

A Kevin Medina y a Karla Coy laboratoristas tanto de la Carrera de Geología y Zootecnia, por el acceso al equipo de laboratorio.

Al ingeniero Jorge Dubon por el préstamo de maquinaria para el desarrollo de una trinchera, para estudio de perfil de suelo.

6. Referencias

- Andrew Werth*. (s.f.). Obtenido de Virtual Munsell color Wheel:
<https://www.andrewwerth.com/color/indexD65.html>
- Barragan, R., Campos-Madrigal, E., Ferrusquía-Villafranca, I., López-Palomino, I., & Tolson, G. (2010). Código Estratigráfico Norteamericano. *Boletín del Instituto de Geología*, 117, 1-48.
- Brocard, G., Morán Ical, S. D., Duran, T., & Vasquez, O. (2015). La formación lacustre Plio-Pleistocena Jolom Naj en Cobán Alta Verapaz: Implicaciones para el crecimiento y deceso del río Cahabón. *Revista Guatemalteca de Ciencias de la Tierra*, 57-69.
- Cisneros de León, A. D.-B. (2025). Refining the eruption chronology of Atitlán Caldera through zircon double-dating. *Journal of Quaternary Science*, 36(02).
<https://doi.org/10.1029/2024gc011953>
- Cisneros de León, A., Schindlbeck-Belo, J. C., Kutterolf, S., Danišák, M., Freundt, A., Schmitt, A., . . . Lee, H.-Y. (2021). A history of violence: magma incubation, timing and tephra distribution of the Los Chocoyos supereruption (Atitlán Caldera, Guatemala). *Journal Quaternary of Science*, 36(2), 169-179.
<https://doi.org/10.1002/jqs.3265>
- Cohen, K. M., Finney, S. C., Gibbard, P. L., & Gutierrez-Marco, J. C. (2025). Tabla Cronoestratigráfica Internacional. (48), 105-115.
- Garrido Valero, M. (1994). Interpretación de análisis de suelos.
- Innes, H. M., Hutchinson, W., Sigl, M., Laura, C., Abbott, P., Bigler, M., . . . Burke. (2025). Ice core evidence for the Los Chocoyos supereruption disputes millennial-scale climate impact. *Communications earth & environment*, 1-11.
- Morán, S., Portillo, S., Quím, M., López, L., & Godoy, L. (2023). Análisis geomorfológico local y su relación con las formas del terreno en el campus del Centro Universitario del Norte - CUNOR- Cobán Alta Verapaz, Guatemala. *Revista Guatemalteca de Ciencias de la Tierra*, 10(01), 51-76.
- Olson, K. R. (2025). Factors of soil formation I parent material. En *Encyclopedia of Soils in the Environment* (págs. 532-535). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/b0-12-348530-4/00005-9>
- Ventura, C., Morán, S., & Milián, R. (2022). Caracterización físico-química del horizonte de suelo color rojo (hr) situado entre suelos de origen volcánico y de caliza, ubicados en Cobán, San Juan Chamelco y San Pedro Carchá, Alta Verapaz: un enfoque desde el punto de vista pedoestratigráfico. *Revista Guatemalteca de Ciencias de la Tierra*, 09(01), 33-47.
- Vepraskas, M. J., Lindbo, D. L., & Stolt, M. (2018). Redoximorphic Features. En *Interpretation of Micromorphological Features of Soil and Regoliths (second Edition)* (págs. 425-445). Elsevier.
- Virtual Munsell color wheel*. (n.d.). Andrewwerth.com. Retrieved October 7, 2025, from <https://www.andrewwerth.com/color/indexD65.html>

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Acceso Abierto

Este artículo está protegido por una licencia *Creative Commons* Atribución 4.0 Internacional, que permite su uso, intercambio, adaptación, distribución y reproducción en cualquier medio o formato, siempre y cuando se cite adecuadamente al autor o autores originales y la fuente, se proporcione un enlace a la licencia *Creative Commons* y se indique si se han realizado cambios. Las imágenes u otro material de terceros que aparece en este artículo están incluidos en la licencia *Creative Commons* del artículo, a menos que se indique lo contrario en la línea de

crédito del material. Si el material no está incluido en la licencia *Creative Commons* del artículo y el uso que se pretende darle no está permitido por la normativa legal o excede el uso permitido, será necesario obtener el permiso directamente del titular de los derechos de autor.

Para ver una copia de esta licencia, visite <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



