

# Caracterización de la dinámica geomorfológica y sedimentológica de la laguna de Culebrillas y su relación con los patrones de asentamientos prehispánicos locales

José Luis Sánchez-Cortez 

Universidad Nacional Autónoma de México, México D. F.

[jsanchez@geografia.unam.mx](mailto:jsanchez@geografia.unam.mx)

Vinicio Macas-Espinosa 

Universidad de Guayaquil, Ecuador,

[vinicio.macase@ug.edu.ec](mailto:vinicio.macase@ug.edu.ec)

Kathleen Vélez-Macías 

Universidad de Guayaquil, Ecuador,

[kathleen.velezm@ug.edu.ec](mailto:kathleen.velezm@ug.edu.ec)

Clelia Naranjo-Freire 

Universidad de Guayaquil, Ecuador,

[clelia.naranjof@ug.edu.ec](mailto:clelia.naranjof@ug.edu.ec)

STRATA, 01-06/ 2024, vol. 2, nro.1, e13

<https://doi.org/10.5281/zenodo.10723613>

Periodicidad: semestral - continua



## Resumen

La laguna de Culebrillas, ubicada en el centro sur del Ecuador, representa una unidad hidrográfica de origen glacio-lacustre, con un importante acervo cultural evidente en sus mitos, tradiciones y leyendas, además de remanentes conservados del Qhapaq Ñan, el tambo Paredones y demás hallazgos arqueológicos. El misticismo y la oralidad han generado algunas nociones inexactas sobre la génesis de algunos elementos morfológicos presentes en la laguna, que se han transmitido por generaciones. El presente trabajo definió, desde una aproximación de las ciencias de la Tierra, la génesis del relieve actual, aplicando herramientas telemáticas, de teledetección y sedimentológicas, creando modelos teóricos de los episodios históricos o etapas evolutivas del paisaje, para así establecer una relación con los patrones de asentamiento utilizados por los grupos prehispánicos que circundaron el área de estudio. Se establece que las estructuras desarrolladas en el sector fueron realizadas siguiendo un patrón adaptativo de su entorno, sin que las mismas hayan ocasionado disturbios importantes en el ambiente próximo.

**Palabras clave:** laguna de Culebrillas, asentamientos prehispánicos, geomorfología glaciaria, geomorfodinámica, *Qhapaq Ñan*

## Abstract

### **Characterization of the Geomorphological and Sedimentological Dynamics of the Culebrillas Lagoon and Its Relationship with Local Pre-Hispanic Settlement Patterns**

*Culebrillas Lagoon locates in the south-central area of Ecuador, represents a hydrographic unit of glacio-lacustrine origin, with an important cultural heritage evident in its myths, traditions and legends, as well as preserved remnants of the Qhapaq Ñan, the Paredones tambo and other archaeological findings. Mysticism and orality have generated some inaccurate notions about the genesis of some morphological elements present in the lagoon, which have been transmitted for generations. The present work defined an approximation from the Earth sciences, about the genesis of the current relief, applying telematic, remote sensing and sedimentological tools, creating theoretical models of the historical episodes or evolutionary stages of the landscape, in order to establish a relationship with the patterns of settlement used by the pre-Hispanic groups that surrounded the study area. It is established that the structures developed in the sector were made following an adaptive pattern of their environment, without causing significant disturbances in the immediate environment.*

**Keywords:** *Culebrillas Lagoon, pre-Hispanic settlement, glacier geomorphology, geomorphodynamics, Qhapaq Ñan*

## Introducción

Históricamente la región geográfica andina se ha caracterizado por ser la cuna de diversas civilizaciones y organizaciones sociales económicas y políticas de América precolombina (Ramos, 2018). Los habitantes andinos prehispánicos sufrieron condiciones ecológicas y ambientales muy agrestes a lo largo de la historia, por ejemplo los Andes centrales han sido fuertemente afectados por efectos climáticos, tales como fenómenos de El Niño, sequías y heladas (Vivanco Pomacanchari, 2015), que han sido sobrellevados de manera prolija con procesos adaptativos inmediatos, para así desarrollar actividades productivas y sistemas económicos tradicionales (Reidel e Isla, 2013).

Tradicionalmente se identifica a los incas como el grupo más representativo de este espacio geográfico (Levillier, 1956), mas no como el único colectivo. Los incas son reconocidos como ávidos constructores e ingenieros, atribuyendo a esta civilización la construcción del sistema de caminos andinos conocido como *Qhapaq Ñan*. Sin embargo, es plausible señalar que el Camino del Inca es un sistema con diversas redes de senderos y vías ya empleados por grupos locales antecesores (Bar Esquivel, 2013).

El *Qhapaq Ñan* es un sistema vial que cubre alrededor de 30 000 km de longitud, consolidado a lo largo y ancho de la cordillera andina durante la época de ocupación del Imperio incaico (Díaz Valdés, 2013), atravesando Sudamérica de sur a norte. A lo largo de este transecto existen diversas manifestaciones históricas, culturales y etnográficas, testigos de la diversidad social experimentada en la época prehispánica. Su principal uso estaba relacionado con la comunicación, aunque después con la llegada de los españoles fue empleado como acceso para traslado de tropas y ejércitos (Hyslop, 1992). Su valor estratégico y político fue fundamental para la expansión del Imperio inca entre el siglo X y XI d. C. (Lastres y Cabieses, 1959).

En el Ecuador, la laguna de Culebrillas es uno de los sitios por el cual atraviesa este importante eje vial histórico, donde aflora uno de los tramos en mejor estado de conservación (Unesco, 2021) y aún mantiene calzadas, puentes y tambos. Culebrillas es un cuerpo de agua de origen glacio-lacustre ubicado en la provincia de Cañar, en el centro sur del Ecuador (fig. 1). Sus paisajes poseen un alto grado de conservación, relacionado con el estatus de área protegida, perteneciente al Parque

Nacional Sangay. Además, las comunidades locales otorgan significados místicos y sagrados a la laguna, lo cual es un aporte para que el entorno se mantenga prístino.

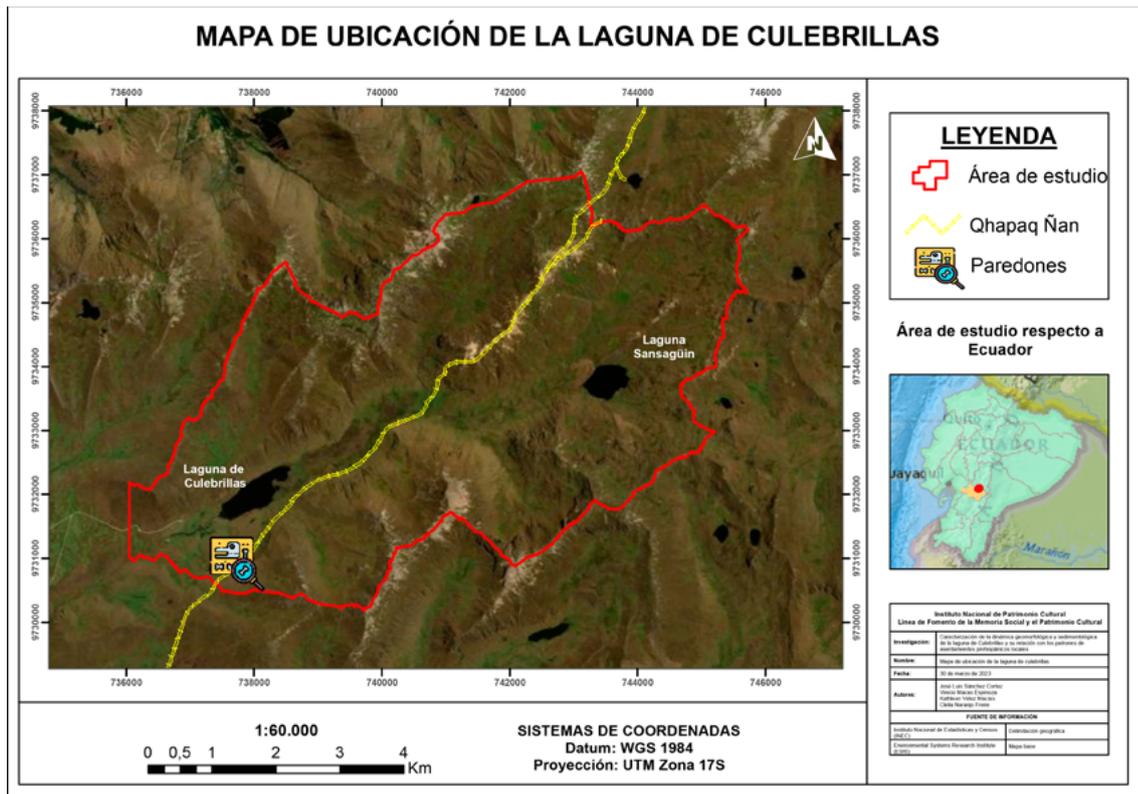
No obstante, la oralidad, cosmovisión y tradiciones han dado paso a la transmisión generacional de información inexacta, relativa al origen y génesis de las diversas morfologías presentes en dicha área. Esto ha desencadenado que el saber local, basado en supersticiones, produzca explicaciones fantásticas de los fenómenos naturales y provoque la desviación histórica de información veraz que pueda dar fe de los procesos evolutivos y naturales que son parte de la configuración de este elemento del relieve. Estas interacciones de conocimientos requieren una asociación y complementación más profunda.

En este sentido, la presente investigación planteó un abordaje en el área de estudio desde la visión de las ciencias de la Tierra, vinculando las principales condiciones y características geomorfológicas y sedimentológicas, con el fin de establecer criterios históricos de los procesos de génesis y evolución del sistema lagu-

nar de Culebrillas y su unidad hidrográfica. Mediante el uso de técnicas telemáticas, teledetección, imágenes satelitales, sedimentología, visitas al campo y revisión de bibliografía temática, se exploraron variaciones paisajísticas acontecidas en la laguna para determinar las relaciones geomorfológicas y los patrones de asentamiento empleados por grupos locales prehispánicos, principalmente en lo que respecta a construcciones, comunicación y posibles estructuras colapsadas.

El contraste de la información ha permitido aproximarse a los orígenes del relieve actual, así como las posibles etapas o episodios experimentados hasta la configuración del paisaje contemporáneo. De igual manera se sugiere una estimación temporal de las primeras estructuras antrópicas presentes en el sector, considerando que los patrones de asentamiento han sido cuidadosos, adaptativos y en sintonía con el relieve y sus cambios históricos, sin grandes perturbaciones o daños ambientales, lo cual se pudo corroborar con los registros sedimentológicos de la laguna.

**Figura 1**  
Mapa de ubicación de la laguna de Culebrillas



Nota. Observar la ubicación del Qhapaq Ñan en la parte central de área de estudio.

## Metodología

Dada la complejidad de los componentes de la unidad hidrográfica del sistema lacustre Culebrillas, se hizo una aproximación desde diferentes ámbitos metodológicos, los cuales generaron resultados que complementan la información levantada de manera secuencial.

### Caracterización de elementos geomorfológicos asociados a la génesis y evolución de los relieves actuales

Para determinar los diversos patrones observables en el terreno, se adoptaron técnicas de análisis morfogenético a partir de los rasgos observados en el área de estudio (Lugo Hubp, 1988), información que corresponde al estudio base preliminar de la génesis de los elementos geológicos expuestos en el paisaje. El estudio morfogenético se centró en la interpretación de los agentes ambientales involucrados, los procesos que intervienen y las formas que se observan, además de los rasgos que denotaron intemperismo, erosión y acumulación.

