



UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM

Facultad de Ciencias de la Tierra y Agua

Carrera en Geociencias

***Análisis estratigráfico y sedimentológico de los depósitos
cuaternarios en la zona media del valle del río Tena***

Mishell Carolina Ortiz Cuenca

Tena, febrero 2022

Napo, Ecuador

**DECLARACIÓN DE DERECHO DE AUTOR,
AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD**

Tena, 12 de octubre de 2021

Yo, Mishell Carolina Ortiz Cuenca con documento de identidad N° 1718435157, declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento en este documento final, previo a la obtención del título de Ingeniería en Geociencias son absolutamente inéditos, originales, auténticos y personales.

En virtud de lo cual, el contenido, criterios, opiniones, resultados, análisis, interpretaciones, conclusiones, recomendaciones y todos los demás aspectos vertidos en la presente investigación son de mi autoría y de mi absoluta responsabilidad.

Por la favorable atención a la presente, suscribo de usted,

Atentamente,

Firma:



Mishell Carolina Ortiz Cuenca

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Certifico que el trabajo de integración curricular titulado: “Análisis estratigráfico y sedimentológico de los depósitos cuaternarios en la zona media del valle del río Tena”, en la modalidad de: proyecto de investigación en formato artículo original, fue realizado por: Mishell Carolina Ortiz Cuenca, bajo mi dirección.

El mismo ha sido revisado en su totalidad y analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad Regional Amazónica Ikiam, para su entrega y defensa.

Tena, 12 de octubre de 2021.

Firma:



firmado electrónicamente por:
**CORINA
CAMPOS**

Corina Campos Serrano
C.I.:1759458670



firmado electrónicamente por:
**OSWALDO JOSE
GUZMAN
GUTIERREZ**

Oswaldo José Guzmán Gutiérrez
C.I: 1759458613

AGRADECIMIENTOS

Ante todo, agradecer a mis papis Alonso e Isabel por su apoyo incondicional tanto económico como de soporte emocional durante toda mi carrera. Por su ejemplo de ética, trabajo, esfuerzo y amor que son la base de nuestra familia y mi ejemplo para la construcción de mi personalidad.

A mi hermano Cristhian por su visión a futuro que me inculca, a mi hermana Stefania por su ejemplo de perseverancia y consejos de vida. A mi hermanito Nicolas por alegrarme y contagiarme su curiosidad. Cada uno diferente que nos complementamos perfectamente. Sin duda son mis referentes por seguir.

Eterna gratitud a mi tutora, Corina y cotutor Oswaldo por su guía, ayuda y paciencia en compartir sus enseñanzas tanto en lo académico como de vida. Hacerme sentir más que su tesista su amiga.

A mis amigos y amigas que a lo largo de la carrera me apoyaron incondicionalmente y se convirtieron en mi segunda familia. Gracias por las risas, lágrimas, historias y anécdotas que atesorare en el futuro. ¡Juntos sacamos la carrera adelante!

A mis profes de la facultad de Ciencias de la Tierra y Agua.

A todo el personal que labora en la universidad por su arduo trabajo en pro de Ikiam.

Al Grupo de Investigación de Ciencias de la Tierra y Clima de la Universidad Regional Amazónica Ikiam, y específicamente al Proyecto de Investigación CTC-006-2020 : *"IGCP 669-Identification of seismogenic faults in populated areas of Latin America and its incorporation into seismic hazard assessment"* dentro del cual fue realizado este proyecto de titulación.

Al Proyecto de investigación POA-003-2018: "Pashimbi Milenario: Rescate y Monitoreo Arqueológico en las zonas de las nuevas instalaciones de Ikiam" y en especial a la Dra. María Soledad Solorzano, por permitir el acceso a las trincheras arqueológicas y su estudio geológico. Agradecer a Ikiam, mi alma máter.

Gracias a todos de corazón.

DEDICATORIA

A todos y todas que contribuyeron con sus conocimientos, consejos y ánimos para la culminación de mi carrera.

A las personas que con sus ideologías, charlas, acciones y enseñanzas me han hecho cuestionarme lo que tenía establecido y crecer en empatía.

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE DERECHO DE AUTOR, AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD	II
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	III
AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA	V
ÍNDICE GENERAL	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
Introducción	1
Marco Geológico	2
Metodología	2
Resultados	5
Caracterización morfológica y sedimentológica	6
Análisis de resultados	19
Génesis de los depósitos y geoformas	19
Conclusiones	23
Recomendaciones	24
Referencias	24

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Información geográfica utilizada	3
--	---

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Ubicación regional y local de la zona de estudio. A) Zona de estudio regional con respecto a Ecuador (tomado de Porto, 2020). B) Ubicación en la parte subandina. (adaptado de Chunga <i>et al.</i> , 2010) (Machette et al., 2003). C) Ubicación local de los sitios de estudio sobre la imagen satelital (Google Earth 7.3.4.8248, 2012).	5
Figura 2. - Mapa geomorfológico a escala 1:7000 de la zona de estudio. Los signos de interrogación representan incertidumbres de los límites entre las geoformas.....	6
Figura 3.- Esquema simplificado de la superficie del área de estudio. Se muestran los principales rasgos morfológicos y sus alturas relativas.	7
Figura 4. – Depósito presente en la Exc – 3. En la imagen se aprecian 6 facies sedimentarias. En la parte basal se identifican las facies Gr 2 y Gr 1. En la parte media y superior de la sección estratigráfica varían de depósitos de limo arcilloso arenoso (facies Lm 4) a arcilla limosa (facies Arc 1).....	8
Figura 5.- Columna estratigráfica del sitio de estudio Exc – 3. La secuencia tiene un espesor de 2.75 m apreciables.....	9
Figura 6.- Columna estratigráfica sitio de estudio Exc - 5. La secuencia tiene un espesor de 1.25 m apreciables.....	10
Figura 7.- Columna estratigráfica del sitio de estudio Exc – 4. La secuencia tiene un espesor de 1.50 m apreciables.....	12
Figura 8.- Columna estratigráfica del sitio de estudio Exc – 6. La secuencia tiene un espesor 0.9 m apreciable	13
Figura 9. - Depósito presente en la Exc – 2. En la imagen se aprecian 7 facies sedimentarias. Las líneas azules representan el sitio de la toma de muestra continua.....	15
Figura 10.- Columna estratigráfica del sitio de estudio Exc – 2. La secuencia tiene un espesor de 2.25 m apreciables.....	16
Figura 11.- Columna estratigráfica del sitio de estudio Exc – 1 sección 1. La secuencia tiene un espesor de 1.25 m apreciables.....	18

Figura 12.- Imagen del relleno sedimentario de la terraza T1. En esta se observa las facies de grano fino y facies de flujo de detritos. Los granos están englobados por la matriz y están dispuestos caóticamente.....20

RESUMEN

Un análisis de los sedimentos y formas cuaternarias fue llevado a cabo en la zona media del valle del río Tena. El objetivo del presente estudio fue identificar los ambientes sedimentarios y procesos depositacionales que dieron origen a las secuencias y geoformas cuaternarias en el área. Estos fueron estudiados usando métodos geomorfológicos y sedimentológicos. Se han identificado 5 diferentes geoformas (llanura de inundación, terrazas fluviales, cono terraza, canal abandonado y depósitos aborregados) y 13 facies sedimentarias. Las facies están compuestas por gravas hacia la base seguida de una sucesión de depósitos finos hacia el tope. Estas facies son el resultado de diversos procesos de transporte y depositación tales como: suspensión, tracción, decantación y flujo de detritos. Los procesos son interpretados como el producto de una interacción entre sistemas fluviales (ríos Tena y Pashimbi) y abanicos aluviales.

Palabras claves: Zona media del valle del río Tena, sedimentología, geomorfología, cuaternario.

ABSTRACT

Sediments and quaternaries forms analyze was carried out in the middle zone of Tena River valley. The objective of the present study was to identify the sedimentary environments and depositional process that cause sequence and quaternaries geoforms in the area. They were studied using geomorphology and sedimentological methods. Five different geoforms have been identified (floodplain, fluvial terraces, terraces cone, abandoned channel and bordered deposits) and 13 sedimentary facies. The base facies are composed of gravel and the composition of the top are fines deposits. The genesis of the facies is the result of different transport and deposition processes such as: suspension, traction, decantation, and debris flow. These processes are related to fluvial systems (Tena and Pashimbi Rivers) and alluvial fans.

Keywords: middle zone of the Tena River valley, sedimentology, geomorphology, quaternary.

Introducción

Las secuencias cuaternarias han sido objeto de estudio de diversos autores en varios enfoques significativos tales como: paleoclimatología, descifrar el comportamiento del clima antiguo (e.g. Ohkouchi, Kawamura and Taira, 1997; Peterson and Haug, 2006; Stansell, Polissar and Abbott, 2007; Kampolis, Skliros and Triantafyllidis, 2021; Spagnolo, Rea and Barr, 2021), marcadores tectónicos, estudiar la historia tectónica de una zona (e.g. Bès de Berc, 2003; Bès de Berc et al., 2005; Chunga et al., 2007; Baize et al., 2015; Rizza et al., 2019; Shu et al., 2020; Stahl et al., 2020), ordenamiento territorial, identificar zonas aledañas a canales fluviales susceptibles a inundaciones (e.g. GAD Parroquial “San Juan de Muyuna”, 2015; GAD Municipal Tena, 2019) e importancia de yacimientos arqueológicos, estimar la edad de los asentamientos humanos correlacionando la edad de los depósitos cuaternarios donde se asentaron (e.g. Pérez-González and Uribe Larrea del Val, 2002; Jordá et al., 2003; Solórzano, 2021).

En la amazonía ecuatoriana las secuencias cuaternarias se han descrito en mapas geológicos de autores como Baldock (1982) y el Instituto de Investigación Geológico y Energético (2017), pero la información geológica en algunos casos es antigua (Baldock, 1982) o se encuentra recolectada a gran escala (1:1000000), por lo cual la descripción de las geoformas o sedimentos cuaternarios presentes no están definidos con precisión. Lo anterior sucede en el piedemonte amazónico específicamente en la cuenca del río Tena, donde el mapa geológico (Instituto de Investigación Geológico y Energético, 2017) no indica la presencia de depósitos cuaternarios. Sin embargo, trabajos más recientes identifican secuencias de terrazas aluviales cuaternarias (Guzmán, Campos, Valencia, y Solórzano, 2019; Solórzano, 2021).

La zona media del valle del río Tena es susceptible a riesgos geológicos como: amenaza hidrológica, se han reportado desbordamientos del río Tena (e.g. Demoraes and D’Ercole, 2001; Medina, 2017; Secretaria de Gestión de Riesgos, 2017) y amenaza sísmica por su cercanía a la falla activa Tena (e.g. Machette et al., 2003). Además, Solórzano (2021), ha identificado sitios arqueológicos en los depósitos aluviales compuestos por sedimentos cuaternarios. Lo anteriormente mencionado sintetiza la importancia de comprender la génesis de los sedimentos cuaternarios en la zona media del valle del río Tena.

