

SOBRE EL ORIGEN DE LOS LAGOS GEMELOS DE COLÚN VALDIVIA, CHILE*

Ramiro Lagos Altamirano
ramiro.ulagos@gmail.com
Universidad de Los Lagos

RESUMEN

En el curso inferior del sistema de la hoya hidrográfica del río Colún se presenta un interesante caso geomorfológico: las llamadas lagunas gemelas de Colún. Se trata de 2 sistemas lacustres muy semejantes entre sí, que se extienden paralelamente de N a S sobre una terraza marina. El sector está localizado en las coordenadas 40°-40°6' Lat. Sur y 73°30'-73°40' Long. Oeste, en la vertiente occidental de la cordillera costera, sobre una terraza marina modelada en sedimentos pliocénicos, (estratos de Colún) donde dos esteros menores originan sendos espejos de agua, creando un paisaje de gran belleza pero de mayor interés geomorfológico. En este trabajo se trata de explicar la génesis del paisaje morfológico actual del sector y de los lagos, mediante la utilización de la carta topográfica Río Colún, de informes geológicos, de la interpretación de fotografías aéreas y satelitales, la observación y reconocimiento directo del sector. Se concluye que la tectónica de fallas y bloques que desde el Terciario Superior ha compartimentado este sector de la Cordillera de La Costa, al actuar sobre los sedimentos marinos, ha generado las condiciones para que la erosión fluvial origine a ambos lagos, que se explican entonces por el fuerte control estructural sobre la red hidrográfica y la acción erosiva de esta.

Palabras Clave: Geomorfología, lagos costeros, neotectónica, erosión fluvial.

ABSTRACT

There is an interesting geomorphological case at the low course of the river Colún basin: the so called Colún Tween Lagoons. They are two similar lacustrine systems paralelly extended at N-S course over a marine terrace. The sector is located at coordenates 40°-40°6' S. Lat. & 73°30'-73°40'W Long on the western slope of the Coastal Range, upon the marine terrace modelated on the Pliocene marine called Colún. There, two minor lakes create a beautiful water mirror landscape, with an interesting geomorphological aspect. In this survey we try to explain the actual geomorphological landscape and lakes origin, by using the río Colún topographic map, geological literaure, aerial and satellite photointerpretation, and watching and terrain surveying. We conclude that faults and blocks tectonic breaking the Coastal Range and the marine sediments since the Upper Tertiary, have given the conditions to a fluvial erosion origin for both lakes, explained then by the structural control of hidrographic net and their erosive action.

Key words: Geomorphology, coastal lakes, neotectonics, fluvial erosion

* Esta publicación nace de Ramiro Lagos y Alex Hernández, "Interacción océano-continente en el curso inferior de la cuenca del río Colún, X Región, Chile". Ponencia presentada en *VIII Congreso Internacional de Ciencias de la Tierra, Instituto Geográfico Militar*, Santiago de Chile, 18 a 22 de octubre de 2004. Allí tuvimos ocasión de recibir las sugerencias del Dr. Roland Paskoff, nuestro Profesor en la U. de Chile, en este último encuentro antes de su fallecimiento. Dedicamos este trabajo a su memoria.

Introducción

En el sector de la provincia de Valdivia situado al sur del río Chaihuín, el principal fenómeno geográfico lo constituye la Cordillera de La Costa. Se trata de un relieve de mediana altitud donde el cerro Colún, en cuyas faldas nace el río homónimo, tiene 654 msnm, mientras el C° Chaihuín con 903 m. aparece como culminante. En ella destacan amplios amesetamientos en torno a los 500m. Desde estas alturas vierten hacia el Pacífico ríos como el Colún, los esteros Hueicolla y Pichicolún, y hacia el este el río Chaihuín y los afluentes del Futa, que atraviesan gran parte de la cadena costera. Son las altas precipitaciones del sector las que permiten el escurrimiento permanente de estos cursos de agua: los datos de la Isla Teja¹ señalan 2475 mm anuales en tanto que las isohietas marcan una pluviometría de 2500 mm anuales². Esta pluviosidad es responsable de la densa presencia del bosque valdiviano costero siempreverde dominado por el Olivillo³ (*Aextoxicon punctatum*), que cubre a la cordillera costera.