El levantamiento de la información se efectuó mediante observación *in situ* de las morfoestructuras a diferente escala de trabajo, aplicando mapeo geológico transversal o por secciones (Coe et al., 2010). Los elementos analizados durante este proceso permitieron establecer la génesis del paisaje actual, con una mezcla de variables morfogenéticas y morfodinámicas asociadas entre sí.

### Aplicación de modelos digitales y teledetección para determinar variables y cambios físico-ambientales en el área de estudio

Para complementar los análisis morfogenéticos y morfodinámicos, se desarrolló información telemática mediante la aplicación de modelos digitales de elevación (MDE) y teledetección. Para el MDE se empleó como recurso el ALOS Palsar L1.5 de 12,5 m de resolución espacial (JAXA/METI, 2010) y una imagen de

satélite Sentinel 2A, del 5 de julio de 2021. El MDE se usó para delimitar la unidad hidrográfica del sistema lacustre Culebrillas, así como sus afluentes, los cuales fueron denominados a partir de información recopilada mediante entrevistas a funcionarios del Parque Nacional Sangay. El MDE además se empleó para obtener el índice topográfico de humedad (TWI, en adelante por sus siglas en inglés), el cual se usa para caracterizar la distribución espacial de las zonas de saturación superficial y el contenido de humedad del suelo (Moore et al., 1988), entre otras diversas aplicaciones. El cálculo del TWI se realizó utilizando el *software* SAGA GIS versión 7.8.2 (Conrad et al., 2015), mediante la metodología empleada por Mattivi et al. (2019), a partir de la pendiente del terreno en radianes y el área de captación específica (SCA, por sus siglas en inglés), aplicando la fórmula  $TWI = \ln(SCA/\tan \beta)$  (Moore et al., 1991), donde  $\beta$  es la pendiente del terreno.

En paralelo, mediante el uso de imágenes de satélite, se adoptó el índice de agua de diferencia normalizado (NDWI, por sus siglas en inglés), el cual es un índice espectral que discrimina la humedad en la vegetación y es versátil para múltiples aplicaciones, principalmente para el mapeo de la humedad del suelo (Acharya et al., 2022). Para calcular el NDWI se empleó el espectro electromagnético del infrarrojo cercano y el espectro electromagnético de onda corta (NIR y SWIR respectivamente, por sus siglas en inglés), aplicando la fórmula:  $NDWI = (NIR - SWIR)/(NIR + SWIR)$  (Amalo et al., 2018). Al utilizar una imagen de satélite Sentinel 2A, corresponde a  $NDWI = (B8 - B11)/(B8 + B11)$ , donde la banda SWIR1 (banda 11) fue remuestreada a una resolución espacial de 10 m, que corresponde a la resolución de la banda 8. El procesamiento de las bandas para obtener el NDWI se realizó mediante el *software* QGIS Desktop 3.22.7, con el complemento *Semi-Automatic Classification Plugin* (Congedo, 2021).

El TWI y NDWI fueron reclasificados de acuerdo con la tabla 1 y, con un peso del 50%, cada índice fue sumado para obtener el resultado de susceptibilidad a saturación del suelo por humedad.

**Tabla 1**  
Reclasificación de índices TWI y NDWI

Índice	Rango	Nuevo valor
TWI	< 7	1
	7 - 8	2
	8 - 9	3
	9 - 10	4
	>10	5
NDWI	< 0,2	1
	0,2 - 0,3	2
	0,3 - 0,4	3
	- 0,5	4
	>0,5	5

Nota: Tabla obtenida de Gulácsi y Kovács (2015). Índice TWI, de Moore et al., 1993.

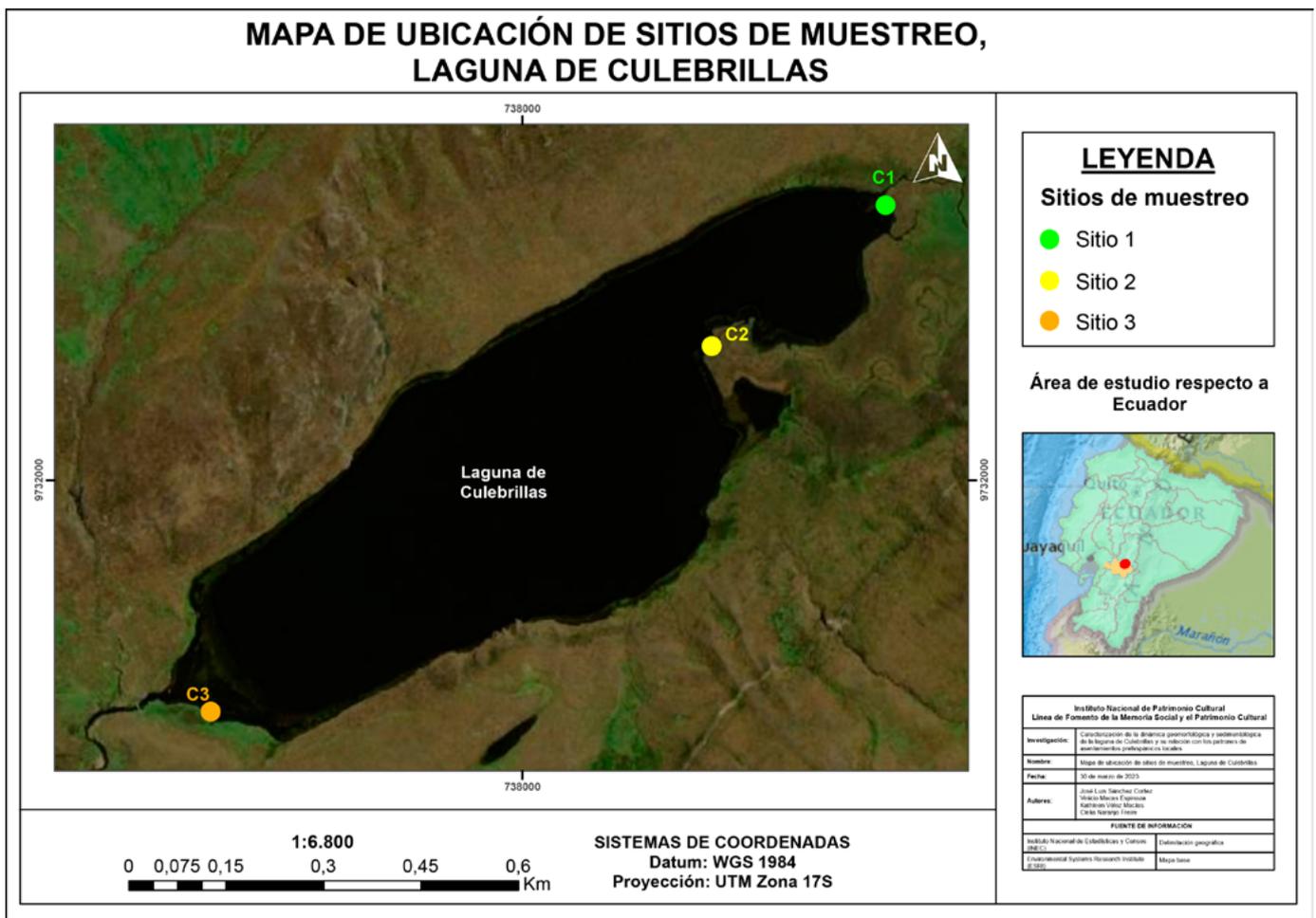
A partir de la susceptibilidad a la saturación del suelo por humedad y la delimitación de las unidades hidrográficas, complementada con el análisis morfométrico,

se procedió a identificar y demarcar las geoformas con el fin de establecer variables espaciales de las modificaciones por etapas, de las variaciones del espejo de agua, mediante esquemas de periodos hipotéticos.

### Análisis de registros sedimentológicos y fases recientes de los depósitos

Para determinar posibles perturbaciones antrópicas en el pasado, que pudieron afectar el espejo de agua, y para establecer cambios drásticos en la dinámica de crecimiento y decrecimiento del volumen de la laguna motivado por actividad humana, se procedió a realizar un estudio sedimentológico. Para el efecto se obtuvieron 5 muestras de sedimento, distribuidas en 3 áreas de sedimentación ubicadas al noreste (C1 y C2) y suroeste (C3) (fig. 2).

**Figura 2**  
Mapa de ubicación de las estaciones de muestreo de sedimentos en Culebrillas



**Figura 3**  
Detalle de la ubicación de los puntos de muestreo



Nota. Sup. izq. Se detallan 5 puntos de muestras (el nucleador, C1-3, fue descartado debido que recuperó un porcentaje inferior al 30% de sedimento). Inf. izq. Se señalan 5 puntos de muestreo. Der. Ubicación de 5 puntos de muestreo.

**Figura 4**  
Extracción y embalaje de los sedimentos extraídos desde los sitios de muestreo



Siguiendo la metodología propuesta por Short et al. (2016), se tomaron las muestras aplicando nucleadores de tubos PVC, de 2 pulgadas de diámetro y 2 m de longitud, insertándolos en el sedimento a 1 m de profundidad. Los tubos debieron ser introducidos en el lecho del sedimento y, una vez que este estaba en la cámara, la muestra se succionaba a manera de pistón ejerciendo un vacío en la parte superior para recuperarla. Al levantar el nucleador de PVC, se colocaban de inmediato tapones de PVC en la parte inferior para mantener la integridad del sedimento recuperado. Cada nucleador debió registrar un porcentaje de recuperación  $\geq 30\%$  (solo la muestra C1-3 fue descartada debido a su registro inferior). Cada nucleador fue sellado, embalado y etiquetado para su tratamiento en laboratorio (fig. 3 y 4). En laboratorio, los tubos fueron ubicados en cajas para testigos según las áreas de muestreo, luego fueron cortados de manera longitudinal y secados al ambiente, antes de proceder con el análisis sedimentológico. Para este último se empleó un estéreo microscopio trinocular de 50X, acoplado con un lente auxiliar 2X.

En cada columna de sedimentos se visualizaron los depósitos por capas o facies (paquetes de material grueso a fino) y luego se tomaron submuestras de aprox. 30 g, representativas de cada facie. Por último se tamizaron las muestras para obtener el porcentaje de masa según el tamaño de cada material: gravas finas (3 mm), arena gruesa (1 mm), arena media (0,5 mm), limos medios (0,008 mm) y arcillas (0,001 mm), con el fin de especificar su textura (Folk et al., 1970). Además se estableció su grado de redondez y otras observaciones adicionales (color, materia orgánica, tipo de minerales, rocas, trazas observables, entre otros) que permitieran tener una aproximación e interpretación del origen de los sedimentos y los procesos intervinientes.

### **Asociación de parámetros geomorfológicos y sedimentológicos y su relación con las ocupaciones antrópicas prehispánicas**

Finalmente, la información de los análisis morfogenéticos, morfodinámicos, telemáticos y sedimentológicos permitieron desarrollar ilustraciones sobre los diferentes episodios evolutivos por los cuales atravesó

la unidad hidrográfica del sistema lacustre Culebrillas. A partir de estos modelos gráficos, se planteó la hipótesis temporal y espacial en la que aparecen los primeros elementos antrópicos en la dinámica del paisaje del área de estudio, sustentada en el análisis de las referencias escritas sobre las manifestaciones prehispánicas en la laguna. Los modelos evolutivos del paisaje vinculan tanto la dinámica geomorfológica del entorno como los posibles patrones de asentamiento empleados en este sistema lacustre.