El presente trabajo se enfocará en entender la génesis de los sedimentos y formas cuaternarias

en el valle medio del río Tena (Figura 1), para ello se utilizará un enfoque sedimentológico - geomorfológico, que permita definir los procesos depositacionales y ambientes sedimentarios que dieron origen a las secuencias cuaternarias presentes en la zona de estudio.

Marco Geológico

La orogénesis de los Andes fue producto de la convergencia entre la placa continental Sudamericana y la placa oceánica de Nazca (e.g. Barragán, Baudino and Marocco, 1996; Jaillard et al., 2000; Moncayo, Monsalve and Zuluaga, 2019). El piedemonte oriental de los Andes: La zona subandina, corresponde estructuralmente a una zona de deformación de la Cuenca Antepaís. Esta zona es producto de la inversión tectónica de estructuras precretáceas relacionadas con el sistema Tetiano, y se bifurca en estructuras principalmente desarrolladas en el Plioceno y el Cuaternario (Barragán y Baby, 2004).

En la amazonia y en el subandino algunos trabajos han sido realizados de manera regional (e.g. Baldock, 1982; Iriondo, 1994; Instituto de Investigación Geológica y Energética, 2017). Otros han sido elaborados a mayor detalle, específicamente alrededor de la depresión Pastaza (Figura 1), donde se han identificado depósitos cuaternarios de tipo aluvial y volcánicos que varían en edades desde 32000 a 1800 años AP (Bès de Berc, 2003; Bès de Berc et al., 2004, 2005). Por otro lado, en el mapa del Instituto de Investigación Geológica y Energética (2017) la zona media del valle del río Tena está asociada a la Formación Tena de Edad Cretácico, compuesta principalmente por lutitas y capas rojas. Sin embargo, en trabajos a menor escala, se identificaron 2 niveles de terrazas para la zona de estudio y 6 niveles a lo largo de la cuenca del río Tena (Guzmán et al., 2019). En unos de los niveles de terraza identificado en la zona de estudio se han realizado dataciones con objetivos arqueológicos los cuales han aportado edades de ocupación humanas que van desde 4025 AP y 183 AP (Solórzano, 2021).

Metodología

En el estudio se utilizó un enfoque sedimentológico - geomorfológico realizado en diferentes etapas. Se aplicó un análisis morfométrico regional: perfiles topográficos y perfiles longitudinales de los ríos, usando el sistema de información geográfica QGIS 3.6 Nossa (QGIS Development Team, 2019). Donde se integró las observaciones de (ver Tabla 1):

Tabla 1.- Información geográfica utilizada

Información	Escala	Temporalidad	Fuentes
Imágenes satelitales de la zona media del valle del río Tena.	1: 10000	2012	(Google Earth 7.3.4.8248, 2012)
Modelo de elevación digital (DEM) de San Juan de Muyuna.	1:50000	2019	The Shuttle Radar Topographic Mission SRTM 30 M. (NASA Earth Data, 2019)
Mapas topográficos de la zona media del valle del río Tena.	1:10000	2020	Open Topo Map (QGIS Development Team, 2019)
Geopedología de San Juan de Muyuna	1:50000	2019	(Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica, 2020)

A partir del DEM se extrajo los datos topográficos y de relieve de la zona de estudio, en donde se observó los cambios de curvatura de las líneas de nivel y la variación de altura de las laderas para distinguir la discontinuidad morfológica de los terrenos. En base a la información geopedología se obtuvo las pendientes del área de estudio para determinar la forma e inclinación de las superficies, con estos datos se identificó las zonas planas aledañas a los ríos Tena y Pashimbi. Usando la herramienta de Google Earth, Elevation Profile, se calculó las incisiones verticales de las superficies con respecto a dichos cauces fluviales.

Toda la información obtenida junto con las imágenes satelitales se utilizó para identificar y caracterizar las principales geoformas del área de estudio (Figura 1).

Posteriormente se validó y/o redefinió lo interpretado previamente con un trabajo detallado en campo. Durante el campo se recolectaron datos geométricos de las geoformas identificadas utilizando: GPS GARMIN GPSMAP 64 S y el distanciómetro Leica DISTO D810 touch.

En función de la representatividad (se buscó caracterizar cada geoforma identificada a partir

de su morfología con exc- detalladas y sitios de control), la exposición (secuencia sedimentaria en primer plano) y la accesibilidad de los afloramientos se seleccionaron los sitios de estudio. En las exc-detalladas se realizaron análisis sedimentológicos minuciosos. En los sitios de detalle sin exposición natural de la secuencia sedimentaria se realizaron excavaciones con profundidades que varían entre 80 cm a 250 cm. En cada sitio analizado (exc- detalladas y sitios de control) se identificaron las facies sedimentarias y se tomaron muestras de aproximadamente 300 g en cada una, y en una localidad donde se observó la totalidad de las unidades sedimentarias se extrajo una muestra continua. Estas muestras fueron tomadas para su posterior análisis en laboratorio.

Los análisis sedimentológicos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Ciencias de la Tierra de la Universidad Regional Amazónica Ikiam. Se realizó el análisis textural de los sedimentos para cada unidad. Cada muestra fue tamizada mecánicamente con juegos de tamices (5 mm, 2 mm, 250 μm y 0.025 μm), descrita sus características texturales y composicionales utilizando un microscopio portátil. Dichas características fueron descritas utilizando como base las tablas de Udden (1914), Wentworth (1922) y el gráfico de Pettijohn, Potter and Siever (1987).

Posteriormente se integró la información del levantamiento sedimentológico en campo y los análisis de laboratorio para la construcción de columnas estratigráficas utilizando el software Inkscape 1.1 (Bah et al., 2004). La litología y color empleado en las columnas estratigráficas se basó en Shell International Exploration and Production B.V., The Hague (1995) en la sección 4.2.10 *Lithological Colour Symbols* y del U.S. Geological Survey (2006), en el capítulo 37—*LITHOLOGIC PATTERNS*.

Finalmente, la información geomorfológica y sedimentológica fue integrada en orden de analizar los procesos sedimentarios y la génesis de las formas.

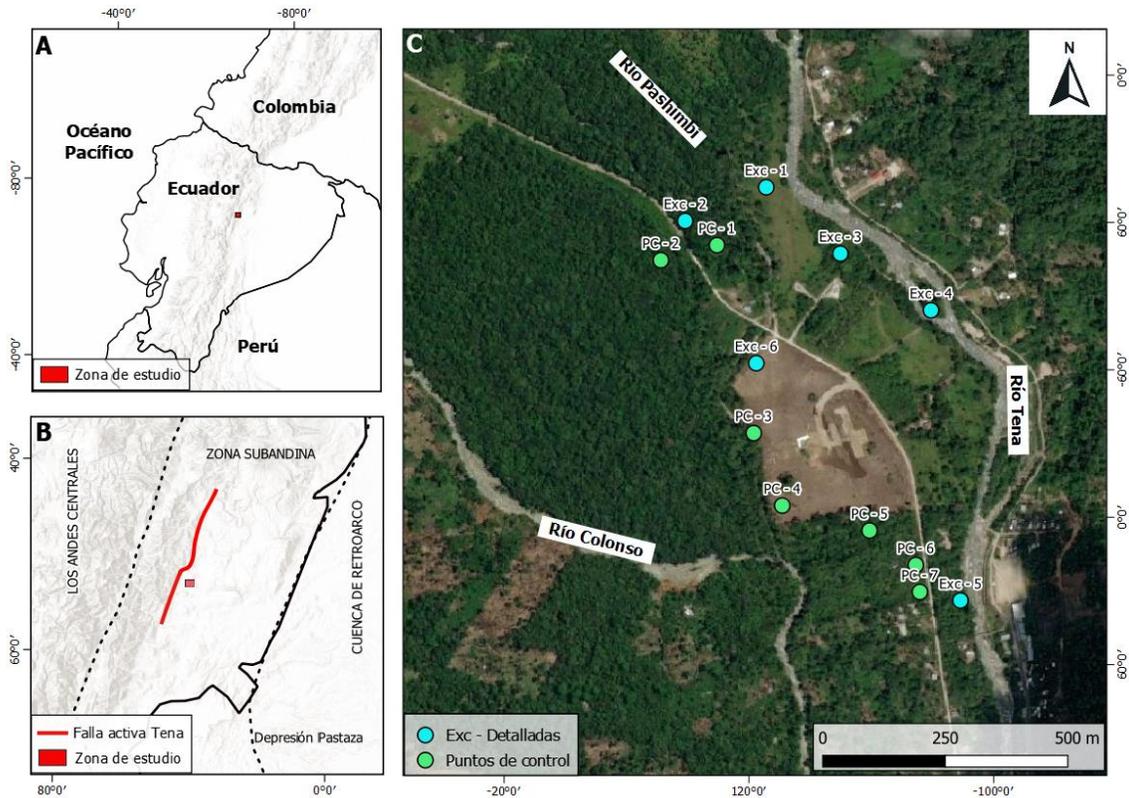


Figura 1.- Ubicación regional y local de la zona de estudio. A) Zona de estudio regional con respecto a Ecuador (tomado de Porto, 2020). B) Ubicación en la parte subandina. (adaptado de Chunga *et al.*, 2010) (Machette *et al.*, 2003). C) Ubicación local de los sitios de estudio sobre la imagen satelital (Google Earth 7.3.4.8248, 2012).