Para la explicación de las formas actuales del terreno en el sector del río Colún, la estructura es fundamental. La gran entidad orográfica que es la cordillera de La Costa es un relieve estructural, corresponde al zócalo metamórfico solevantado por la tectónica de fallas del Terciario Superior, dejando hacia el Oeste un bloque hundido que corresponde a la plataforma continental, modelada en terrazas marinas. Sobre ellas se localizan 2 cuerpos lacustres conocidos como Las Lagunas Gemelas de Colun, pero atendiendo a sus características, Wladimir Steffen⁴ los clasifica como lagos. Están orientados N-S, poseen gran belleza escénica, y plantean la interrogante de su origen. Las lagunas costeras son frecuentes en Chile, asociadas a desembocaduras de ríos y a playas arenosas, originadas por la dinámica interacción río-mar-vientos. Para el sector de la costa entre Lebu y Queule existen extensos cordones litorales “encerrando a su vez a las más importantes lagunas litorales del país”.⁵ También existen otros casos de lagos un poco mayores originados en depresiones de origen tectónico, los estudios más recientes se refieren a los lagos Lleu-Lleu y Lanalhue⁶. En el caso de Colún, la génesis de los lagos parece no corresponder claramente a ninguna de estas causales, y es lo que nos ha motivado a intentar esclarecerla.

El estado de arte

El conocimiento sobre estos lagos es reciente. El primer trabajo específico conocido sobre el tema corresponde a Ramiro Lagos y Alex Hernández,⁷ donde se presenta por primera vez su origen estructural. En mayo de 2005, Wladimir Steffen⁴ informa sobre antecedentes limnológicos de ambos lagos, su fauna, calidad del agua y batimetría, concluyendo que se trata de dos pequeños lagos. Posteriormente, Fernando Zapata et al⁸ relacionan la génesis de los lagos gemelos a

¹ Patricio Montaldo, “Estudios ecológicos básicos en la provincia de Valdivia, Chile. II.- Aspectos climáticos”, *Boletín no. 3* (1966), 1-34.

² MOP Dirección General de Aguas, *Balance Hídrico de Chile* (Santiago de Chile: MOP, 1987).

³ Carlos Ramírez y Cristina San Martín, 2005. “Asociaciones vegetales de la Cordillera de La Costa de la región de Los Lagos”. En Cecilia Smith-Ramírez, Juan Armesto y Claudio Valdovinos (eds.), *Historia, Biodiversidad y Ecología de los bosques costeros de Chile* (Santiago de Chile: Ed. Universitaria, 2005), 37-59.

⁴ Wladimir Steffen, *Antecedentes limnológicos de las cuencas hidrográficas costeras de los ríos Chaihuín y Colun Xª región*. Informe inédito, Valdivia, mayo de 2005.

⁵ José Francisco Araya-Vergara, “Bases geomorfológicas para una división de las costas de Chile”. *Informaciones Geográficas XXI-XXII* (1972), 19.

⁶ María Mardones, “Contribución al conocimiento Geomorfológico de las cuencas hidrográficas de los lagos Lanalhue y Lleulleu”, *Rev. Geográfica de Chile Terra Australis*, 44 (1999), 87-106.

⁷ Ramiro Lagos & Alex Hernández, “Interacción océano-continente en el curso inferior de la cuenca del río Colún, X Región, Chile”. Ponencia presentada en *VIII Congreso Internacional de Ciencias de la Tierra, Instituto Geográfico Militar*, Santiago de Chile, 18 a 22 de octubre de 2004.

⁸ Fernando Zapata et al, “Descripción geomorfológica del sistema lacustre ‘Lagunas Gemelas’ ubicadas al interior de la Reserva Costera Valdiviana, X Región”. Ponencia presentada en *III Congreso Sociedad Chilena de Limnología*, Punta Arenas, 24 a 27 de diciembre 2006.

solevantamientos neotectónicos de tipo co-sísmico en la zona durante el Pleistoceno, y “particularmente con la independencia estructural que está en relación a la cordillera de Nahuelbuta”.