## **Resultados y discusión**

### **Rasgos geomorfológicos y evolución del relieve en la laguna de Culebrillas durante el Cuaternario**

El paisaje es un entorno cambiante, es una adaptación, una respuesta de los componentes biofísicos y antrópicos de un territorio ante los procesos geológicos que gobiernan en un determinado periodo de tiempo. Davis (1988) expresa que el relieve no solo está marcado por la erosión sucesiva, sino que involucra procesos tectónicos creadores, erosivos y niveladores. Los elementos geológicos y geomorfológicos registran estos cambios temporales y espaciales, proporcionando evidencias de su pasado.

### **Evidencias paleo-glaciares en la unidad hidrográfica del sistema lacustre Culebrillas**

Una de las últimas “secuelas” de los cambios generados por procesos geológicos y climáticos ocurrió durante el periodo cuaternario, con el fenómeno conocido como el Último Periodo Glacial (LGP, por sus siglas en inglés), el cual conllevó un lapso estimado de entre 110 a 11 ka (110 000 a 11 000 años), con un Máximo Glacial (LGM, por sus siglas en inglés) promedio a nivel mundial de entre 26,5 y 19 ka (Clark et al., 2009). Smith et al. (2005) y Bromley et al. (2009) sugieren que en Sudamérica el LGM correspondió entre 25 y 17 ka, mientras que en el Pacífico Central pudo bordear hasta 15 ka.

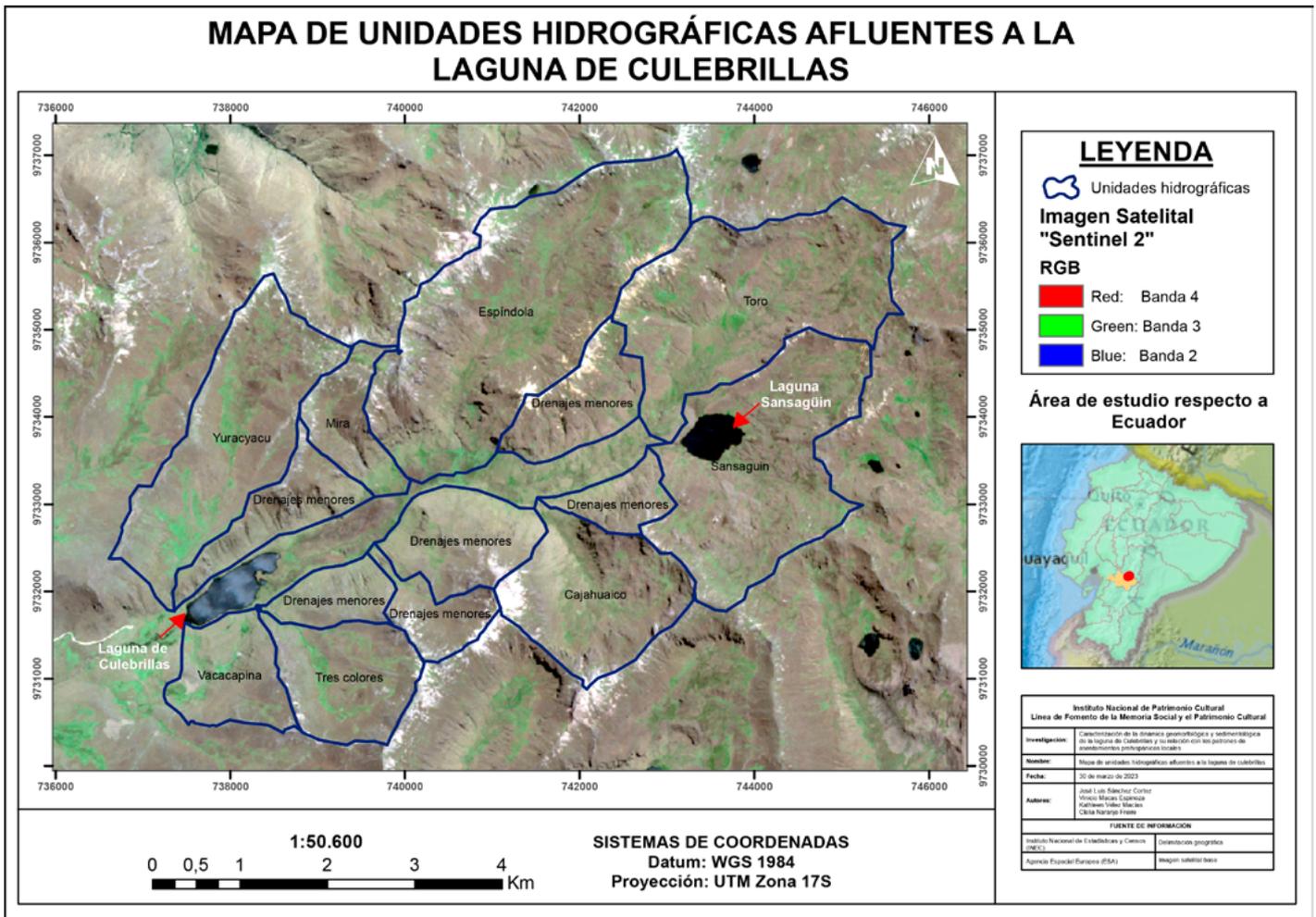
Durante este periodo, la temperatura ambiental decreció entre 2 y 7 °C, en comparación con la actual (Berman et al., 2016). Las variaciones climáticas acon-

tecidas al final del Pleistoceno han dejado huellas en los macizos rocosos a partir de la construcción de valles, formación y retroceso de lenguas glaciares, depósitos de sedimentos de origen glaciario (till en morrenas) y otras vastas morfologías de depósito y erosión glaciario (Silva et al., 2017).

La unidad hidrográfica del sistema lacustre Culebrillas está constituida por ocho unidades hidrográficas afluentes y seis unidades de drenajes menores, en un área de 38,98 km<sup>2</sup> (fig. 5). Posee líneas de cumbres que

promedian los 4350 m s. n. m. y evidencia estructuras típicas de morfologías glaciares. La laguna de Culebrillas (también denominada Leoquina), principal espejo de agua del sistema lacustre homónimo, está asentada en una depresión al pie del cerro Yanahurco, a 3885 m s. n. m. Posee un área de 0,41 km<sup>2</sup>, un largo de 1350 m, un ancho de 445 m y una profundidad máxima de 19,2 m en su zona central (Cárdenas Ordóñez y Quinteros Vicuña, 2011).

**Figura 5**  
Mapa de las unidades hidrográficas del sistema lacustre Culebrillas

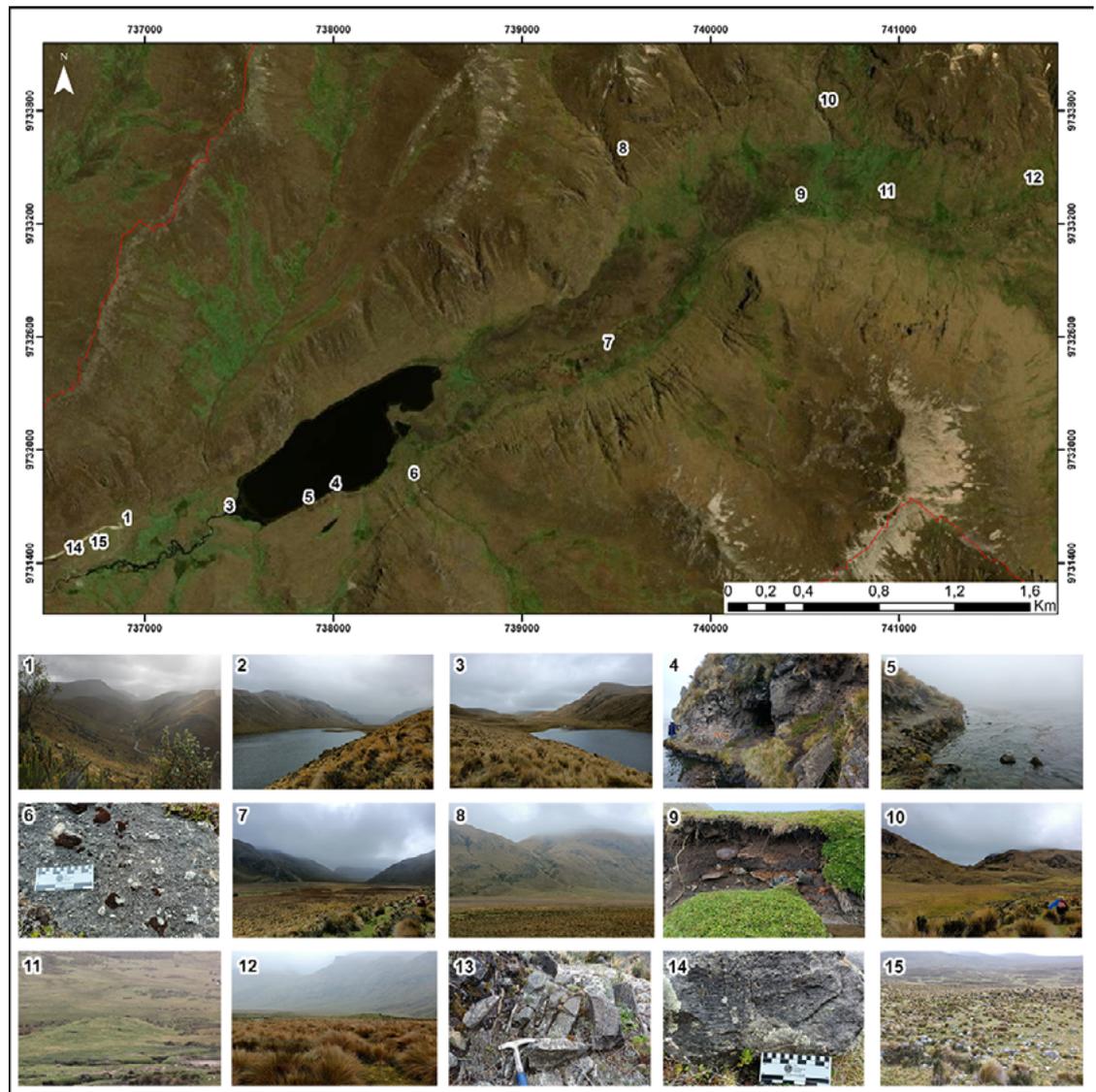


*Nota.* En este mapa se pueden ubicar los cauces fluviales que aportan a los cuerpos de agua de Culebrillas y Sansaguín.

En general, la unidad hidrográfica del sistema lacustre Culebrillas es un sistema fluvial cuyo origen está ligado a la fusión de glaciares preexistentes. La laguna corresponde a la parte distal de una lengua glaciar, cuyo represamiento se debe a depósitos de sedimentos a manera de morrena terminal y que luego se fundió y azolvó. Un rasgo condicionante y característico de la actividad preglaciar se resalta por el gran valle en U en el que descansa Culebrillas y la quebrada Sansagüin, con su morrena terminal, hacia el este (el *Qhapaq Ñan*

atraviesa de este a oeste valle de origen glaciar). De la misma manera, se observan valles colgados, con desniveles generados entre los cauces glaciares principales y secundarios. En la parte alta de la unidad hidrológica, se observan montículos de sedimento glaciar alargados (tipo drumlin) y redondeados (tipo kame). A mayor escala, se pueden resaltar las estrías glaciares o rocas aborregadas, mismas que denotan marcas de rasguños sobre las rocas, generadas por el deslizamiento del hielo sobre el sustrato rocoso (fig. 6).