Resultados

A través del análisis de la expresión superficial, los datos sedimentológicos, geomorfológicos en campo y de la fotointerpretación se identificó diferentes geoformas. En cada geoforma principal se caracterizaron los depósitos y se definieron las facies. Las características morfológicas y sedimentológicas de cada se detallan a continuación:

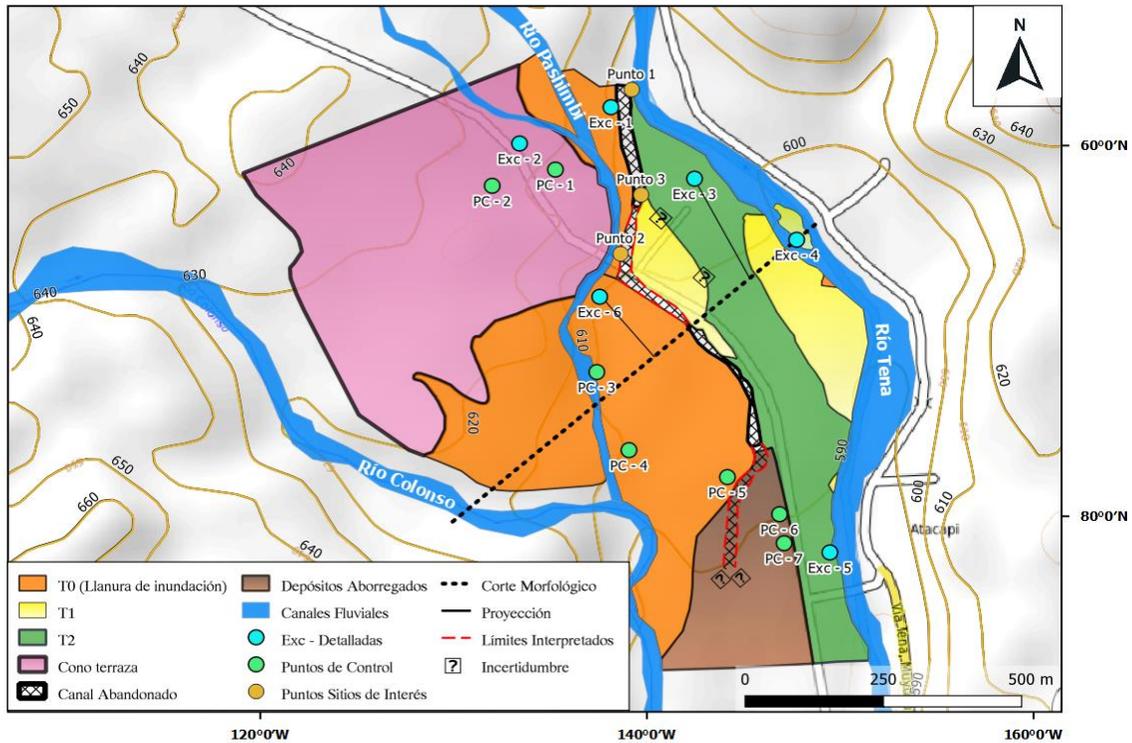


Figura 2. - Mapa geomorfológico a escala 1:7000 de la zona de estudio. Los signos de interrogación representan incertidumbres de los límites entre las geomorfos.

Caracterización morfológica y sedimentológica

Geomorfos planos

Tres superficies planas de diferentes elevaciones fueron identificadas en el área de estudio (Figura 2). Estas superficies presentan diversas incisiones (altura de la superficie con respecto al río). Las tres superficies poseen ejes longitudinales paralelos al canal fluvial del río Tena con una ligera inclinación entre 2° a 0.8° de norte a sur. Estas superficies fueron denominadas T2 a T0 desde la más alta a la más baja con respecto al río Tena (Figura 2). A continuación, se las describen:

T2

La super La superficie T2 se identifica en diferentes sectores, el más continuo se extiende hacia la zona este del área de estudio en dirección norte – sur (Figura 2). T2 limita al norte por el río Tena. Al oeste en: la parte superior por un sector con morfología en forma de “U” (descrito a posterior), la zona media con la superficie plana T1 y hacia el sur por depósitos aborregados (descrito a posterior). La geomorfo alcanza el límite sur de la zona de estudio (Figura 2). Esta

superficie presenta elevaciones entre 671 a 584 m.s.n.m con pendientes ligeramente inclinadas de 2° en promedio, de norte a sur. T2 presenta una incisión promedio con respecto al río Tena de 9 m (Figura 3). Escala horizontal: 1 cm representa 25 m de terreno. Escala vertical: 2 cm equivale a 5 m.s.n.m

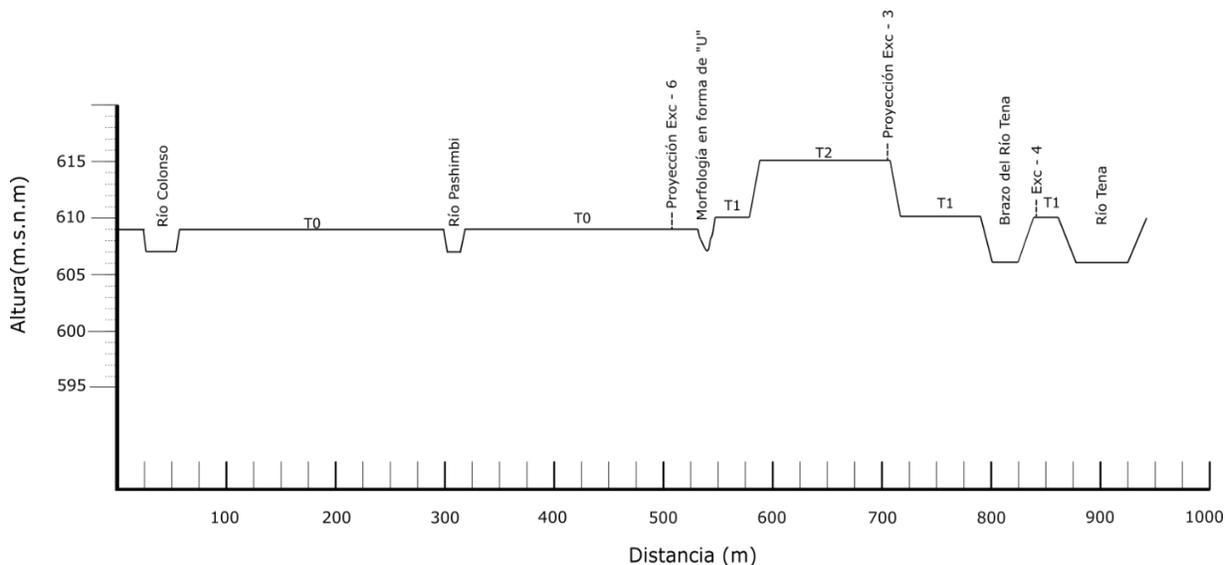


Figura 3.- Esquema simplificado de la superficie del área de estudio. Se muestran los principales rasgos morfológicos y sus alturas relativas.

La caracterización sedimentológica del depósito que subyace a la superficie T2 fue analizada en dos sitios denominados Exc - 3 y Exc - 5, ubicados al norte y sur respectivamente (Figura 1). A manera general en ambas localidades el depósito está constituido por gravas hacia la base seguida de una sucesión de depósitos finos hacia el tope.

Específicamente el depósito en la localidad Exc - 3 está constituido por 7 facies sedimentarias. De base a tope esta localidad se caracteriza por presentar gravas soportada por clastos con una matriz arenosa (facies Gr 2). Los clastos tienen un tamaño promedio de hasta 300 mm de diámetro, varían entre subredondeados a redondeados. En estos se observa una orientación incipiente. El contacto basal de esta facies no se observa y tiene un espesor de facies de 90 cm (figuras 4 y 5). Suprayacentemente se encuentran gravas soportadas por una matriz limosa arcillosa arenosa (facies Gr 1). Los clastos son de 100 mm de diámetro en promedio, varían entre angulares a subredondeados de baja esfericidad y están dispuestos de manera aleatoria dentro del depósito. Esta facies se caracteriza por mostrar una disminución del porcentaje de clastos hacia el tope de la secuencia. Se encuentra en contacto erosivo basal con

la facie Gr 2, y en contacto erosivo lateral con un depósito de limo arcilloso arenoso masivo (facies Lm 5) (figuras 4 y 5).

Suprayacentemente a la facies Gr 1, y en contacto transicional se presentan 5 facies sedimentarias (Figura 5). Las cuales son predominantemente de grano fino. Hacia la parte media y superior de la sección estratigráfica las unidades varían de depósitos de limo arcilloso arenoso (facies Lm 4) a arcilla limosa (facies Arc 2 a Arc 1) (Figura 5). Las cuales presentan: clastos aislados de diferente tamaño de hasta 50 mm de diámetro (entre gránulos y guijarros), restos de raíces, presencia de posibles cenizas volcánicas (facies Arc 2), fragmentos de vasija (facies Lm 1) y carbón (facies Arc 2 y Lm 1). El contacto entre las distintas unidades es de tipo transicional y muestran espesores de capas que varían de 9 a 40 cm (Figura 5).



Figura 4. – Depósito presente en la Exc – 3. En la imagen se aprecian 6 facies sedimentarias. En la parte basal se identifican las facies Gr 2 y Gr 1. En la parte media y superior de la sección estratigráfica varían de depósitos de limo arcilloso arenoso (facies Lm 4) a arcilla limosa (facies Arc 1).

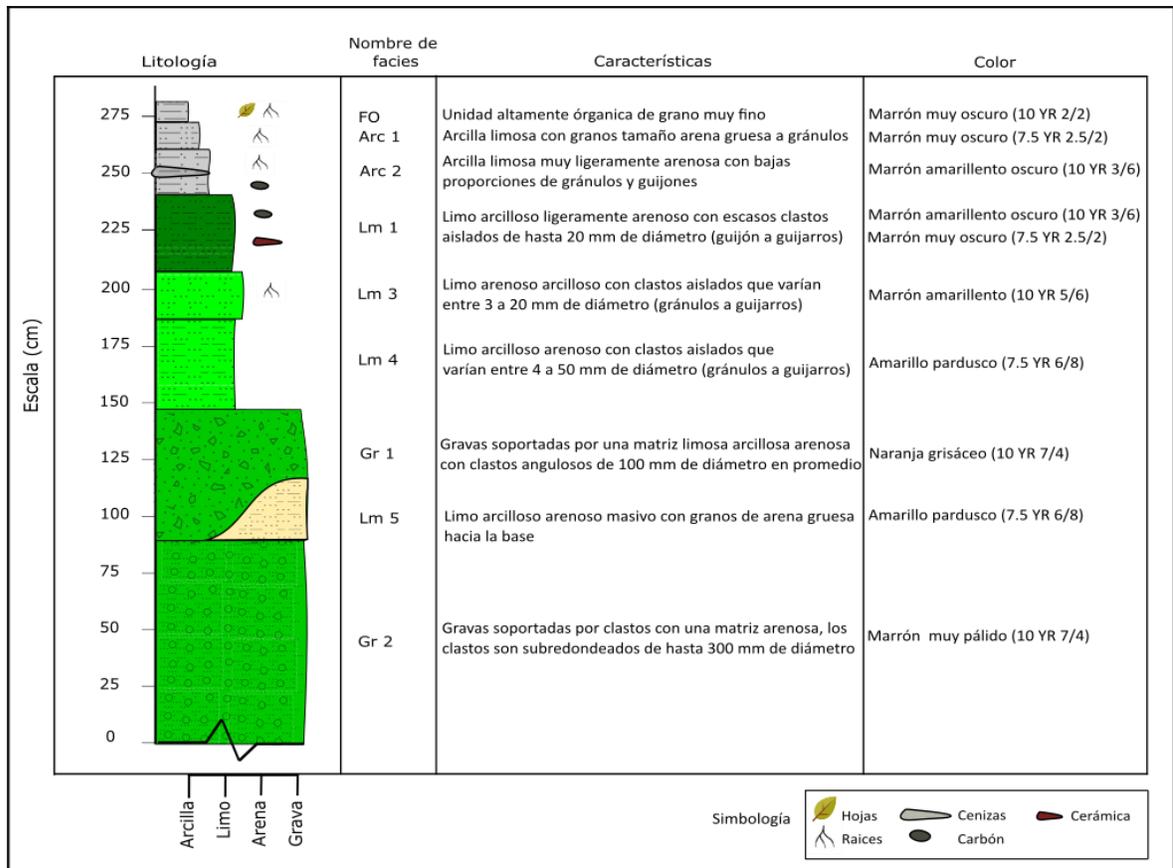


Figura 5.- Columna estratigráfica del sitio de estudio Exc – 3. La secuencia tiene un espesor de 2.75 m apreciables. En la localidad Exc - 5, se definieron 3 facies sedimentarias. De base a tope se presenta la facies Gr 3, constituida por gravas soportadas por una matriz de arena limosa (Figura 6). Los clastos tienen un tamaño de hasta 150 mm de diámetro (guijarros a bloques), y se caracterizan al ser predominantemente subredondeados, de baja esfericidad y no poseen una orientación definida. El contacto basal de esta facies no se aprecia (Figura 6). Suprayacentemente a la facies Gr 3 se presentan facies de grano medio a fino. Constituidas por la facies Are 1, compuesta por una arena limosa ligeramente arcillosa. Seguida hacia el tope por la facies Lm 2, constituida por limo arenoso con bajas proporciones de arcilla, que presenta escasos gránulos aislados de 4 mm de diámetro (Figura 6).