Objetivos

Considerando los antecedentes expuestos, se plantea como objetivo principal de este trabajo tratar de explicar la génesis del paisaje morfológico actual del sector y de los lagos. Objetivos específicos son: observar en terreno las geoformas, conocer los tipos de rocas donde ellas se generan, conocer la disposición de las tramas y líneas de drenaje a través del análisis de la carta topográfica e imágenes, realizar batimetría de los lagos y compararlos para analizar sus características, analizar la relación drenaje-litología para discernir posibles controles estructurales.

Materiales y métodos

El presente informe se elabora mediante la utilización de datos obtenidos de la carta topográfica Río Colún 1:50.000 (H 1), de la interpretación de fotografías aéreas vuelo OEA 1961, escala 1:50.000 (rollo 503, n° 297-98-99), imágenes satelitales georreferenciadas Image 2008 Terra Metrics, Image NASA. Image 2008 Digital Globe, 2008 Europa Technologies y la observación y reconocimiento directo del sector. La localización de puntos se realizó mediante un GPS Garmin cartográfico GPSMAP 60CSx. Los sondeos realizados en ambos lagos utilizaron un ecosonda Simrad instalado sobre una lancha zodiac. Los datos fueron procesados y graficados utilizando el software SURFER 8.0. La utilización de metodologías SIG (Arc View) sobre las imágenes georreferenciadas permitió medir los lagos. Una amplia bibliografía permitió realizar comparaciones con otros trabajos acerca de problemas semejantes.

Localización del área a estudio

El área de estudio está localizada entre las coordenadas 40°-40°6' Lat. Sur y 73°30'-73°40' Long. Oeste, UTM 614-620 / 5561-5567 km, en la provincia de Valdivia, comuna de Corral. Los lagos gemelos se sitúan en la reserva natural privada “Reserva Costera Valdiviana”, perteneciente a la organización internacional The Nature Conservancy (TNC). Forman parte del curso inferior del río Colún, cuya cuenca se inserta completamente en la vertiente occidental de la cordillera costera y sobre la franja costera cuando discurre sobre los sedimentos marinos de Colún.

Los antecedentes morfoestructurales

La Cordillera de La Costa: Como ya se ha señalado, la cordillera costera determina el paisaje geomorfológico local, por la magnitud de su relieve y los tipos de rocas aflorantes, que se deforman ante los movimientos tectónicos en conformidad a su naturaleza.

Litología: La carta geológica⁹ muestra dos grandes litotipos que dominan en el sector: en la cordillera costera afloran rocas intrusivas y metamórficas, y en la franja costera rocas sedimentarias clásticas y sedimentos de origen marino y fluvial.

La Cordillera de La Costa está formada por rocas del Complejo Metamórfico Bahía Mansa, de edad paleozoica, que incluye un conjunto de esquistos, rocas máficas-ultramáficas y milonitas. Este complejo exhibe una deformación principal y un grado de metamorfismo correspondiente a la facies de esquistos verdes, con edades comprendidas en el lapso Pérmico-Triásico.¹⁰ En la localidad de

⁹ M. Arenas et al, “Geología para el ordenamiento territorial: area Valdivia”, *Carta Geológica de Chile, serie Geología Ambiental* 8 (2004).

Chaihuín, una veintena de kilómetros al norte del área de los lagos, este basamento metamórfico está intruído por rocas graníticas del stock Chaihuín, de edad cretácica, que se extiende formando una delgada franja costera desde 39°5'3" hasta 40°00'¹¹ con una extensión NE-SW de aproximadamente 22 km y 6 km de ancho máximo.¹² En la franja costera afloran los estratos de río Colún,¹³ una "unidad sedimentaria continental-marina que aflora y se extiende adosada a la costa en los sectores de Playa Colún, Playa Chahual y Rada de las Banderas. Esta secuencia se expone particularmente bien en la zona de Playa Colún, en los acantilados costeros en donde la franja de afloramientos alcanza su parte más ancha, del orden de 2 km, con un espesor estimado de 100 m. Se presentan como gruesos bancos subhorizontales consistentes de areniscas finas de colores verdoso a pardo amarillentas, afectados localmente por fallas normales de alto ángulo y de poco desplazamiento, rasgo bastante típico de esta unidad". La formación Colún es marina, compuesta principalmente de areniscas, limolitas y arcillolitas, de disposición subhorizontal, de edad Plioceno.¹⁴