**Figura 6**  
Ubicación de las principales evidencias de origen glaciar



Nota. 1. Morrena terminal y valle glaciar en U; 2. Laguna de Culebrillas, valle glaciar en U; 3. Morrena terminal, laguna de Culebrillas; 4. Cueva por erosión hídrica sobre terrazas glaciares; 5. Terrazas glaciares; 6. Rocas tillitas (sedimentos glaciares); 7. Pantanos, valle glaciar en U; 8. Valle colgado; 9. Depósitos de sedimentos glacio-fluviales; 10. Valle colgado; 11. Drumlin; 12. Campo de drumlin y kames; 13. Rocas con fracturas por heladas (gelifracción); 14. Rocas estriadas o aborregadas; 15. Bloques erráticos glaciares.

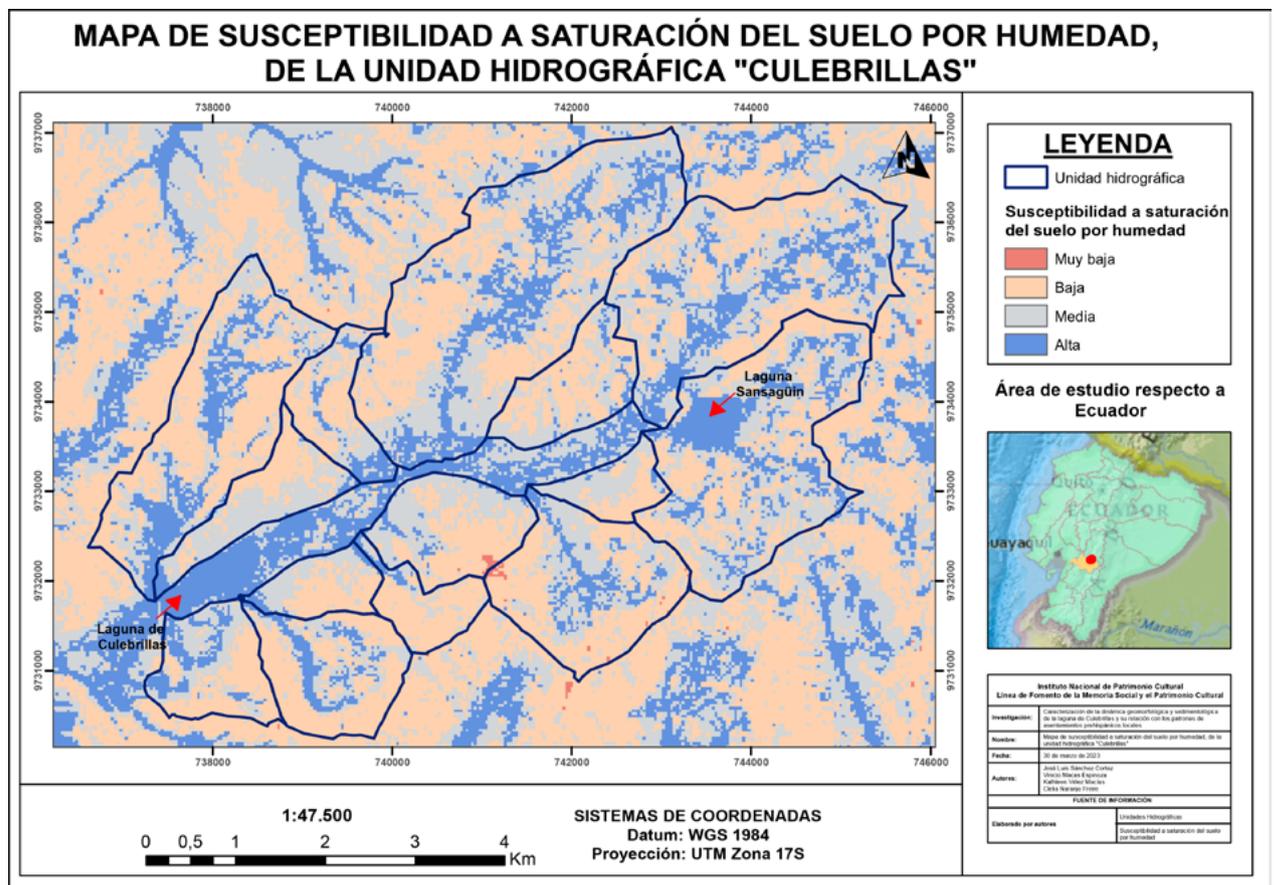
## Configuración de la hidrología y geomorfología mediante el uso de herramientas telemáticas como herramienta interpretativa de procesos históricos en el relieve

Dado que las morfologías actuales son clave para entender las configuraciones pasadas del relieve, se desarrollaron aproximaciones de modelos ilustrados de los procesos históricos evolutivos de la unidad hidrográfica desde el Holoceno hasta la actualidad. Con este propósito y mediante aplicaciones telemáticas y de teledetección, se generaron los mapas de susceptibilidad a saturación del suelo por humedad y el mapa geomorfológico del área de estudio. Ambos mapas fueron los principales insumos para concebir los modelos hipotéticos de las modificaciones por etapas o periodos sufridos en el sistema lacustre Culebrillas.

El mapa de susceptibilidad a saturación del suelo por humedad resulta de la combinación de los índices espectrales TWI y NDWI, mostrando las áreas con mayor potencial o posibilidad de albergar agua. En la figura 7, los polígonos teñidos de azul (tonos más oscuros) coinciden con las zonas de mayor susceptibilidad de acumulación de agua en el suelo residual o transportado, por ende, se los relaciona con áreas que albergaron agua en el pasado (por deglaciación) y que aún se mantienen saturados de humedad (suelos pantanosos). Esta información es clave para delimitar la influencia o extensión del paleolago. Al inicio de esta investigación, se planteó la hipótesis que los cuerpos lacustres de Culebrillas y Sansagüin pudieron haber estado unidos antes, no obstante, el análisis de susceptibilidad a saturación del suelo por humedad no respalda esta teoría.

Figura 7

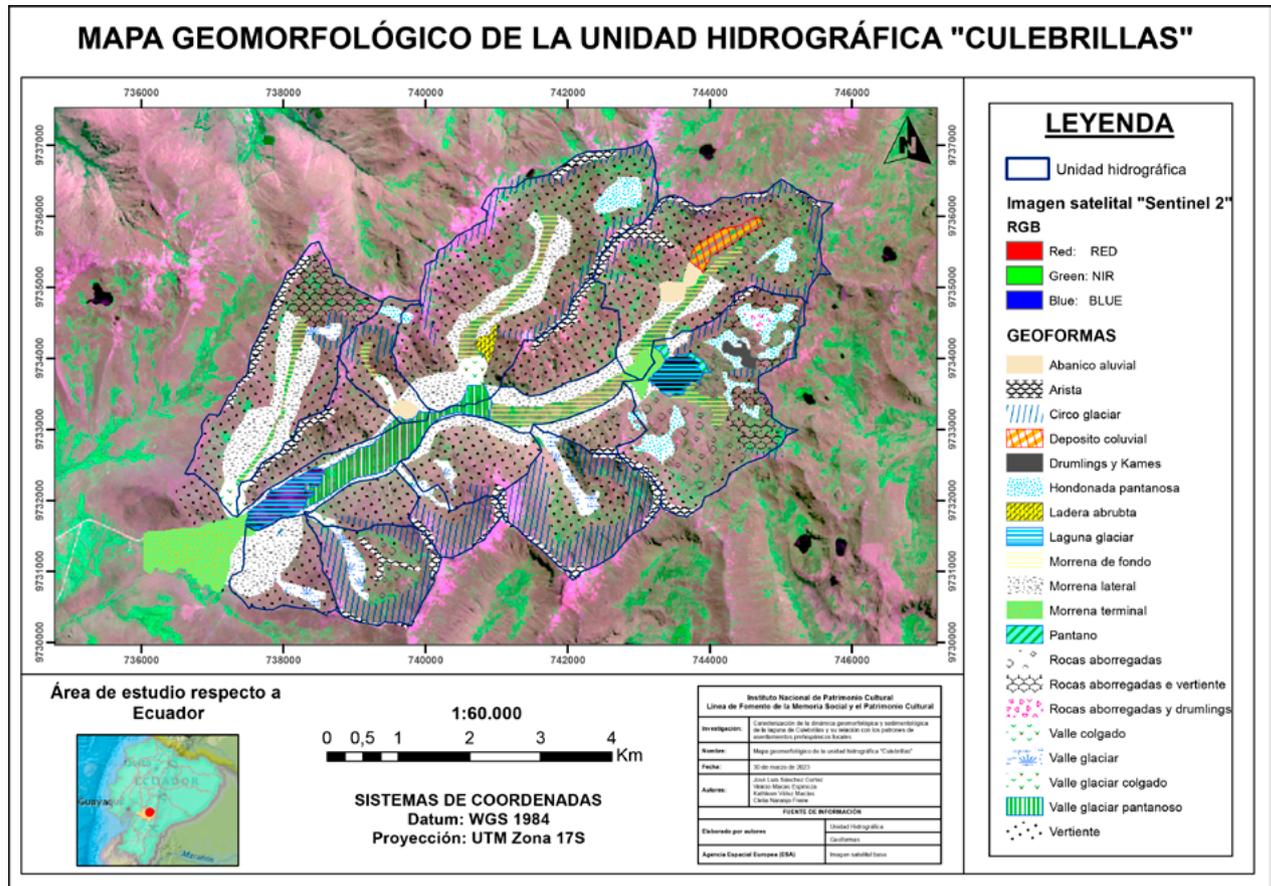
Mapa de susceptibilidad a saturación del suelo por humedad de la unidad hidrográfica lacustre Culebrillas



*Nota.* Este mapa se desarrolló gracias a la combinación de los índices espectrales TWI y NDWI. Las tonalidades más oscuras denotan zonas con mayor potencial de acumulación de humedad y, por lo tanto, se relacionan con áreas en las que la deglaciación acumuló agua formando parte de la extensión del paleolago.

Figura 8

Mapa geomorfológico de la unidad hidrológica del sistema lacustre



Nota: Mapa desarrollado a partir del mapa de susceptibilidad a saturación del suelo por humedad y el análisis morfogenético.

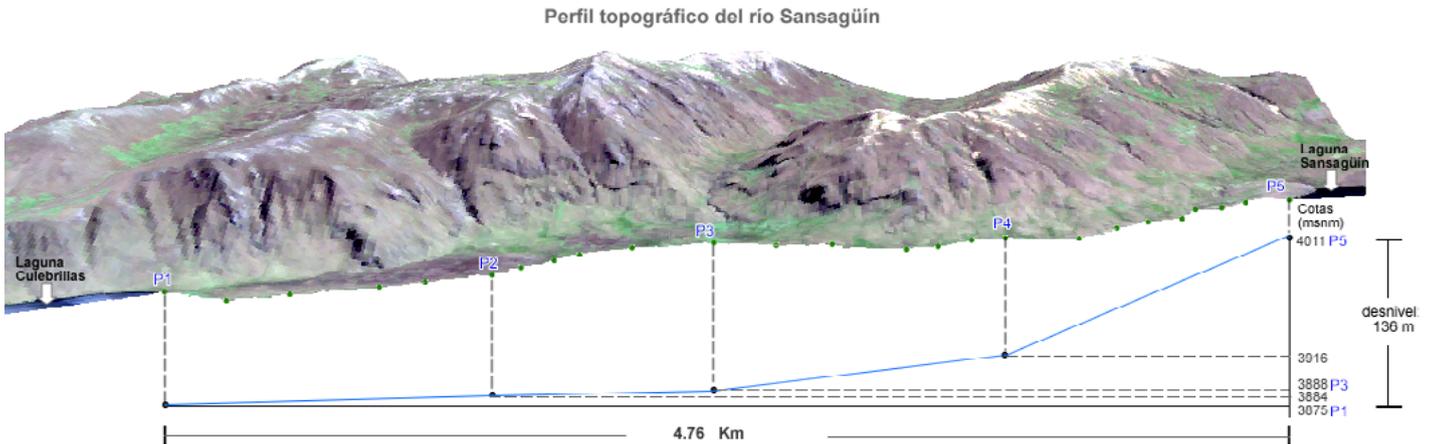
Este primer mapa (fig. 7) alberga información valiosa para la implementación del segundo, el mapa geomorfológico, para el cual se conjugó los resultados obtenidos en el análisis morfogenético. Los datos cotejados identificaron y validaron las características de los principales rasgos y elementos geomorfológicos presentes en el área de estudio (fig. 8). La lectura y conjunción del mapa inicial y el mapa geomorfológico permitieron generar una lectura histórica de los procesos morfodinámicos fluvio-glaciares acontecidos durante el Holoceno en el área de estudio y, con base en esta lectura, se generaron modelos ilustrados hipotéticos de dichas dinámicas.