En general, el depósito presente en la Exc - 5 tiene espesores de facies que varían entre 20 a 45 cm, están en contacto transicional unas con otras y se diferencian por su variación en el tamaño de grano. Resalta la presencia de carbón en las facies Are 1 y Lm 2 (Figura 6)

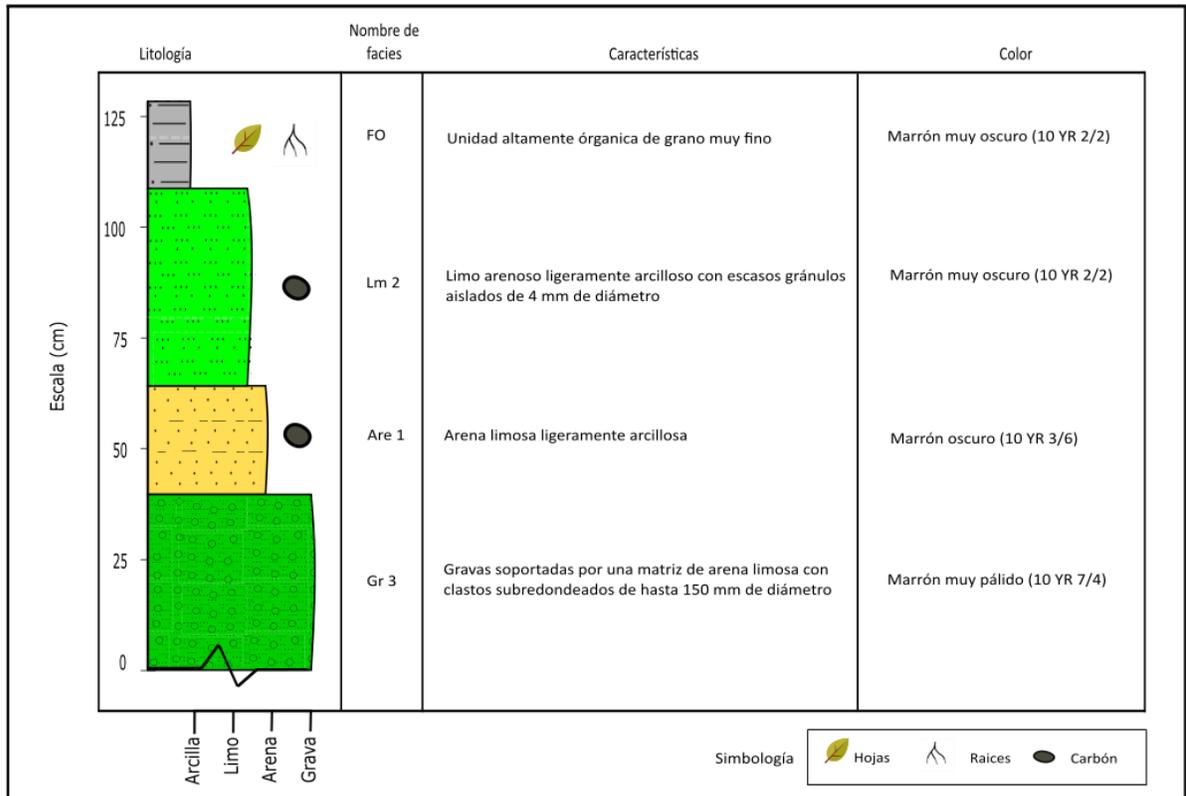


Figura 6.- Columna estratigráfica sitio de estudio Exc - 5. La secuencia tiene un espesor de 1.25 m apreciables.

T1

La superficie T1 se ubica en la zona central del área de estudio, de oeste a este se observan 3 remanentes, denominados secciones 1, 2 y 3 en el mismo orden. Estos remanentes están separados por la superficie T2 y un brazo del río Tena (Figura 2).

La sección 1, limita al norte y este con T2. Al oeste y sur por la morfología en forma de “U” (Figura 2). Esta superficie es plana con ligera inclinación de 1.4° en promedio de norte a sur. Presenta terrenos con elevaciones entre 607 a 595 m.s.n.m y una incisión de 4 m promedio con respecto al río Tena (Figura 3).

La sección 2, limita al este por el canal fluvial actual del río Tena. Al norte, oeste y sur por T2 (Figura 2). Esta geoforma presenta elevaciones entre 601 a 591 m.s.n.m. y su superficie es plana ligeramente inclinada de 1.5° en promedio de norte a sur. Presenta una incisión de 4 m con respecto al canal fluvial del río Tena (Figura 3).

Finalmente, la sección 3, rodeada por el río Tena con elevaciones entre 600 a 596 m.s.n.m. Presenta una superficie plana, ligeramente inclinada y una incisión de 2 m (Figura 3).

La caracterización sedimentológica del depósito que subyace a la superficie T1 fue analizada en la Exc - 4 (Sección 3, Figura 2). A manera general en esta localidad el depósito se caracteriza por presentar predominancia de arena y gravas en la base con una sucesión de unidades de grano más fino hacia el tope de arenas y limos (Figura 7).

Específicamente el depósito en la localidad Exc - 4 está constituido por 5 facies sedimentarias (Figura 7). De base a tope, se presenta una arena muy ligeramente limosa (facies Are 1) que puede presentar clastos de hasta 4 mm de diámetro subangulares a subredondeados. No se aprecia el contacto basal de esta facies y tiene 43 cm de espesor. Suprayacentemente presenta una unidad constituida por gravas soportadas en una matriz arenosa limosa, con clastos de hasta 100 mm de diámetro (facies Gr 3) predominantemente subredondeados, que presentan una orientación indefinida (Figura 7). Hacia la parte superior se presenta una facies de arena limosa de similar características a la facies Are 1 descrita anteriormente. Suprayacentemente está un depósito de limo arenoso ligeramente arcilloso (facies Lm 2), que tienen clastos aislados de hasta 4 mm de diámetro, subangulares a subredondeados y de baja esfericidad., seguido por una arena ligeramente arcillosa con características similares a las descritas anteriormente en la facies Are 1. Las facies descritas en la localidad Exc - 4 muestran contactos transicionales entre sí con espesores de capa que varían entre 10 a 46 cm, y presencia de cerámica en la facies Lm 2. (Figura 7).

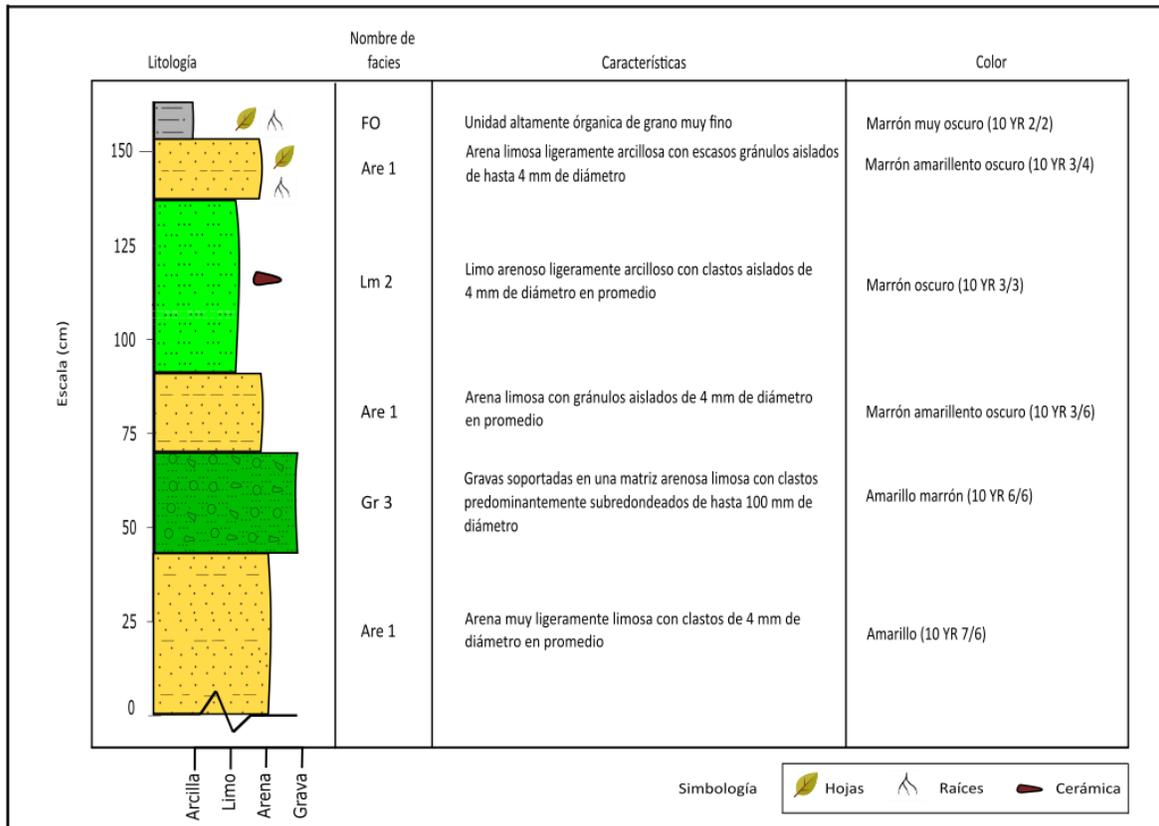


Figura 7.- Columna estratigráfica del sitio de estudio Exc – 4. La secuencia tiene un espesor de 1.50 m apreciables.

T0

La superficie T0 se ubica al sur de la zona de estudio. Se identifican dos remanentes. Los cuales son denominados sector 1 y sector 2 de oeste a este (Figura 2).

El sector 1, limita al norte y oeste por una zona ligeramente plana y medianamente inclinada (descrita posteriormente), al este por el río Pashimbi y llega hasta el sur del área de estudio (Figura 2). El terreno presenta elevaciones entre 608 a 599 m.s.n.m, una superficie plana moderadamente inclinada de 3.3 ° en promedio de norte a sur. Con una incisión de 2 m con respecto al río Pashimbi, por su cercanía. (Figura 3).