Tectónica: La historia geológica señala una serie de deformaciones debidas a tectónicas de fallas tanto extensionales como compresivas, que se escalonan desde el Oligoceno hasta el Cuaternario. La primera corresponde a una deformación frágil, durante la última gran fase orogénica que ocurrió a fines del Oligoceno o a inicios del Mioceno. Se trata de una tectónica principalmente extensional asociada a variaciones de velocidad de convergencia y del ángulo de subsidencia de la placas de Nazca y Sudamericana. Afectó principalmente a las rocas de los complejos metamórficos y las unidades mesozoicas generando estructuras de orientación predominante noroeste y norte-sur, las cuales, en su conjunto, gobernaron la apertura de cuencas sedimentarias durante el Oligoceno-Mioceno, con transgresiones marinas y sedimentación. La Cuenca Valdivia tuvo una superficie de más o menos 9.000 km², cubriendo la actual plataforma continental. Una fase compresiva¹⁵ de edad máxima Mioceno Medio a Superior produjo la reactivación de las fallas y fue la responsable de la clausura y deformación del relleno sedimentario terciario de estas cuencas.¹⁵ Por su parte, Soffia y Pincheira¹⁶ señalan que "el basamento Metamórfico del sector oriental de Valdivia presenta evidencias estructurales que permiten esbozar dos direcciones principales de compresión tectónica subhorizontal SO-NE y NO-SE, responsables de la formación de figuras de interferencia y sets ortogonales de falla y pliegues". Durante el Mioceno-Reciente, una fase compresiva de orientación SO-NE termina por alzar y exponer el Basamento Metamórfico. Hay formación de fallas normales por colapso debido a ajustes isostáticos. Pero el Basamento no permaneció inmóvil: otros autores se refieren a la implicancia de la geotectónica, señalando que en el Cuaternario, un nuevo régimen de extensión y transcurrancia originó nuevas cuencas tectónicas.¹⁷

El resultado es que la tectónica de fallas y bloques que ha solevado y compartimentado este sector de la Cordillera de La Costa se relaciona con transgresiones y regresiones marinas y la depositación de sedimentos de ese origen. Durante el Terciario Superior se produjeron transgresiones marinas que depositaron extensas capas sedimentarias tanto en la Depresión

¹⁰ Paul Duhart et al, *Estudio geológico-económico de la X región Norte*. Vol 2: Geología Regional (Santiago de Chile: SERNAGEOMIN, 1998). Informe Registrado IR-98-15.

¹¹ Jorge Muñoz et al, "The relation of the Mid Tertiary coastal magmatic belt in south central Chile to the Late Oligocene increase in plate convergent rate", *Rev. Geol.Ch.* Vol XXVII no. 2 (2000), 177-203.

¹² Jorge Muñoz et al, "The relation of the Mid Tertiary coastal magmatic belt in south central Chile to the Late Oligocene increase in plate convergent rate", *Rev. Geol.Ch.* Vol XXVII no. 2 (2000), 177-203.

¹³ Duhart et al, *Estudio geológico-económico*.

¹⁴ Paul Duhart y D. Quiroz, "Síntesis de la Evolución Geológica". Presentada en *Comunicación de la Información Geocientífica en la Región de Los Lagos*. Puerto Montt, 18 de mayo de 2006. SERNAGEOMIN

¹⁵ Muñoz et al, "The relation of the".

¹⁶ J.M.Soffia y W.Pincheira, "Implicancias tectónicas de las estructuras del basamento metamórfico de la región de Valdivia, sur de Chile", *VIII Congreso Geológico Chileno*, Actas (1997), 256-260.