### Modelos ilustrados hipotéticos de la evolución del relieve glaciar y fluvio-glaciar en la unidad hidrológica del sistema lacunar Culebrillas

Todos los vestigios de información levantada orientan a formar hipótesis sobre los procesos morfodinámicos glaciares y fluvio-glaciares que ocurrieron en el área de estudio. En este sentido, se crearon cuatro modelos secuenciales que denotan la posible dinámica experimentada en Culebrillas desde el Último Periodo Glacial (LGP) hasta la actualidad.

**Figura 9**

*Perfil topográfico del río Sansagüin, también denominado Culebrillas*



Nota: Se observan las pendientes suavizadas en la parte distal de la unidad hidrológica (izquierda) y pendientes infranqueables hacia las cabeceras (derecha), lo cual denota un fraccionamiento de procesos históricos. El Qhapaq Ñan atraviesa perpendicularmente este perfil, a la altura de P3, en el trayecto hacia la cueva de Espíndola.

Los modelos interpretativos se respaldan en la información previamente descrita, tomando como punto esencial de referencia el valle glacial principal (actualmente del río Sansagüin o río Culebrillas), cuyo perfil topográfico permite observar claramente la existencia de desniveles y quiebres de pendiente, los cuales se traducen en fragmentación de eventos, cambio de procesos o incursión de nuevas dinámicas.

En la figura 9, es posible percibir las pendientes entre P1 y P2, siendo zonas de depósito de sedimento y los paleo límites de lo que hoy es la laguna de Culebrillas. Por el contrario, entre P4 y P5, las pendientes se tornan abruptas, implicando que existe una barrera natural o material en proceso de erosión; de hecho, en P5 se ubica la última morrena del sistema lacustre, la cual forma el represamiento de la laguna de Sansagüin. Cada elemento morfológico responde a un proceso o cambio histórico de la dinámica del relieve. En el caso de los procesos exógenos (los glaciares, por ejemplo), esta respuesta se genera a partir de eventos climáticos cotidianos y extremos.

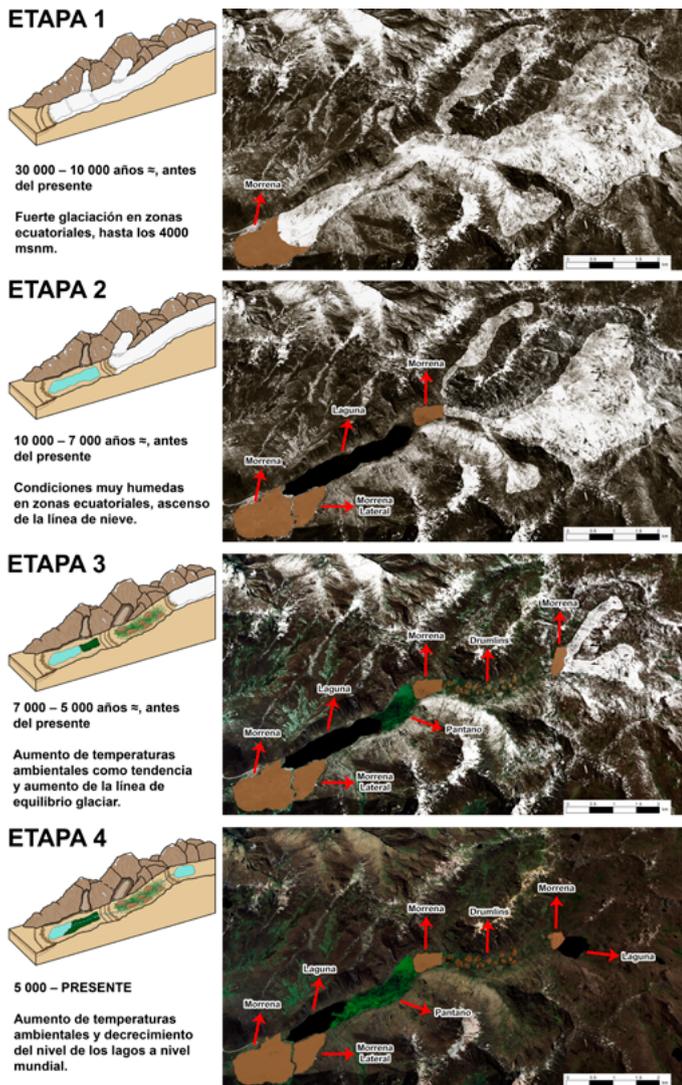
Parte de la base teórica de los modelos propuestos a continuación surge de diversas lecturas históricas de las dinámicas climáticas. Por ejemplo, es sabido que du-

rante la transición del Pleistoceno-Holoceno, entre 30 y 10 ka, en algunas regiones ecuatoriales los procesos de glaciación se mantuvieron hasta los 4000 m s. n. m. (Heine, 2000). Luego, entre 10 y 7 ka hay evidencias de condiciones muy húmedas en las zonas ecuatoriales y en los trópicos del norte y ascensos de la línea de nieve (Geyh, 1967). Entre 7 y 5 ka, no se muestra información en detalle, no obstante, la tendencia es mantener el aumento de temperaturas y de la línea de equilibrio glacial (ELA, por sus siglas en inglés). Para después de los 5 ka, los niveles de los lagos en todo el mundo decrecieron y fueron mucho más bajos después de 4 ka, incluso con propensión a desecarse en zonas subtropicales (Street-Perrot et al., 1985).

En conjunción y a manera de resumen de toda la información levantada, la figura 10 plantea cuatro modelos ilustrados hipotéticos, separados por etapas, que definen la evolución secuencial del relieve glacial y fluvio-glacial en la unidad hidrológica del sistema lacunar Culebrillas. Los gráficos implican la tendencia general a la pérdida del volumen de agua de la laguna, siendo una propensión global, tal como lo definen Street-Perrot et al. (1985).

**Figura 10**

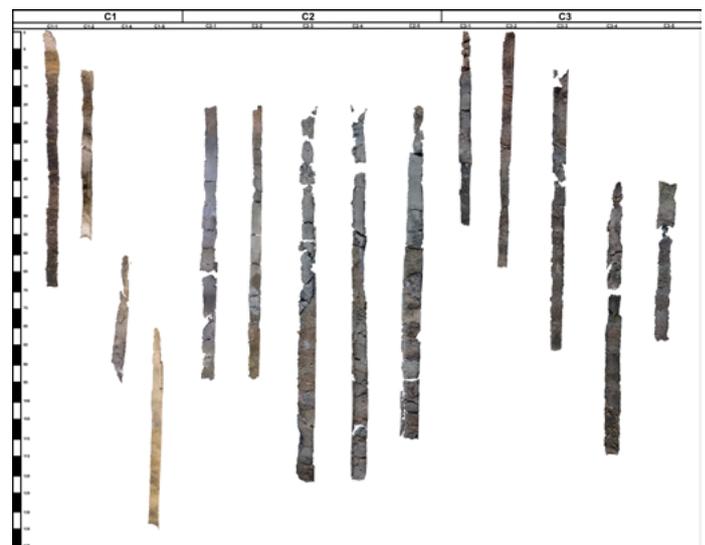
Modelos ilustrados hipotéticos de la evolución secuencial por etapas de los relieves glacial y fluvio-glacial en la unidad hidrográfica del sistema lacunar Culebrillas



porcentaje de arenas finas y gravas finas (entre 50 y 60% de los sedimentos). Esto significa que el sistema lacustre ha migrado a un régimen de aportes fluviales activos. Además, la forma geométrica de los clastos es mayoritariamente subredondeada a subangular, lo que sugiere que las partículas han recorrido distancias prudenciales antes de ser depositadas (las partículas angulares se asocian con procesos de aportes de sedimento *in situ*, por ejemplo, alguna obra civil o perturbación antrópica).

**Figura 11**

Detalle de los núcleos de sedimentos extraídos de estaciones de muestreo



Nota. Sitios de muestreo C1, C2 y C3.

## Registro de variables sedimentológicas, su relación con procesos geomorfodinámicos, elementos antrópicos prehispánicos y patrones de asentamiento

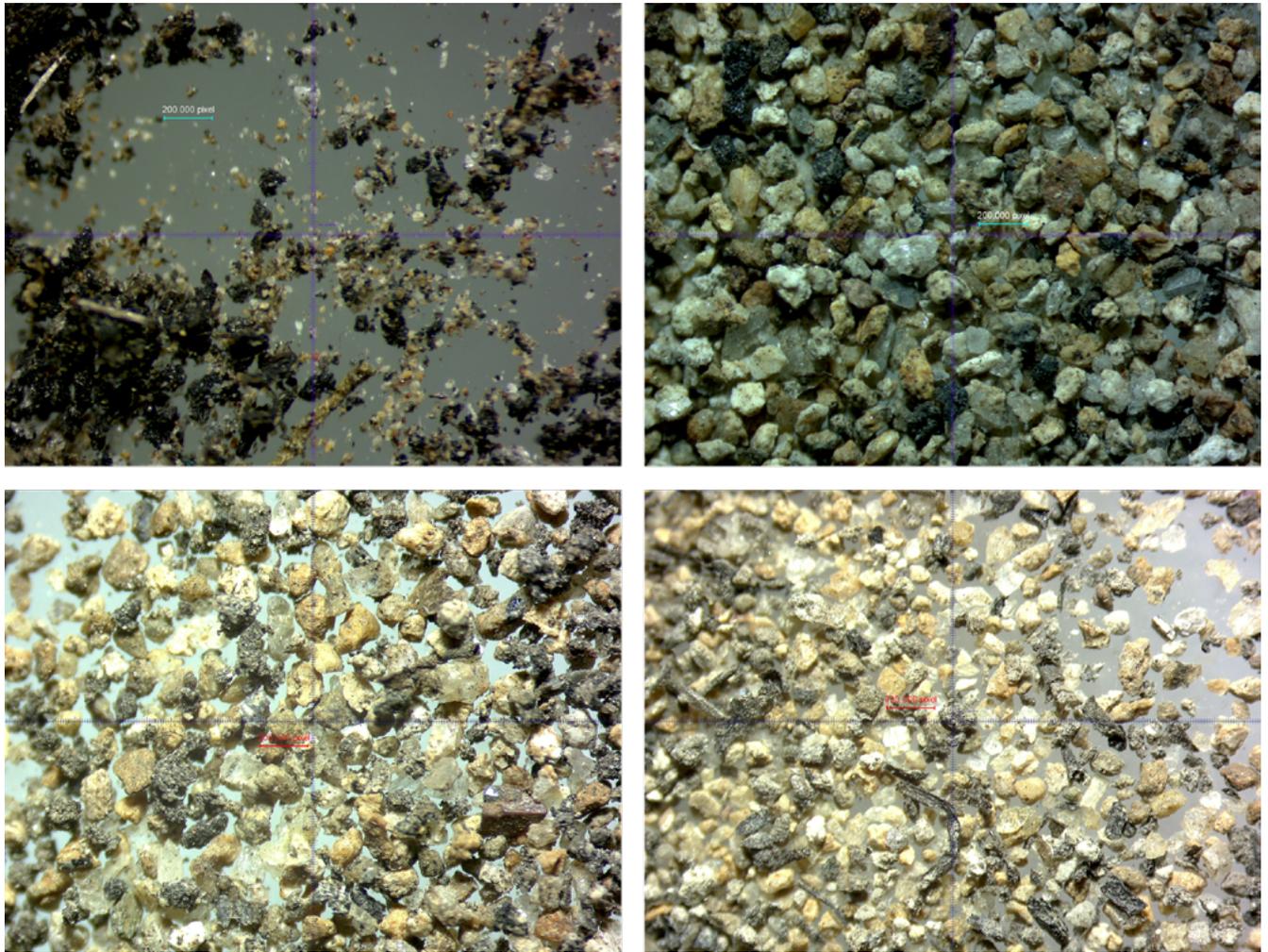
Según los resultados expuestos, los efectos de eventos naturales progresivos esculpieron el paisaje actual, siguiendo un horizonte paulatino de sucesos posteriores a la glaciación a finales del Pleistoceno e inicios del Holoceno, alcanzando un aparente esquema ordenado y sin efectos cruzados que ejerzan otro tipo de perturbaciones.