Es importante destacar que en la zona central y norte del sector se encuentra instalada la Universidad Regional Amazónica Ikiam. Específicamente hacia la zona norte se aprecia una pérdida de las características originales de la superficie por remoción de material (Figura 2). El sector 2, limita al norte y oeste por el río Pashimbi. Al este y sur por la morfología en forma de “U” (Figura 2). Presenta elevaciones entre 604 a 589 m.s.n.m y una superficie ligeramente inclinada de 0.8° en promedio de norte a sur. Con una incisión de 2 m en promedio con

respecto al río Pashimbi (Figura 3).

La caracterización sedimentológica del depósito que subyace a la superficie T0 fue analizado en la Exc - 6 (Figura 2). A manera general en la localidad el depósito está constituido por la predominancia de gravas en la base, seguida por una unidad de disminución progresiva del tamaño de grano, llegando a ser limos intercalados con arcilla hacia el tope (Figura 8). En este depósito no se observa la facies orgánica probablemente por la remoción de materiales litológicos causados por procesos antropogénicos.

Específicamente el depósito en la localidad Exc – 6, está constituido por 2 facies sedimentarias (Figura 8). En la base presenta gravas soportadas por clastos con una matriz de arena gruesa. Los clastos tienen un tamaño promedio de hasta 150 mm de diámetro y se caracterizan por ser predominantemente redondeados a subredondeados, de baja esfericidad con una orientación sin definir. El contacto basal de esta facies no se aprecia (Figura 8). Suprayacentemente a la facies Gr 2 se presenta un depósito sedimentario de gran fino (facies Lm 6), constituido por limos intercalados con arcilla que presenta escasos gránulos aislados de tamaño arena gruesa a conglomerática distribuidos a los largo de la unidad (Figura 8).

En general, el depósito Exc – 6 presenta espesores de facies que varían entre 30 a 60 cm, están en contacto transicional unas con otras y se diferencian por su variación en el tamaño de grano.

Resalta la presencia de carbón en las facies Lm 6 (Figura 8).

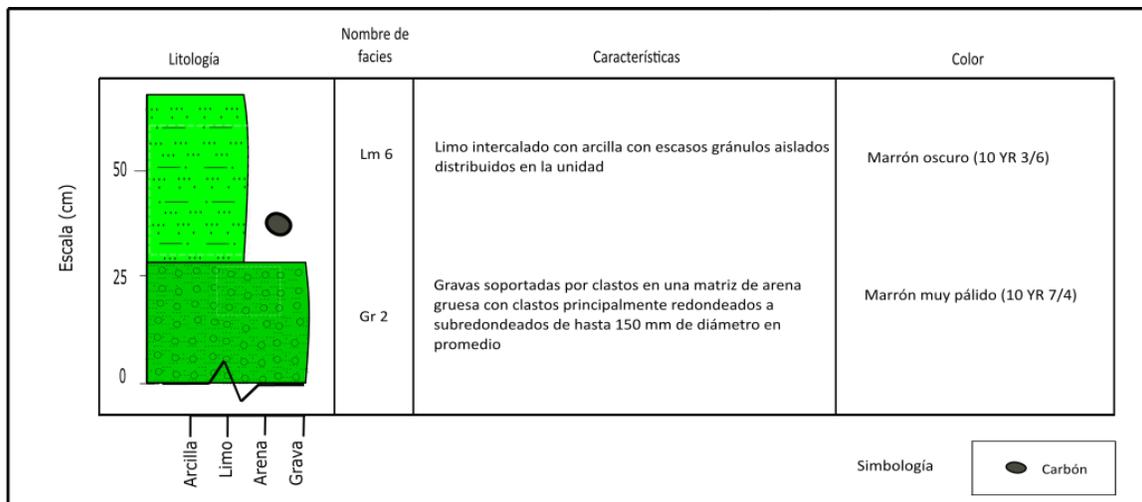


Figura 8.- Columna estratigráfica del sitio de estudio Exc – 6. La secuencia tiene un espesor 0.9 m apreciable.

Superficie ligeramente plana con pendiente moderada

Se ubica al noroeste de la zona de estudio (Figura 2). Limita al este principalmente con la superficie T2 y en menor proporción con el canal fluvial del río Pashimbi. Al sur delimita con la superficie T0, llegando hasta el sur y oeste de la zona de estudio (Figura 2).

Esta geoforma abarca elevaciones entre los 642 a 606 m.s.n.m, presenta superficies ligeramente irregulares con sectores aplanados e inclinación ligera de 2° de norte a sur. A nivel de superficie presentan bloques expuestos de variado tamaño entre 2 a 3 m de diámetro.

La caracterización sedimentológica del depósito que subyace a la superficie fue analizada en la Exc - 2, ubicada al sur (Figura 2). A manera general en la localidad el depósito está constituido por presentar predominancia de gravas en la base, seguida por unidades que muestran una disminución progresiva del tamaño de grano, pasando a arcillas limosas hacia el tope (figuras 9 y 10).

Específicamente el depósito en la localidad Exc – 2, está constituido por 7 facies sedimentarias (Figura 9). Hacia la base se presenta la facies Gr 1, compuesta por gravas soportadas por una matriz limosa arcillosa - arenosa con clastos principalmente angulosos. Los clastos están dispuestos de forma caótica, sin embargo, se puede diferenciar que los de mayor tamaño (300 mm en promedio), se ubican hacia la base y los de menor tamaño (70 mm en promedio), se localizan hacia el tope. La facies presenta un espesor de 103 cm y su contacto basal no se aprecia (figuras 9 y 10).

Hacia la zona media de la sección se presentan arenas limosas ligeramente arcillosas (facies Are 1) que puede presentar clastos aislados de gránulos a guijarros de hasta 15 mm, subredondeados de baja esfericidad (Figura 9). Suprayacentemente a la facies Are 1, y en contacto transicional se presentan 5 facies sedimentarias con predominancia de grano fino (facies Lm 3 a Arc 1), que varían entre limo arenoso a arcillas ligeramente limosas, pueden presentar arena gruesa y clastos aislados de gránulos a guijarros de hasta 40 mm (figuras 9 y 10). En general, estas unidades están en contacto transicional entre sí, presentan restos de carbón (facies Arc 2, Lm 1, Lm 2), fragmentos de cerámica (facies Lm 3) y posible ceniza volcánica (facies Arc 2). Los espesores de capa varían entre 9 a 40 cm (figuras 9 y 10).

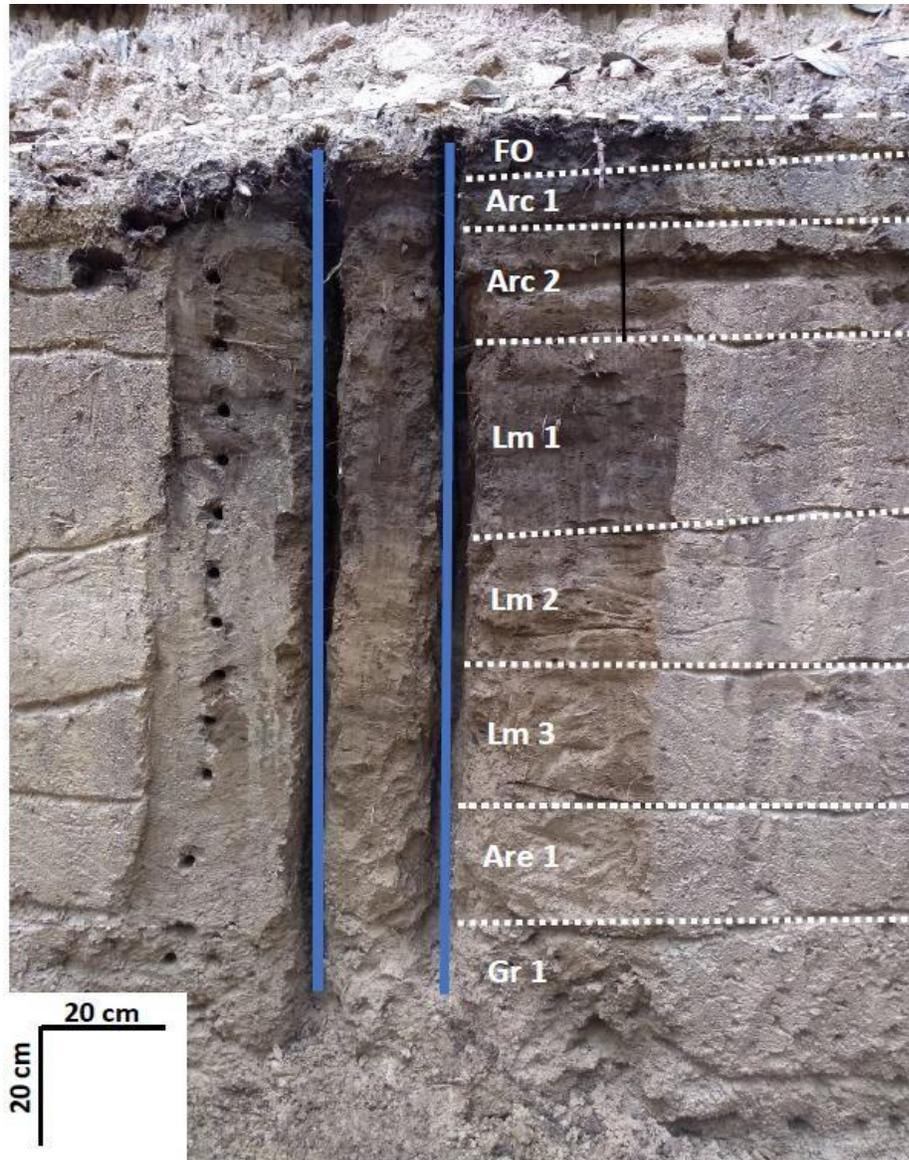


Figura 9. - Depósito presente en la Exc – 2. En la imagen se aprecian 7 facies sedimentarias. Las líneas azules representan el sitio de la toma de muestra continua.