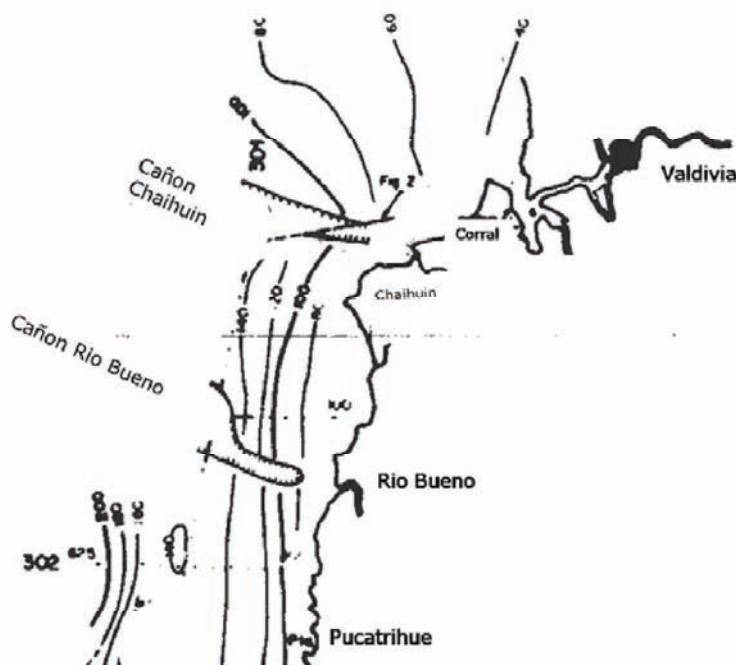
¹⁷ Duhart et al, *Estudio geológico-económico*

Intermedia (la Formación Santo Domingo) como sobre una naciente cordillera costera. En la llamada Cuenca Valdivia, en la Cordillera de La Costa, se depositaron los Estratos de Río Colún de probable edad pliocena (Ps)¹⁸ sobreyaciendo en discordancia angular y de erosión a las rocas metamórficas del Basamento. Ellos actúan como cobertera sedimentaria de la plataforma y son solidarios con las deformaciones tectónicas del basamento, factor importante en el control de la red de drenaje.

Hacia el Oeste la tectónica de fallas del Terciario Superior ha dejado un bloque hundido que corresponde a la plataforma continental, rasgo morfoestructural inseparable de la cordillera costera.

La Plataforma Continental: Carlos Mordojovich realizó varios estudios de la plataforma continental de Chile centro-sur, durante la prospección de petróleo mediante sondajes sísmicos. Señala que el área de Colún queda comprendida en el Sector Valdivia-Maullín,¹⁹ donde la plataforma es relativamente angosta (20 -25 km de ancho) (Illies²⁰ señala un ancho de 50 km). Según los levantamientos batimétricos la isóbata de 100 metros se encuentra a escasa distancia de la costa, en general a menos de 5 km, siendo la profundidad media del orden de 160 metros. La figura 1 muestra las isobatas dibujadas, correspondientes a las profundidades de 80, 100, 120 y 140 m, esta última a unos 18 km del litoral. Se observa dos profundos cañones que cortan la plataforma situada frente a Colún: el de Chaihuín (620 m de profundidad) al norte y el de Río Bueno (470m de profundidad) situado al sur.

FIGURA 1: PLATAFORMA COSTERA, SECTOR VALDIVIA-PUCATRIHUE.



Fuente: Mordojovich & Alvarez 1977

¹⁸ Pedro Crignola, "Depósitos metalíferos, anomalías geoquímicas y recursos energéticos del sector norte de la Región de Los Lagos", *Mapa de Recursos Minerales de Chile*, no. 6 (2000), 1-30.

¹⁹ Crignola, "Depósitos metalíferos".

²⁰ Henning Illies, *Geología de los alrededores de Valdivia* (Valdivia: Universidad Austral de Chile, 1970).