Sin embargo, para afianzar esta afirmación se realizaron estudios sedimentológicos que den indicios de la presencia del ser humano como posible elemento perturbador de dicha dinámica, ya que cualquier cambio antrópico en un sistema lacustre quedará registrado en los depósitos de sedimentos de dicho sistema debido a su rápida y continua acumulación, con escalas temporales de cientos y miles de años (Cohen, 2003; Bertrand et al., 2005).

La extracción y análisis de 14 núcleos de sedimentos de la laguna de Culebrillas son insumos que determinan variables ambientales, incluyendo posibles actividades humanas. A partir de las condicionantes observadas (color, granulometría, materia orgánica, morfología de clastos y facies de depositación), el conjunto de observaciones realizadas denota que existe muy bajo contenido de arcillas (inferior al 5%), a diferencia de alto

**Figura 12**

*Detalle de los sedimentos vistos a través del estereomicroscopio (50X más lente auxiliar 2X)*



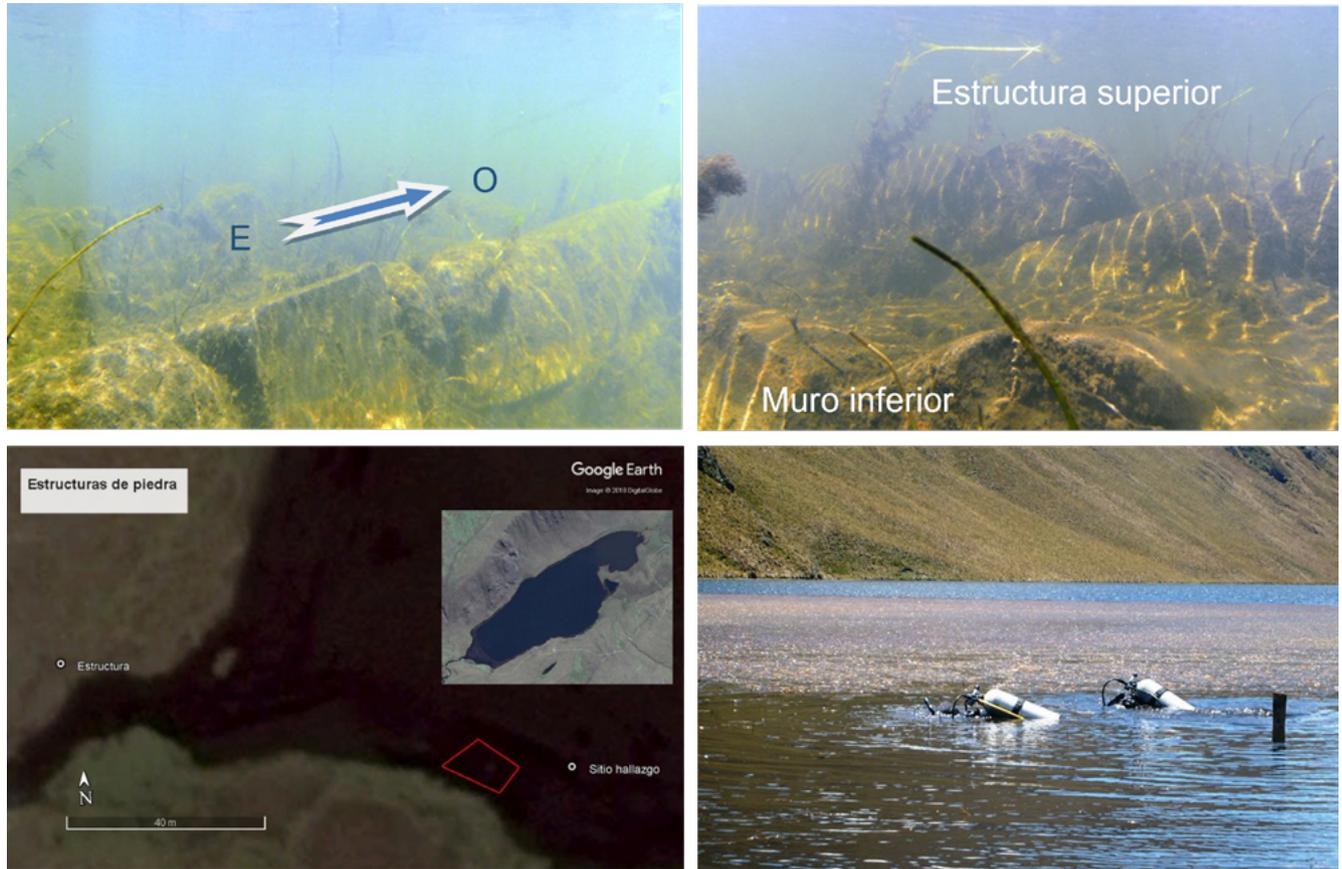
Nota. Se observan mayoritariamente texturas arenosas entre finas y medias, cuya morfología característica angulosa de los clastos y la falta de sedimentos arcillosos evidencia la fuerte actividad erosiva del caudal. Como referencia, la línea turquesa o roja en las imágenes representa cerca de 0,5 mm. *Sup. izq.* Sedimentos del sitio 1, muestra 1. *Sup. der.* Sedimentos del sitio 1, muestra 5. *Inf. izq.* Sedimentos del sitio 2, muestra 3. *Inf. der.* Sedimentos del sitio 3, muestra 3.

Adicionalmente, las tipologías petrográfica y mineralógica de los sedimentos se asocian con fuentes locales (principalmente andesitas, restos de tobas, micas y piroxenos) y no elementos alóctonos o extraños (figs. 12 y 13).

La sedimentación muestra evidentes ciclos de depósitos gradados o bien clasificados, no interrumpidos (las interrupciones de la gradación son a consecuencia de eventos exógenos) y los límites infrayacentes y suprayacentes se muestran de forma gradual, por ende, demuestran secuencias rítmicas normales. Las diferencias del tamaño de los clastos en un mismo ciclo indican que han existido transiciones paulatinas dentro del ambien-

te de depositación (no hay eventos perturbadores). No obstante, existen ciclos más grandes que otros, esto puede relacionarse con periodos de lluvia de larga duración (que pueden marcar aumento o disminución estacional del volumen de agua en la laguna), erosión más intensa y cambio de energía en las corrientes. Estas evidencias sugieren que el sistema fluvio-lacustre ha experimentado transiciones naturales sin agentes perturbadores exógenos en el sistema; de haber existido excavaciones, construcciones, movimiento de masas en la zona aledaña a la laguna, estas perturbaciones hubieran sido registradas en las capas de sedimentos. El arqueólogo ecuatoriano Idrovo Urigüen (2008) asegura que existen

**Figura 13**  
Imágenes que representan las campañas arqueológicas



Nota. Se pueden apreciar estructuras escalonadas al interior de la laguna. Tomadas de Castro Espinosa et al. (2018).

diversos montículos, que se creía pudieran haber sido contruidos por el ser humano, sin embargo, al aplicar excavaciones arqueológicas sobre estos, se confirmó que proceden de sucesos naturales propios del paisaje geológico del área.

En el área de estudio, se percibe una sacralidad hacia los elementos que forman parte del entorno; la religiosidad y el respeto a esta mítica laguna integran sus expresiones culturales. Aunque por otra parte, los mitos y las leyendas de la cosmovisión cañari y la oralidad local con relación a esta *cocha* han puesto en entredicho su origen natural. Históricamente, se ha considerado la morfología presente en el sector de Culebrillas como “una obra del ser humano”. El padre Juan de Velasco, en su obra *Historia del Reino de Quito en la América Meridional* (1789), se refiere a la laguna y al río homónimos

como obras hechas a mano por los gentiles. De la misma forma, Ortega Heras y Atancuri Pacurucu (2011) señalan que Culebrillas está en un espacio pétreo impresionante, cuyas elevaciones abruptas dan la sensación de haber sido cortadas por humanos.

Incluso se señala la existencia de gradas o escalinatas confeccionadas para ingresar al interior de la laguna, las que se han visto en varios sitios alrededor de Culebrillas (Carrillo, 1998; Idrovo Urigüen, 2008; Ortega Heras y Atancuri Pacurucu, 2011). A partir de una prospección con buzos, Castro-Espinosa et al. (2018) también reportan la observación de estructuras trapezoidales de unos 9 x 12 m (108 m<sup>2</sup>), en dos niveles a manera de hileras, una asentada sobre la otra rectangularmente, en forma de plataformas compuestas por materiales compactos (fig. 13).

Los reportes mencionados indican la presencia de importantes cuerpos de escalinatas, no obstante, una construcción de tal envergadura sin lugar a dudas hubiera generado un impacto en el espejo de agua y, por ende, en los sedimentos que esta deposita, sin embargo, los registros obtenidos no permitieron visualizar esta obra humana. Al contrario, lo que se pudo observar tanto en la ladera oriental como en la occidental de Culebrillas fueron terrazas glaciares depositadas por el avance de la lengua glaciaria sobre el valle, a manera de morrenas laterales, mismas que con el paso del tiempo se acumulan capa sobre capa, una sobre otra, en forma de escalinatas. Cuando el hielo se funde (deglaciación), las terrazas quedan sumergidas y, con la tendencial disminución del volumen de agua del lago, estas quedan descubiertas en las laderas o vertientes (fig. 14). Es posible que con los años estas escalinatas se aprecien con mayores detalles.