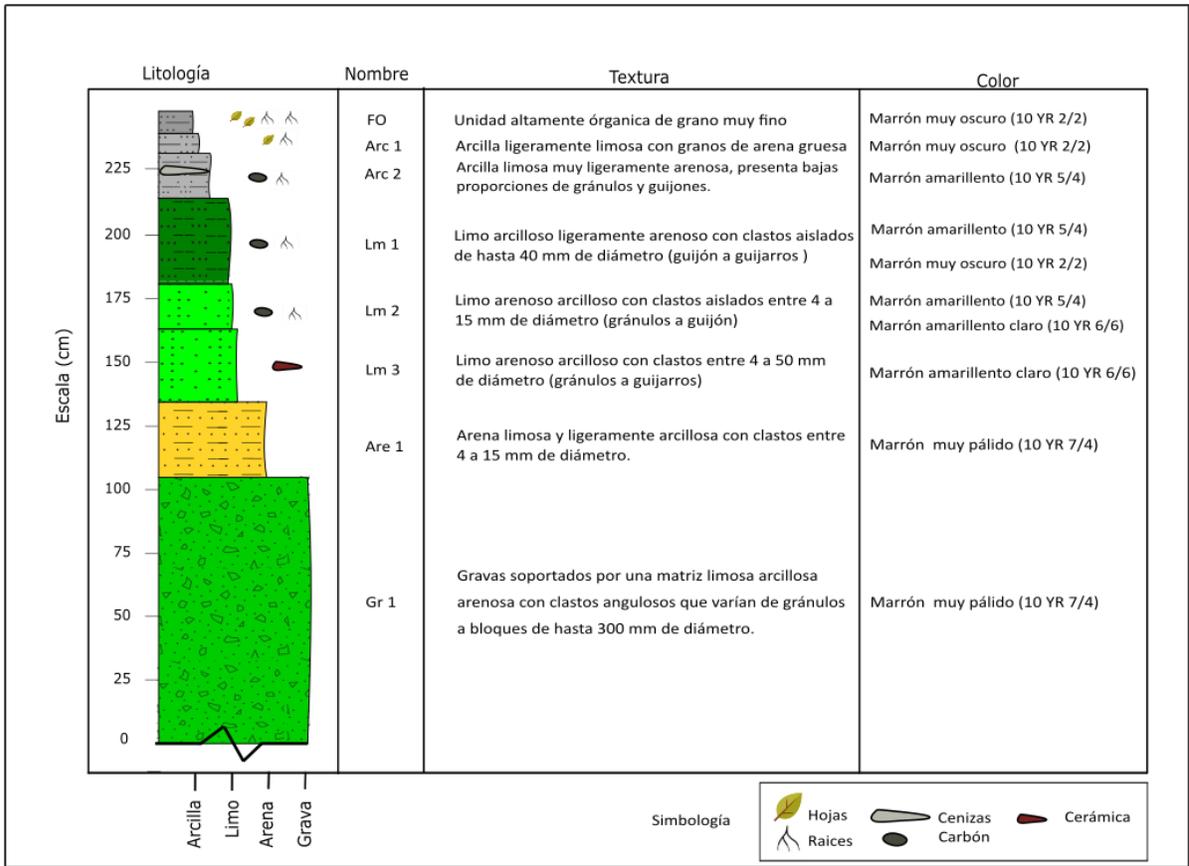


Figura 10.- Columna estratigráfica del sitio de estudio Exc – 2. La secuencia tiene un espesor de 2.25 m apreciables.

Morfología en forma de “U”

Se ubica en la zona central del área de estudio. Esta morfología se presenta en 2 sectores: La sección 1 en el norte y la sección 2 en el sur. (Figura 2).

La sección 1 se ubica al norte. Está limitado al este con el remanente más largo de la superficie T2, al oeste con la superficie T0. Alcanza el límite norte de la zona de estudio, al sur colinda con la zona de la superficie T0 modificada por remoción de material. (Figura 2)

La superficie de la sección 1 tiene elevaciones entre 611 a 585 m.s.n.m. Es una depresión en forma de “U” de 30 m de ancho con bordes y fondo ligeramente plano. Superficie ligeramente inclinada con 1 ° en promedio de norte a sur, y presenta circulación de agua constante muy baja. Esta morfología presenta una orientación similar a la del canal actual del río Tena y parece estar en continuidad hacia el sur con este.

La sección 2 se ubica al sur. Limita al este con los depósitos aborregados. Al oeste con la

superficie T0 en la parte superior y con los depósitos aborregados en la parte media e inferior. Alcanza el límite sur de la zona de estudio. Su continuidad hacia el norte no es apreciable. (Figura 2)

La superficie de la sección 2 tiene elevaciones entre 604 a 584 m.s.n.m. Se trata de una depresión en forma de “U” con circulación de agua, si bien en ciertos sectores esta morfología ha sido adaptada antropogénicamente, en imágenes satelitales previas a esta modificación ya se aprecia una circulación de agua en el sector. Las dimensiones del canal son de 5 m de ancho y promedio de 1.5 m de altura, con superficies ligeramente inclinadas con 1.14 ° en promedio de norte a sur.

La caracterización sedimentológica del depósito que subyace a la morfología en forma de “U” fue analizada en la Exc - 1 (sección 1), ubicada al norte de la geoforma (Figura 2). A manera general en la localidad el depósito está constituido por presentar gravas en la base de la sección, pasando a sedimentos de grano más fino hacia la parte media y superior, tal como arenas, limos y arcillas (Figura 11).

Específicamente el depósito en la localidad Exc – 1 (sección 1), está constituido por 4 facies sedimentarias. De base a tope presenta gravas soportadas por clastos (facies Gr 3). La matriz es de arena muy gruesa a microconglomerática, los clastos son de hasta 120 mm de diámetro. Generalmente varían entre subredondeados y redondeados y sin una orientación definida. El contacto basal no se aprecia. (Figura 11). Suprayacentemente se presenta la facies Arc 2, la cual está conformada por una arcilla limosa ligeramente arenosa, hacia el mediodo esta unidad se presenta un lente de arena conglomerática con características similares a la facies Are 2 (suprayacente) (Figura 11).

Hacia el tope y en contacto erosivo con la facies Acr 2, se presenta la facies Are 2. La cual está constituida por una matriz de arena con clastos de 25 mm de diámetro en promedio, los clastos varían entre subangulares a subredondeados con buen escogimiento. Suprayacentemente se presenta un depósito de grano más fino (facies Lm 1) compuesto por limo arcilloso con escasos clastos aislados de tamaño promedio de 10 mm de diámetro (guijón). En la parte media de esta facies se presenta un lente arena conglomerática ligeramente inclinado (similar a la facies Are 2) (Figura 11).

En general, en esta localidad las facies están en contacto transicional entre sí, a excepción de la facies Are 2, que presenta una base erosiva. Se identificaron fragmentos de carbón (facies Lm 1) y los espesores de la capa varían entre 15 a 45 cm. (Figura 11).

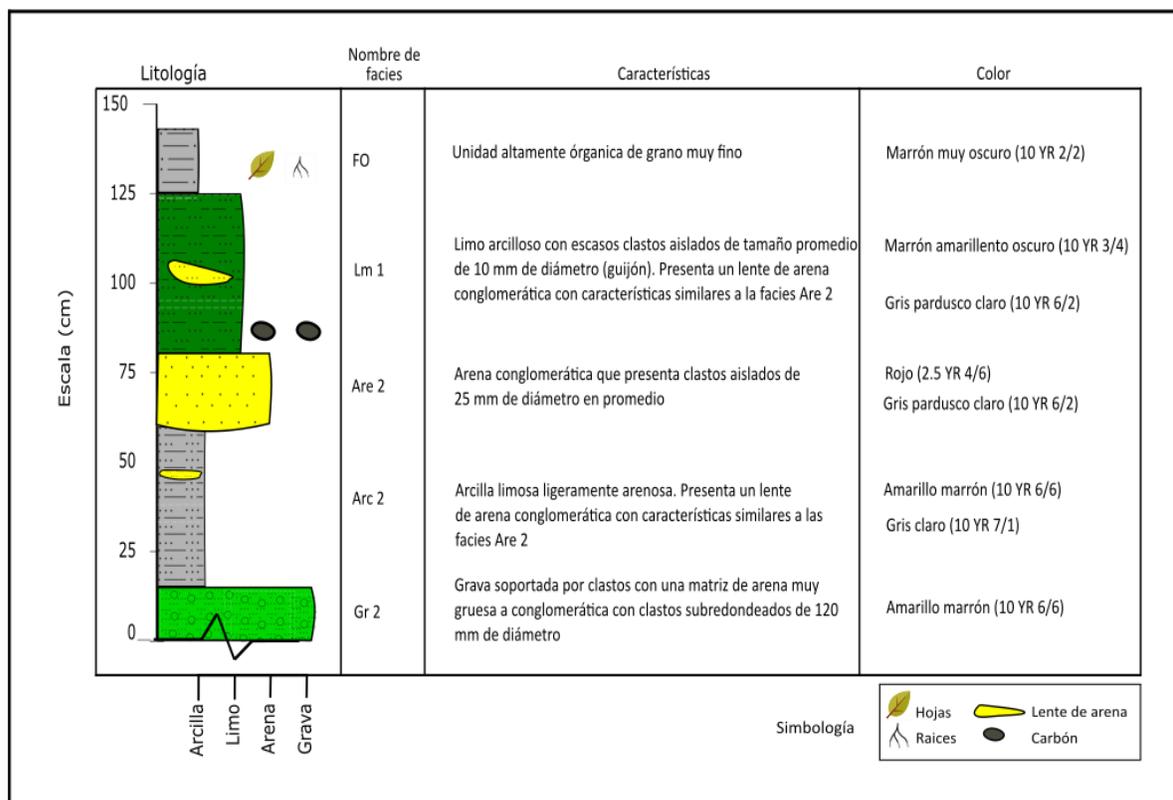


Figura 11.- Columna estratigráfica del sitio de estudio Exc – 1 sección 1. La secuencia tiene un espesor de 1.25 m apreciables.

Depósitos aborregados

Se ubica al sureste de la zona de estudio, limita al norte y oeste con la morfología en forma de “U”. Al este con la superficie T2 (Figura 2). Llega al límite sur del área de estudio. Esta geoforma presenta elevaciones entre 594 a 585 m.s.n.m. Presenta superficies irregulares moderadamente inclinadas con 2.9 ° en promedio de norte a sur. Y con bloques de grandes dimensiones expuestos en superficie de manera caótica. Los bloques presentan tamaños que varían entre 30 cm y 2 m, los cuales están distribuidos aleatoriamente en el terreno.

El análisis sedimentológico detallado del sitio no fue posible realizarlo debido a restricciones de acceso por parte del propietario del terreno.

Análisis de resultados

Génesis de los depósitos y geoformas

Los análisis sedimentológicos detallados realizados permiten la interpretación de los procesos de transporte y depositación. Estos procesos fueron integrados con las características morfológicas de las diferentes geoformas identificadas, permitiendo postular los procesos genéticos que dieron origen a las formas y depósitos cuaternarios estudiados.

A continuación, se analizan en detalle cada geoformas:

Génesis de las Geoformas planas T0, T1 y T2

Las geoformas planas están constituidas por depósitos predominantemente de granos gruesos hacia la base. Caracterizados por la presencia de gravas clasto - matriz soportadas con una matriz arenosa (facies Gr 3 y Gr 2). Los clastos son predominantemente subredondeados, de baja esfericidad y en ocasiones presentan una orientación incipiente. Mientras que, hacia la parte media y superior de las secuencias sedimentarias estudiadas en las superficies T2 sur, T1 y T0 predominan depósitos de grano medio a fino. Estos depósitos están constituidos por arenas limosas y limos arenosos que pueden presentar en ocasiones gránulos aislados (facies Are 1, Lm 2).