El mismo autor²¹ señala que el borde externo de la plataforma aparece frecuentemente sollevantado, lo que da origen a varios cordones marginales de poco relieve. Por ej, el que se encuentra entre el Río Bueno y Bahía San Pedro, de unos 50 km de largo, de rumbo NE 15°, a distancia de 18 a 25 km de la costa. Además, señala que en el borde externo de la plataforma hay evidencias claras de fallas importantes. Todo esto reviste una gran importancia estructural ya que demuestra que aún sobre la plataforma continental persisten el fallamiento y la compartimentación del continente emergido, de manera que la plataforma se comporta como una cuenca sedimentaria donde “el fondo del mar está constituido por sedimentos recientes, finos, no consolidados”.²²

Los hechos de observación nos permiten llegar a los resultados y conclusiones que se expone a continuación.

Resultados

El análisis del terreno, aquél realizado sobre la carta topográfica 1:50.000 Río Colún, en las fotografías aéreas y sobre la imagen satelital del sector costero de la cuenca del río Colún (Figura 2) permite apreciar la anomalía del drenaje expuesta por el río Colún que, tras excavar con un valle W-E la ladera occidental del horst costero, en vez de desembocar al mar con ese mismo rumbo, se desvía hacia el sur al alcanzar la planicie de la terraza marina, en el sector de contacto entre la roca dura del basamento y la más blanda de los sedimentos de Colún, diseñando su cauce una línea de escurrimiento meandrizante de rumbo predominante N-S. que sirve de límite a los dos tipos litológicos presentes en el área: al W del eje del río, la plataforma de roca sedimentaria, al E del río, la ladera de la cordillera costera modelada sobre los esquistos del Basamento. La observación de la red de drenaje permite diferenciar distintos patrones y densidades de canales, debido al control estructural del área.

Sobre el Basamento Metamórfico, el patrón de drenaje es dendrítico, con densidad media. El valle del río Chaihuín aparece fuertemente encajado con rumbo SE-NW, evidenciando el control por fallas. Asimismo, tanto el río Colún como varios de sus afluentes que recibe por el sur y por el este, fluyendo sobre el basamento como es el caso del estero Nahuelco y otros 3 sin nombre, muestran un rumbo SE- NW. Este ordenamiento del drenaje constituye entonces una clara evidencia tectónica.

Sobre la Plataforma Terciaria de rocas sedimentarias de la formación Colún se observa en cambio un patrón de drenaje paralelo, con orientación principal N-S, que ordena los drenes del sector. Estimamos que corresponde a trazas tectónicas, cuyo resultado es el confinamiento de las líneas de drenaje, el enclaustramiento de los lagos y la individualización de las colinas residuales, que los separan, en el mismo rumbo N-S. Estos relieves residuales son restos de la antigua terraza marina que separan a las cubetas de los lagos, y que al ser modelados por la erosión fluvial adoptan la forma de colinas alargadas. Aquí la densidad de drenaje es gruesa, debido a la alta permeabilidad de estas rocas, lo que además permite el desarrollo de valles encajonados y de fondo plano.

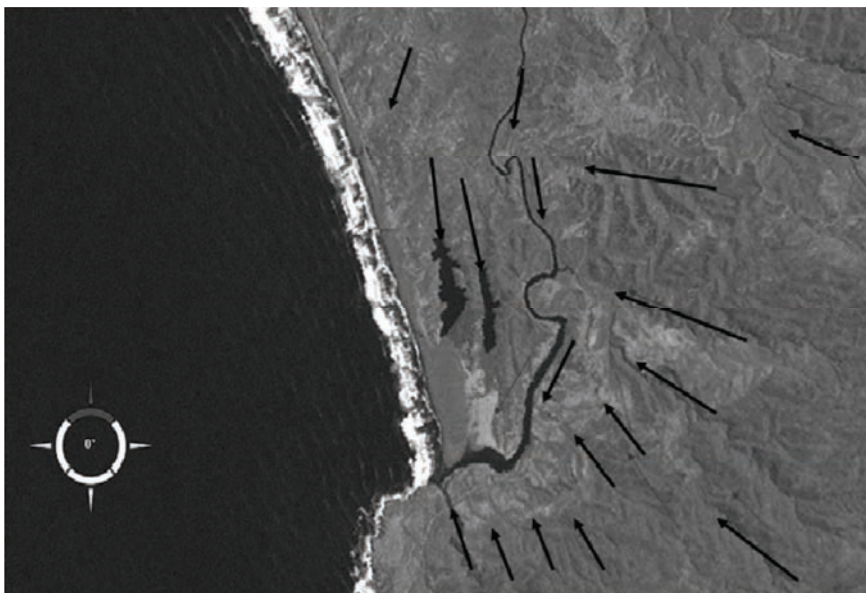
El rumbo seguido por los drenes²³ manifiesta el control ejercido por los lineamientos estructurales sobre los cursos fluviales y la adaptación de estos a estas trazas tectónicas.