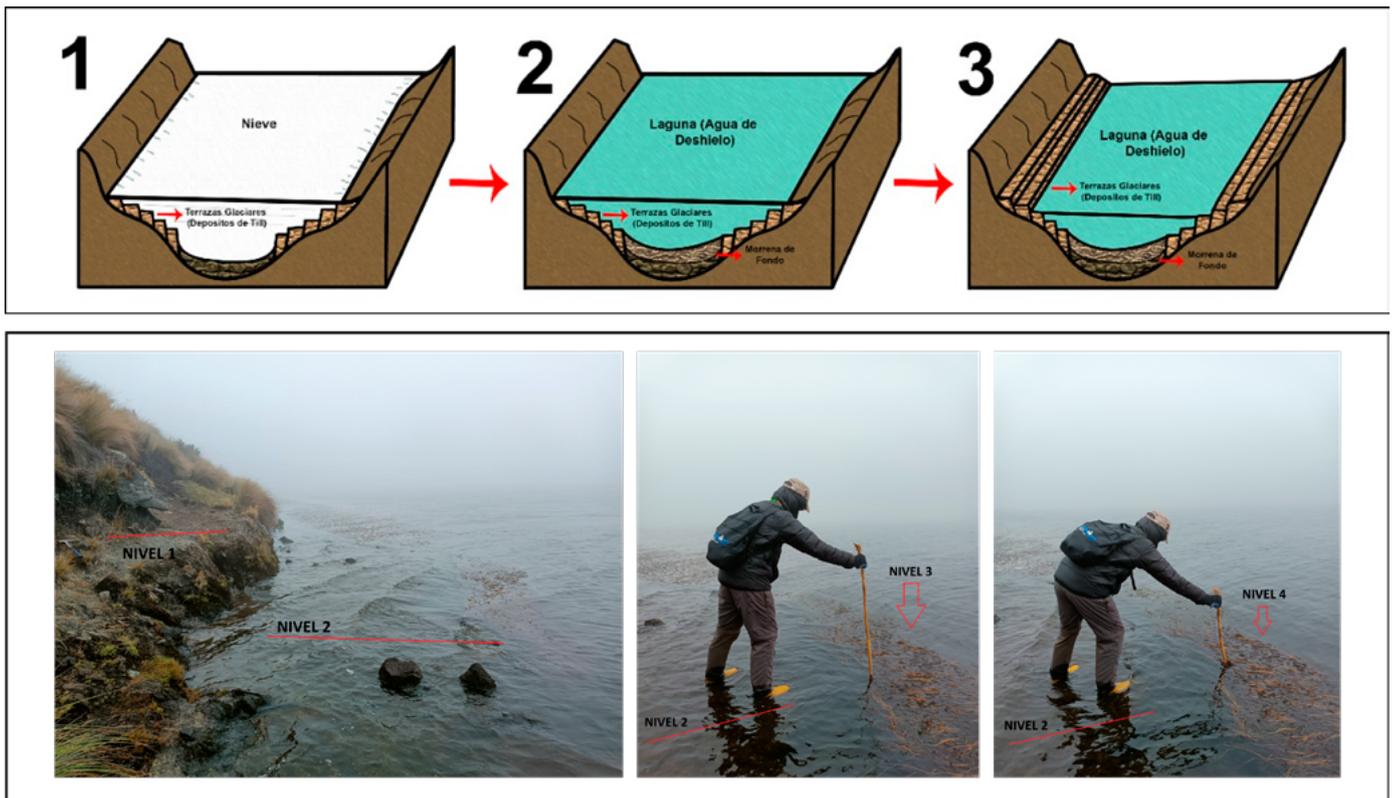
La evidencia obtenida sugiere criterios sobre la temporalidad aproximada de los asentamientos prehistóricos presentes en el área de estudio. Tanto los jui-

cios de los autores citados como los registros levantados durante esta investigación ubican a los patrones de asentamiento en la cuarta etapa de los modelos ilustrados hipotéticos de la evolución del relieve glaciario y fluvio-glaciario en la unidad hidrológica del sistema lacunar Culebrillas, es decir, hace un máximo de 5000 años.

Las condiciones ambientales previas a dicho rango de tiempo no eran aptas para construir vías de comunicación o extraer material pétreo para otras obras comunitarias. Idrovo Urigüen (2008) menciona que el cruce del *Qhapaq Ñan* hacia la cueva de Espíndola, bajando de Paredones y pasando sobre el paleo límite de la laguna, se encuentra a una altura máxima de 10 cm sobre el sedimento, lo cual daría a entender que la dinámica de depósito enterró el camino previamente, siendo reconstruido con frecuencia, o en el pasado el nivel del camino fue superior al actual y la fuerte sedimentación fue disminuyendo la separación entre el camino y el suelo.

**Figura 14**

*Formación de terrazas glaciares y diversos niveles de escalinatas*



Nota. Se pueden apreciar estructuras escalonadas al interior de la laguna. Tomadas de Castro Espinosa et al. (2018).

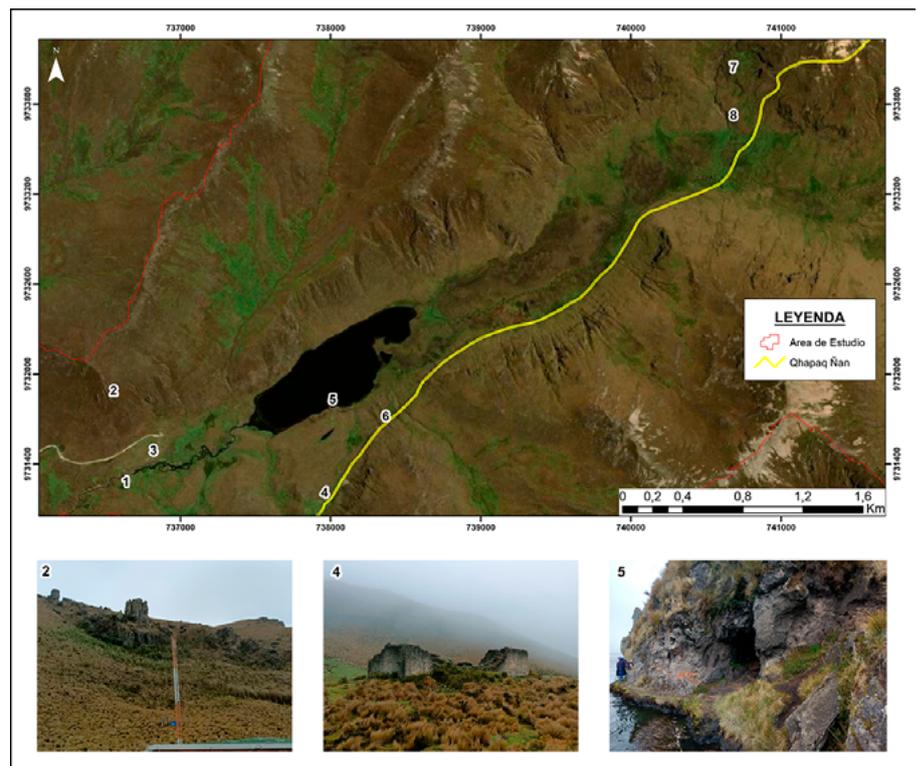
Este sector se ha caracterizado como un área de paso y traslado, aunque Carrillo (1998) afirma que este complejo de edificaciones cumplía con funciones combinadas, tales como centro ceremonial, tambo real y cantera. En el camino entre Ingapirca y Culebrillas, aún existen varias estructuras ruinosas incas, que se sugiere fueron destinadas a ser tambos o chasquihuasis (Ortega Heras y Atancuri Pacurucu, 2011). De acuerdo con datos etnohistóricos, la laguna fue una huaca principal de los cañaris e incas (Velasco, 1789), lo que se sustenta en la ubicación y posición del *Qhapaq Ñan*.

Según Carrillo (1998), los estilos de construcción de elementos arquitectónicos, de infraestructuras y los tipos de materiales empleados posibilitan elucubrar que el sitio Culebrillas pudo ser levantado por cañaris e incas entre 500 y 1531 d. C. El mismo autor presume que el sitio pudo ser ocupado antes por portadores de las culturas Tuncahuán y Narrío Tardío, ubicadas en el periodo de Desarrollo Regional (500 a. C. - 800 d. C.). Idrovo Urigüen (2008) recabó evidencia de alfarería Ta-

calshapa I, etapa protocañari, a 30 cm de profundidad, justo en el sitio de estudio, promulgando una fecha de entre 500 y 200 años a. C. Castro Espinosa et al. (2018) apoyan estas afirmaciones e incluso sugieren que, aunque se atribuye una edad de construcción aproximada al *Qhapaq Ñan* (2000 años), este paso de montaña pudo haber sido empleado desde mucho tiempo atrás. En general, se insinúa que todos estos grupos poseían una extrema ritualidad con las montañas y el agua, motivo suficiente para mantenerlos vinculados a este sector.

Esto nos lleva nuevamente a relacionar los modelos hipotéticos de la evolución del relieve glacial y fluvio-glacial ya planteados, conjeturando que los habitantes prehispánicos de este sector podrían haber logrado desarrollar patrones de asentamiento adaptativo a las circunstancias del entorno. Previo a dicha etapa, las condiciones ambientales cambiantes imposibilitaron su establecimiento y, como tendencia general, se desplazaban o migraban (Reidel e Isla, 2013).

**Figura 15**  
*Principales elementos arqueológicos como evidencia de patrones de asentamiento*



Nota. 1. Sitio Bolarumi; 2. Cerro Yanahurco; 3. Cantera Labrashcarumi; 4. Tambo de Paredones; 5. Cueva Machay; 6. Qhapaq Ñan; 7. Cueva de Espíndola; 8. Puente incaico.

## CONCLUSIONES

La interpretación morfogenética y morfodinámica de la unidad hidrográfica del sistema lacustre Culebrillas dio paso a conocer su origen y evolución temporal durante el Holoceno, a consecuencia del Último Periodo Glaciar (LGP), y cómo esto se relaciona con la presencia de elementos prehispánicos presentes en el área. Esta información, complementada con el análisis de núcleos de sedimentos, ha dado pauta para entender el origen natural de los eventos precursores del paisaje actual; su relieve esculpido es una respuesta del medio geológico a los cambios acontecidos luego del LGP.

Durante inicios del Holoceno, la ELA se ubicaba en 4800 m s. n. m. aprox., muy distante a la actual (5320 m s. n. m.), aunque la temperatura debió descender en al menos 3,3°C de la presente. Sin embargo, dichas condiciones fueron progresivamente transformándose y aumentando las temperaturas globales hasta los valores actuales (Francou et al., 2014). Estos cambios en la dinámica climática tuvieron enormes consecuencias en las poblacionales precolombinas. Riris y Arroyo-Kalin (2019) afirman que existen patrones de abandono a nivel regional en América del Sur, durante el Holoceno Medio (8200 - 4200 a. p.), en respuesta a las mudanzas del clima de ese período.

En el área de estudio, existen construcciones y elementos arqueológicos e históricos bien definidos, creados a partir de una apropiación del entorno, generados con objetivos claros, sobre todo la comunicación y la subsistencia de los grupos locales (Chang, 1962; Prieto-Rodríguez, 2011), entre los cuales el *Qhapaq Ñan* surge como uno de los principales.

La principal teoría plasmada por los autores, a partir de las evidencias recabadas, la bibliografía consultada y los elementos prehispánicos que resaltan en el área de estudio (fig. 15), se orienta a inferir que los

elementos antrópicos y culturales de este sector corresponden a asentamientos inferiores a 2000 años de antigüedad. En su afán de ubicar estructuras tales como caminos, senderos y bastiones, los mismos se han adecuado o acoplado a las dinámicas naturales existentes, sin haber generado intervenciones agresivas, como minería a gran escala o represamientos de caudales. No obstante, estas presunciones deberán ser corroboradas con mayor profundidad.