La orientación indefinida observada en los clastos se interpreta como un proceso de imbricación en el cual los clastos discoidales se apilan con una orientación preferencial, disponiéndose de forma tal que su posición ofrece la menor resistencia al flujo de agua. Típica de ambientes fluviales (Nichols, 2009). Las gravas clasto - matriz fueron transportadas como carga de fondo por procesos de tracción, y se interpretan como el resultado de un depósito de origen fluvial (Boggs, 2006; Nichols, 2009).

Este proceso en conjunto con las imbricaciones permite identificar que el ambiente depositacional es fluvial

Mientras que, los depósitos sedimentarios constituidos por arenas limosas y limos arenosos, que en ocasiones presentan restos de carbón, se interpretan como el resultado de un depósito de sedimentos que fueron transportados como carga de fondo y/o carga suspendida por procesos de tracción y decantación (Nichols, 2009), en un ambiente fluvial.

Por otra parte, en la secuencia estudiada en la superficie T2 norte, en la parte inferior - media

de la secuencia sedimentaria se presentan gravas soportada por una matriz limosa arcillosa, con clastos angulosos de tamaño variable dispuestos de manera caótica (facies Gr 1). El escaso escogimiento y la angularidad de los clastos permite interpretar que esta grava es el resultado de un depósito en masa a partir de un flujo de detritos cohesivo (Figura 12). Posiblemente asociado a un abanico aluvial o un deslizamiento local ocurrido en los márgenes del canal fluvial.

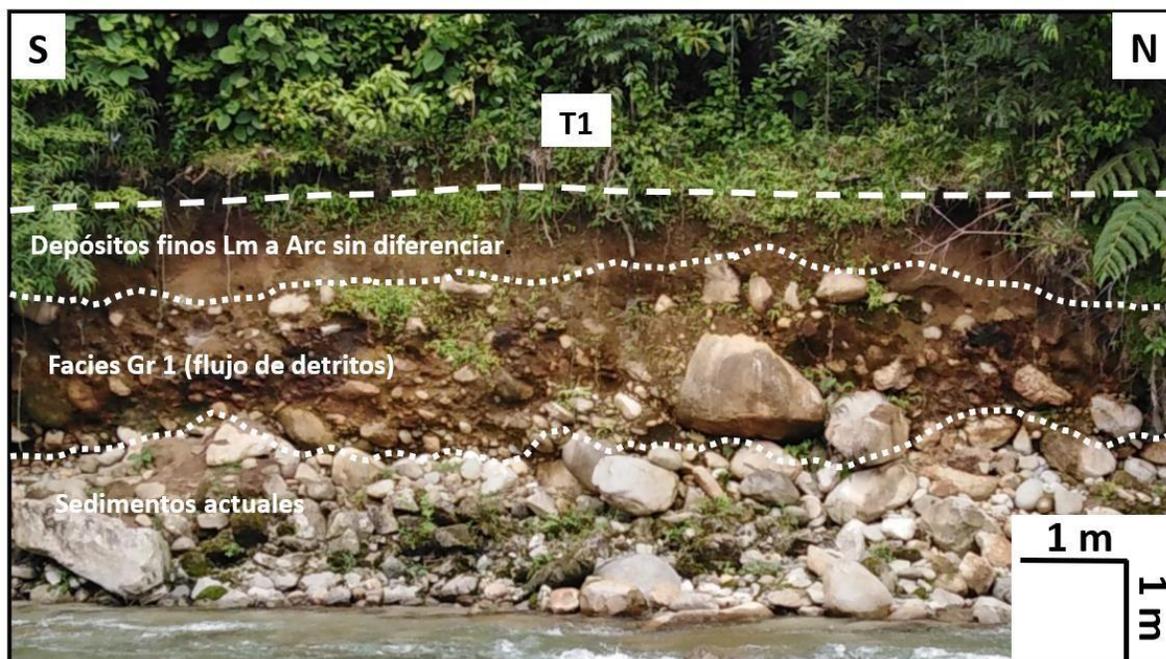


Figura 12.- Imagen del relleno sedimentario de la terraza T1. En esta se observa las facies de grano fino y facies de flujo de detritos. Los granos están englobados por la matriz y están dispuestos caóticamente.

Morfológicamente las geoformas T2, T1 y T0 se caracterizan por ser superficies planas con ligeras inclinaciones que varían entre 2 ° a 0.8 ° de norte a sur.

Por las características anteriormente mencionadas, se interpreta que antiguamente estas superficies eran el lecho donde circulaba el río Tena, transportando materiales de distintos tamaños de grano.

Los sedimentos de grano grueso fueron transportados y depositados en el fondo del río. Por el contrario, los sedimentos finos presentes hacia el tope de la secuencia fueron transportados en suspensión, durante eventos donde la carga fluvial excedía el canal del río. Lo que provocaba la depositación de los sedimentos en suspensión en las llanuras de inundación (Nichols, 2009).

Por lo tanto, se propone una génesis similar para las tres formas planas. Las cuales son interpretadas como terrazas fluviales (T2 y T1) y llanura de inundación activa (T0)

Génesis de la Superficie ligeramente plana con pendiente moderada

Sedimentológicamente, este sector se caracteriza por presentar hacia la base gravas soportados por una matriz limosa - arcillosa con clastos angulosos dispuestos caóticamente (facies Gr 1). La distribución aleatoria de los clastos, así como su angularidad permite interpretar que esta grava es el resultado de un depósito en masa a partir de un flujo de detritos cohesivo (Nichols, 2009).

Hacia la parte media y superior del depósito sedimentario se presentan facies de grano medio a fino. Estos depósitos están constituidos por arenas limosas y limos arenosos – arcillosos que pueden presentar en ocasiones gránulos aislados (facies Are 1, Lm 2, Lm 3). Se interpreta que estas facies son el resultado del depósito de sedimentos que fueron movilizados por procesos de tracción y suspensión, siendo transportados como carga de fondo y carga suspendida en un ambiente fluvial (Nichols, 2009).

Adicionalmente en la superficie de la geoforma se aprecian bloques de gran tamaño (~ 4 m de diámetro en promedio) dispuestos caóticamente. En un mapa topográfico se observa que al Oeste hay un relieve montañoso con pendientes fuertes inclinadas (> 15 °). Estas características pudieron haber favorecido a la formación de flujos de detritos (Nichols, 2009), y así ocasionar que los clastos de gran tamaño llegaran a esta superficie a través de un abanico aluvial.

Morfológicamente se caracteriza por ser una superficie ligeramente irregular con inclinaciones leves de pendiente de 2 ° en promedio de norte a sur.

Tomando en consideración las características morfológicas y sedimentológicas donde se aprecian que hay procesos fluviales, pero a la vez procesos de abanicos aluviales. Se propone que esta superficie es una combinación de una terraza fluvial con aportes de cono aluvial. Por lo que se interpreta la misma como una superficie de cono terraza.

Génesis de la Morfología en forma de “U”

Sedimentológicamente está constituida por gravas soportada por clastos subredondeados con una matriz arenosa hacia la base, y que hacia la parte media – superior de la sección muestra

depósitos de grano más fino. Al igual que en las localidades anteriormente descritas, las gravas basales de clastos subredondeados son interpretadas como el resultado de un depósito de origen fluvial, donde las gravas y las arenas fueron transportadas como carga de fondo por procesos de tracción (Boggs, 2006; Nichols, 2009). Mientras que, los depósitos de grano más fino se interpretan como el resultado de un depósito de sedimentos que fueron transportados como carga de fondo y/o carga suspendida por procesos de tracción y decantación (Nichols, 2009).

Los procesos sedimentarios interpretados en esta geoforma son similares a los que ocurren en la génesis de las terrazas fluviales, sin embargo, la morfología en forma de “u” y la continuidad de esta con el canal actual del río Tena hacia el norte, permite postular que esta forma es un antiguo canal del río Tena y que al dejar de existir el flujo continuo de agua se le denomina canal abandonado.

Es importante resaltar que en el inicio de la geoforma (Punto 1, figura 2) se encontraron bloques de gran tamaño (~ 3 m de diámetro en promedio) que pudieron provocar el represamiento del canal induciendo un cambio de dirección del río.

En cuanto a la continuidad del canal hacia el sur se proponen 2 hipótesis: (i) Unión al río Pashimbi (Punto 2, figura 2), (ii) Continuidad y bifurcación del flujo de agua, parte de él se unía al río Pashimbi y otra continuaba hacia el sur. La primera hipótesis sin duda es posible, sin embargo, el canal actual del río Pashimbi (15 m) es más angosto que el canal abandonado del río Tena (30 m) por lo que probablemente la segunda hipótesis sea la más viable. De hecho, la presencia de una morfología en forma “U” al sur similar a la del norte avala la continuidad del canal abandonado del río Tena. Sin embargo, la cartografía continua de este elemento morfológico no se puede realizar debido a las modificaciones del terreno que se presenta en el sector norte de la superficie T0.

Esta bifurcación del antiguo canal del río Tena, se produjo posiblemente por una avulsión. Este proceso puede ocurrir cuando el río migra lateralmente afectando el cauce principal, lo que produce como resultado un brazo que converge al flujo actual del Pashimbi y otro como la continuación del canal fluvial hacia al frente.

Génesis de los depósitos aborregados

Morfológicamente la superficie de los depósitos presenta pendientes ligeras que varían entre superficies irregulares moderadamente inclinadas con pendientes de 2.9 ° en promedio de norte a sur. Y bloques de grandes dimensiones expuestos en la superficie de manera caótica. Los depósitos aborregados se interpretan como originados a partir de un proceso de depositación caótico.

Hacia el oeste del sector se observa que en la parte alta de la cuenca sedimentaria las pendientes son fuertemente inclinadas (>15 °). Las cuales favorecen a la formación de flujos de detritos mientras que en la zona media del valle del río Tena las pendientes son ligeramente inclinadas y pueden ser clasificadas como zonas depositacionales, idóneas para la descarga de los sedimentos provenientes de áreas de las tierras altas (Nichols, 2009).

Esta topografía en conjunto con las observaciones de campo permite interpretar que corresponde a un área de abanicos aluviales, donde se deposita sedimentos producto de flujo de detritos provenientes de la cadena montañosa más cercana, el granito de Abitagua.

Conclusiones

La integración de los datos sedimentológicos y geomorfológicos de la zona media del valle del río Tena ha permitido identificar 5 diferentes geoformas en la zona de estudio: las geoformas planas etiquetadas como terrazas fluviales T2 - T1 y la llanura de inundación T0, la geoforma con superficie ligeramente plana y pendiente moderada denominada como terraza, la superficie con morfología en forma de "U" etiquetada como canal abandonado y la zona irregular con bloques de gran tamaño en la superficie nombrada como depósitos aborregados. Se identificaron 13 facies sedimentarias, en los depósitos predomina la presencia de gravas en la base, seguida por la disminución progresiva del tamaño de grano hacia el tope.

A partir de los depósitos encontrados se determina que los ambientes sedimentarios de formación de estas geoformas fueron una interacción entre: i) depósitos fluviales del río Tena, en los cuales los sedimentos se transportan como carga de fondo y/o carga suspendida por procesos de tracción y decantación, ii) flujo de masa derivado de deslizamientos locales en los márgenes del canal fluvial y iii) flujo de detritos asociados a abanicos aluviales posiblemente provenientes del cinturón de montaña más cercano.

Recomendaciones

- A fin de realizar la cartografía completa y confirmar la continuidad del canal abandonado ubicado en el sector norte de la superficie T0 (Punto 3, figura 2), se recomienda realizar análisis sísmicos de la zona.
- A partir de la información presentada en este estudio, se pueden realizar futuras investigaciones sobre si existió influencia geomorfológica en la movilidad de los asentamientos humanos encontrados en la amazonia alta.
- En posteriores estudios se recomienda ampliar la zona de análisis estratigráficos y sedimentológicos hacia el poblado de Atacapi, con el fin de entender los procesos de regresión en masa y depósitos asociados de ese sector.
- Proponer estudios de carbono-14 para determinar la edad de los depósitos sedimentarios y así vincular a procesos de levantamiento de la cordillera, influencia de las fallas cercanas y movilidad de los asentamientos humanos.

Referencias

- Bah, T., Engelen, J., Gould, T., Cruz, J., Harrington, B., y Andler, J. (2004). Inkscape Developer Team. Recuperado de: <https://inkscape.org/>
- Baize, S., Audin, L., Winter, T., Alvarado, A., Pilatasig, L., Taipe, M., y Yepes, H. (2015). Paleoseismology and tectonic geomorphology of the Pallatanga fault (Central Ecuador), a major structure of the South-American crust. *Geomorphology*, 237, 14-28. doi:10.1016/j.geomorph.2014.02.030
- Baldock, J. (1982). *Geology of Ecuador: explanatory bulletin of the national geological map of the Republic of Ecuador; 1: 1,000, 00 scale 1982*. Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, Dirección General de Geología y Minas.
- Barragán, R., y Baby, P. (2004). Evolución magmática actual de la zona subandina: volcanes el Reventador y Sumaco, modelos geodinámicos preliminares.
- Barragán, R., Baudino, R., y Marocco, R. (1996). Geodynamic evolution of the Neogene intermontane Chota basin, Northern Andes of Ecuador. *Journal of South American Earth Sciences*, 9(5-6), 309-319. doi:10.1016/S0895-9811(96)00016-8
- Bès de Berc, S. (2003). *Tectonique de chevauchement, surrection et incision fluviale (exemple*

- de la zone subandine equatorienne, haut bassin amazonien*). University of Toulouse.
- Bès de Berc, S., Baby, P., Soula, J., Rosero, J., Souris, M., Christophoul, F., y Vega, J. (2004). La superficie mera-upano: marcador geomorfológico de la incisión fluvial y del levantamiento tectónico de la zona subandina ecuatoriana. En *La Cuenca Oriente: Geología y petróleo* (pp. 153-167). Institut français d'études andines. doi:10.4000/books.ifea.3009
- Bès de Berc, S., Soula, J., Baby, P., Souris, M., Christophoul, F., y Rosero, J. (2005). Geomorphic evidence of active deformation and uplift in a modern continental wedge-top–foredeep transition: Example of the eastern Ecuadorian Andes. *Tectonophysics*, 399(1-4), 351-380. doi:10.1016/j.tecto.2004.12.030
- Boggs, S. (2006). *Principles of sedimentology and stratigraphy*. New Jersey: Pearson Education.
- Chunga, K., Livio, F., Michetti, A., y Serva, L. (2007). Synsedimentary deformation of Pleistocene glaciolacustrine deposits in the Albese con Cassano Area (Southern Alps, Northern Italy), and possible implications for paleoseismicity. *Sedimentary Geology*, 196(1-4), 59-80. doi:10.1016/j.sedgeo.2006.08.010
- Chunga, K., Michetti, A., Gorshkov, A., Panza, G., Soloviev, A., y Martillo, C. (2010). Aplicación del método de zonación morfo-estructural para identificar nudos sismogénicos en la región costera y cadenas montañosas de los Andes septentrionales del Ecuador. *Revista Acta Oceanográfica del Pacífico*, 16, 120-144. Recuperado de: <https://bit.ly/3iU6WOy>
- Demoraes, F., y D'Ercole, R. (2001). *Cartografía de las amenazas de origen natural por cantón en Ecuador*.
- GAD Municipal Tena. (2019). *PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL GADMT*. Recuperado de: <https://bit.ly/2X2JG9n>
- GAD Parroquial “San Juan de Muyuna”. (2015). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del Gad parroquial de Muyuna*. Recuperado de: <https://bit.ly/3v3PHiD>
- Google Earth 7.3.4.8248. (2012). Tena, 18 M 181355.01 m E 9894798.06 m S. Alt 1.20 Km.
- Guzmán, O., Campos, C., Valencia, B., y Solórzano, M. (2019). *Geomorphology of alluvial terraces along the Tena River in the Eastern Flank of the Andes of Ecuador*.
- Instituto de Investigación Geológica y Energético. (2017). Mapa Geológico de la Republica del

- Ecuador. Recuperado de: <https://bit.ly/3iR3K6h%3E>
- Iriondo, M. (1994). The Quaternary of Ecuador. *Quaternary International*, 21(C), 101-112. doi:10.1016/1040-6182(94)90024-8
- Jaillard, E., Hérail, G., Monfret, T., Díaz-Martínez, E., Baby, P., Lavenu, A., y Dumont, J. (2000). Tectonic evolution of the Andes of Ecuador, Peru, Bolivia and northernmost Chile. *Tectonic Evolution of South America*, 31, 481-559.
- Jordá, J., Aura, E., García, J., Pérez, M., y Badal, E. (2003). El registro paleobiológico cuaternario del yacimiento arqueológico de la Cueva de Nerja (Málaga, España). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Geología*, 98. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10550/27931>
- Kampolis, I., Skliros, V., y Triantafyllidis, S. (2021). Quaternary evolution and paleoclimatology of the coastal cave of Selinitza (SW Peloponnese, Greece) based on geomorphological and geochemical data. doi:<https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-6516>
- Machette, M., Eguez, A., Alvarado, A., Yepes, H., Costa, C., Dart, R., y Bradley, L. (2003). Database and map of Quaternary faults and folds of Ecuador and its offshore regions. *US Geological Survey Open-File Report*, 3, 289.
- Medina, A. (2017). Estado de emergencia y suspensión de clases en Tena tras inundación por lluvias. Recuperado de: <https://bit.ly/3lue1qL>
- Moncayo, G., Monsalve, G., y Zuluaga, J. (2019). Tidal Coulomb Failure Stresses in the northern Andean intermediate depth seismic clusters: Implications for a possible correlation between tides and seismicity. *Tectonophysics*, 762, 61-78. doi:10.1016/j.tecto.2019.04.015
- NASA Earth Data. (2019). The Shuttle Radar Topographic Mission SRTM 30 M.
- Nichols, G. (2009). *Sedimentology and Stratigraphy*. Chichester.: John Wiley & Sons.
- Ohkouchi, N., Kawamura, K., y Taira, A. (1997). Molecular paleoclimatology: reconstruction of climate variabilities in the late Quaternary. *Organic Geochemistry*, 27(3-4), 173-183. doi:10.1016/S0146-6380(97)00080-6
- Pérez-González, A., y Uribe Larrea del Val, D. (2002). Geología del Cuaternario de los valles fluviales del Jarama y Manzanares en las proximidades de Madrid. Bifaces y elefantes. La

- investigación del Paleolítico Inferior en Madrid. *Zona Arqueológica*, 1, 303-317.
- Peterson, L., y Haug, G. (2006). Variability in the mean latitude of the Atlantic Intertropical Convergence Zone as recorded by riverine input of sediments to the Cariaco Basin (Venezuela). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 234(1), 97-113. doi:10.1016/j.palaeo.2005.10.021
- Pettijohn, F., Potter, P., y Siever, R. (1987). Sand and Sandstone. En *Springer-Verlag* (Second.). New York.
- Porto, C. (2020). ESRI format Shapefiles (*.shp) from South America in WGS84 Datum. Geografía. *SIG y Cartografía Digital*. Recuperado de: <https://bit.ly/3FwB5wW>
- QGIS Development Team. (2019). QGIS Geographic Information System. Open-Source Geospatial Foundation Project. Recuperado de: <http://qgis.osgeo.org>
- Rizza, M., Abdrakhmatov, K., Walker, R., Braucher, R., Guillou, V., Carr, A., y Keddadouche, K. (2019). Rate of Slip From Multiple Quaternary Dating Methods and Paleoseismic Investigations Along the Talas-Fergana Fault: Tectonic Implications for the Tien Shan Range. *Tectonics*, 38(7), 2477-2505. doi:10.1029/2018TC005188
- Secretaría de Gestión de Riesgos. (2017). *Informe de situación – Época lluviosa en Ecuador*. Recuperado de: <https://bit.ly/3aupEru>
- Shell International Exploration and Production B.V., The Hague. (1995). *Standard legend the Hague*. Recuperado de: <https://bit.ly/2YDArOd>
- Shu, P., Min, W., Liu, Y., Xu, X., Li, K., Yu, Z., y Fang, L. (2020). Late Quaternary paleoseismology and faulting behavior of the Yilan-Yitong fault zone and implications for seismic hazards of the Tanlu fault zone, eastern China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 201, 104509. doi:10.1016/j.jseaes.2020.104509
- Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica. (2020). Geoportal. Recuperado de: <http://geoportal.agricultura.gob.ec/index.php/visor-geo>
- Solórzano, M. (2021). Cronología absoluta para el análisis diacrónico de la secuencia de ocupación del sitio arqueológico Pashimbi, Alta Amazonía ecuatoriana. *ARQUEOLOGÍA IBEROAMERICANA*, 47, 3-17. doi:10.5281/zenodo.4411941
- Spagnolo, M., Rea, B., y Barr, I. (2021). The (mis)conception of average Quaternary conditions.

Quaternary Research, 1-6. doi:10.1017/qua.2021.48

Stahl, T., Niemi, N., Bunds, M., Andreini, J., y Wells, J. (2020). Paleoseismic patterns of Quaternary tectonic and magmatic surface deformation in the eastern Basin and Range, USA. *Geosphere*, 16(1), 435-455. doi:10.1130/GES02156.1

Stansell, N., Polissar, P., y Abbott, M. (2007). Last glacial maximum equilibrium-line altitude and paleo-temperature reconstructions for the Cordillera de Mérida, Venezuelan Andes. *Quaternary Research*, 67(1), 115-127. doi:10.1016/j.yqres.2006.07.005

U.S. Geological Survey. (2006). *Section 37 -- Lithologic Patterns FGDC (Federal Geographic Data Committee) Digital Cartographic Standard for Geologic Map Symbolization*.

Udden, J. (1914). Mechanical composition of clastic sediments. *Geological Society of America Bulletin*, 25, 655-744.

Wentworth, C. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30, 377-394.