La relación del paisaje, los sitios con ocupaciones antrópicas y elementos culturales, complementados con las dinámicas limnológicas del lago, demuestran que los procesos de depositación de los sedimentos se han dado de manera eficiente y efectiva, sin perturbaciones por actividad antrópica significativa.

Los valores locales sobre la religiosidad, mitos y leyendas alrededor de la laguna de Culebrillas (Leolina o serpiente escondida en la laguna) han sido un detonante para elucubrar información subjetiva, marcando un derrotero de desinformación. Sin embargo, toda la cosmovisión que embebe este sitio ha sido un factor fundamental para conservar su entorno y la naturalidad del paisaje. La sacralidad ha ido en contra de su destrucción y a favor de su preservación. Aún resta mucha evidencia que levantar, no obstante, los aportes de la presente investigación pueden ser una brújula para posteriores estudios.

## CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

Conceptualización: J.L.S., Adquisición de fondos: J.L.S., Investigación: J.L.S., V.M. y C.N., Metodología: J.L.S., V.M. y C.N., Redacción-original borrador: J.L.S., Análisis formal: V.M., Software: V.M. y K.V., Visualización: K.V.

Fecha de recepción: 07 de abril del 2023

Fecha de aceptación: 03 de octubre del 2023

## REFERENCIAS

- Acharya, U., Daigh, A. L. M. y Oduor, P. G. (2022). Soil Moisture Mapping with Moisture-Related Indices, OPTRAM, and an Integrated Random Forest-OPTRAM Algorithm from Landsat 8 Images. *Remote Sensing*, 14(15), 3801. <https://doi.org/10.3390/rs14153801>
- Amalo, L. F., Ma'rufah, U. y Permatasari, P. A. (2018). Monitoring 2015 drought in West Java using Normalized Difference Water Index (NDWI). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 149, 012007. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/149/1/012007>
- Bar Esquivel, A. (2013). Afectaciones históricas a la red vial inca y la necesidad del estudio documentario de carreteras para la investigación y el registro de caminos prehispánicos. En G. Marcón Flores y S. Barraza Lescano (Eds.), *Cuadernos del Qhapaq Ñan* (1.ª Ed., pp. 32-51). Ministerio de Cultural del Perú, Proyecto Qhapaq Ñan.
- Bertrand, D., Boës, X., Castiaux, J., Charlet, F., Urrutia, R., Espinoza, C., Lepoint, G., Cherlier, B. y Fagel, N. (2005). Temporal evolution of sediment supply in Lago Puyehue (Southern Chile) during the last 600 yr and its climate significance. *Quaternary Research*, 64(2), 163-175. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2005.06.005>
- Bromley, G. R. M., Schaefer, J. M., Winckler, G., Hall, B. L., Todd, C. E. y Rademaker, K. M. (2009). Relative timing of last glacial maximum and late-glacial events in the central tropical Andes. *Quaternary Science Reviews*, 28(23-24), 2514-2526. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2009.05.012>
- [Cárdenas Ordóñez, G. S. y HYPERLINK "http://dspace.uca.edu.ec/jspui/browse?type=author&value=Quinteros+Vicuna%2C+Gladys+Estrella"](http://dspace.uca.edu.ec/jspui/browse?type=author&value=Quinteros+Vicuna%2C+Gladys+Estrella) Quinteros Vicuña, G. E. (2011). *Cañar capital arqueológica y cultural del Ecuador: análisis de su declaración y proyecciones* (Tesis de licenciatura). Universidad de Cuenca.
- Carrillo, A. (1998). *Informe de los trabajos de prospección, limpieza y relevamiento, realizados en el sitio arqueológico "Culebrillas", 1993 - 1997*. INPC.
- Castro-Espinosa, G., Chancay-Vásquez, J. y Pacheco-Navarro, C. (2018). Arqueología Subacuática en la laguna de Culebrillas: Aguas sagradas, serpientes cañaris y templos sumergidos incas. INPC.
- Chang, K. (1962). A typology of settlement and community patterns in some circumpolar societies. *Arctic Anthropology*, 1(1), 28-41.
- Clark, P., Dyke, A. S., Shakun, J. D., Carlson, A. E., Clark, J., Wohlfarth, B., Mitrovica, J., Hostetler, S. y McCabe, A. M. (2009). The Last Glacial Maximum. *Science*, 325(5491), 710-714. <https://doi.org/10.1126/science.1172873>
- Coe, A. L., Argles, T. W., Rothery, D. A. y Spicer, R. A. (2010). *Geological field techniques*. John Wiley & Sons, Ltd., Publication.
- Cohen, A. S. (2003). *Paleolimnology - The History and Evolution of Lake System*. Oxford University Press.
- Congedo, L. (2021). Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. *Journal of Open Source Software*, 6(64), 3172. <https://doi.org/10.21105/joss.03172>
- Conrad, O., Bechtel, B., Bock, M., Dietrich, H., Fischer, E., Gerlitz, L., Wehberg, J., Wichmann, V. y Böhner, J. (2015). System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4, *Geoscientific Model Development*, 8(7), 1991-2007. <https://doi.org/10.5194/gmd-8-1991-2015>
- Davis, W. M. (1899). The geographical cycle. *Geographical Journal*, 14(5), 481-504. <https://doi.org/10.2307/1774538>
- Díaz Valdés, S. (2013). Qhapaq Ñan, Sistema Vial Andino: el desafío de su conservación en Chile en el marco de su nominación a la Lista del Patrimonio Mundial. *Intervención*, 4(8), 33-46.
- Folk, R., Andrews, P. y Lewis, D. (1970). Detrital sedimentary rock classification and nomenclature for use in New Zealand. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 13(4), 937-968. <https://doi.org/10.1080/00288306.1970.10418211>
- Francou, B., Rabatel, A., Soruco, A., Sicart, J. E., Silvestre, E. E., Ginot, P., Cáceres, B., Condom, T., Villacís, M., Ceballos, J. L., Lehmann, B., Anthelme, F., Dangles, O., Gomez, J., Favier, V., Maisincho,

- L., Jomelli, V., Vuille, M., Wagnon, P., Lejeune, Y., Ramallo, C. y Mendoza, J. (2014). *Glaciares de los Andes Tropicales víctimas del Cambio Climático*. CAN, PRAA, IRD.
- Geyh, M. A., (1967). Hannover radiocarbon measurements IV. *Radiocarbon*, 9(1), 198-217. <https://doi.org/10.1017/S0033822200000515>
- Gulácsi, A. y Kovács, F. (2015). Drought Monitoring With Spectral Indices Calculated From Modis Satellite Images In Hungary. *Journal of Environmental Geography*, 8(3-4), 11-20. <https://doi.org/10.1515/jengeo-2015-0008>
- Heine, K. (2000). Tropical South America during the Last Glacial Maximum: evidence from glacial, periglacial and fluvial records. *Quaternary International*, 72(1), 7-21. [https://doi.org/10.1016/s1040-6182\(00\)00017-3](https://doi.org/10.1016/s1040-6182(00)00017-3)
- Hyslop, J. (1992). *Qhapaq Ñan. El sistema vial incaico*. Instituto de Estudios Arqueológicos (Indea), Petróleos del Perú.
- Idrovo Urigüen, J. (2008). *Fluctuaciones del nivel del agua en la Laguna de Culebrillas, Provincia del Cañar, prospección arqueológica y propuesta para su embalse*. Cedir, Promas.
- JAXA/METI (2011). ALOS Palsar L1.5 2011. <https://asf.alaska.edu/>
- Lastres, J. B. y Cabieses, F. (1959). La trepanación del cráneo en el antiguo Perú. *Anales de la Facultad de Medicina*, 42(3), 258-320. <https://doi.org/10.15381/anales.v42i3.8756>
- Levillier, R. (1956). *Los incas*. Escuela de Estudios Hispánicos de Sevilla.
- Lugo Hubp, J. (1988). *Elementos de geomorfología aplicada (métodos cartográficos)*. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mattivi, P., Franci, F., Lambertini, A. y Bitelli, G. (2019). TWI computation: a comparison of different open source GISs. *Open Geospatial Data, Software and Standards*, 4(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s40965-019-0066-y>
- Moore, I. D., Gessler, P. E., Nielsen, G. A. y Peterson, G. A. (1993). Soil Attribute Prediction Using Terrain Analysis. *Soil Science Society of America Journal*, 57(2), 443-452. <https://doi.org/10.2136/sssaj1993.03615995005700020026x>
- Moore, I. D., Grayson, R. B. y Ladson, A. R. (1991). Digital terrain modelling: A review of hydrological, geomorphological, and biological applications. *Hydrological Processes*, 5(1), 3-30. <https://doi.org/10.1002/hyp.3360050103>
- Ortega Heras, M. J. y Atancuri Pacurucu, N. P. (2011). *Los Nuevos descubrimientos de los Asentamientos Cañaris* (Tesis de licenciatura). Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca.
- Prieto Rodríguez, M. (2011). Los patrones de asentamiento: una herramienta metodológica para la reconstrucción del pasado. *Boletín Antropológico*, 29(82), 116-131.
- Ramos, A. (2018). El desarrollo de la etnohistoria andina a través de la (re)definición de lo andino (1970-2005). *Fronteras de la Historia*, 23(2), 8-43. <https://www.doi.org/10.22380/20274688.446>
- Reindel, M. e Isla, J. (2013). Cambio climático y patrones de asentamiento en la vertiente occidental de los Andes del sur del Perú. *Diálogo Andino*, (41), 83-99.
- Riris, P. y Arroyo-Kalin, M. (2019). Widespread population decline in South America correlates with mid-Holocene climate change. *Scientific Reports*, 9(1), 6850. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43086-w>
- Short, F., Hessing Lewis, M., Prentice, C., Sanders Smith, R. Gaেকে, J y Helms, A. (2016). *Estudio de campo y protocolo para el muestreo de sedimentos de lechos de pasto marino: Columbia Británica, Washington y Oregón*. Comisión para la Cooperación Ambiental.
- Silva, P. G., Bardají, T., Roquero, E., Baena-Preysler, J., Cearreta, A., Rodríguez-Pascua, M. A., Rosas, A., Zazo, C. y Goy, J. L. (2017). El Periodo Cua-

- ternario: La Historia Geológica de la Prehistoria. *Cuaternario y Geomorfología*, 31(3-4), 113-154. <https://doi.org/10.17735/cyg.v31i3-4.55588>
- Smith, J. A., Seltzer, G. O., Farber, D. L., Rodbell, D. T. y Finkel, R. C. (2005). Early local Last Glacial Maximum in the tropical Andes. *Science*, 308(5722), 678-681. DOI: HYPERLINK “<https://doi.org/10.1126/science.1107075>” 10.1126/science.1107075
- Street-Perrott, F. A., Roberts, N. y Metcalfe, S. (1985). Geomorphic implications of late Quaternary hydrological and climatic changes in the Northern Hemisphere tropics. En I. Douglas y T. Spencer (Eds.), *Environmental Change and Tropical Geomorphology* (pp. 164-183). Allen and Unwin.
- Unesco (2021). *Qhapaq Ñan Sistema Vial Andino. Nuevos esfuerzos en favor de su conservación sostenible*. Unesco.
- de Velasco, J. (1789). *Historia del Reino de Quito en la América Meridional* (Tomo I). Casa de la Cultura Ecuatoriana.
- Vivanco Pomacanchari, C. (2015). Obras hidráulicas de etapa prehispánica en Huaccana, Chincheros – Apurímac. *Arqueología y Sociedad*, (30), 315-333.