²¹ Carlos Mordojovich, “Prospección petrolífera en la Plataforma Continental del Pacífico y Golfo de Ancud”, *Ingenieros*, no. 68 (1975), 51.

²² Mordojovich, “Prospección petrolífera”.

²³ Mordojovich, “Prospección petrolífera”.

FIGURA 2: IMAGEN SATELITAL DEL ÁREA DE ESTUDIO



Fuente: Image 2008 Terra Metrics, Image NASA. Image 2008 Digital Glove, 2008 Europa Technologies

La Figura 3 muestra una fotografía oblicua de ambos lagos: de Oriente a la izquierda y de Occidente a la derecha, alargados en el eje N-S, con las colinas residuales que los separan cubiertas por un denso bosque de olivillos. Permite apreciar en primer plano los espejos de agua, el bosque que cierra al de Oriente y su estero emisario, cubierto por un bosque galería que serpentea hacia el sur, dejando a su izquierda una pradera y a su derecha la duna, hasta verter sus aguas en el estuario del río Colón. En el de Occidente se observa, instalada en la ribera sur, una duna piramidal y el sistema dunario que continúa hasta el estuario, bordeado por la playa actual.

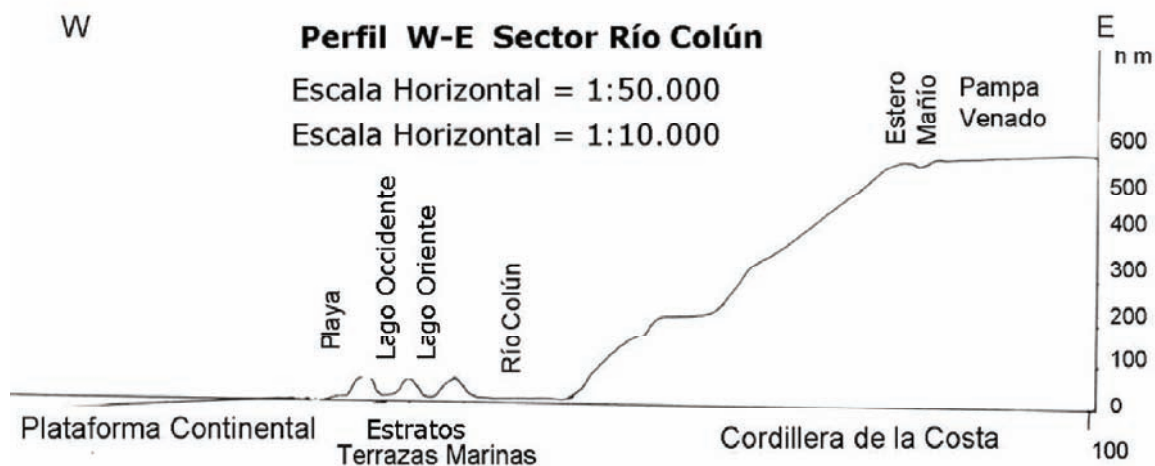
FIGURA 3.-LAGOS GEMELOS EN LA DESEMBOCADURA RÍO COLÓN



Fuente: Mark Godfrey, TNC.

El perfil W-E, (Figura 4) elaborado sobre la carta topográfica 1:50.000 muestra los valles excavados por los esteros de los lagos) y el más amplio del río Colún, dejando entre sí los cordones alargados N-S que encierran a los lagos y al valle inferior del río Colún y que son colinajes residuales de la amplia terraza marina modelada en los depósitos de Colún.

FIGURA 4.- PERFIL W-E., CARTA TOPOGRÁFICA 1:50.000



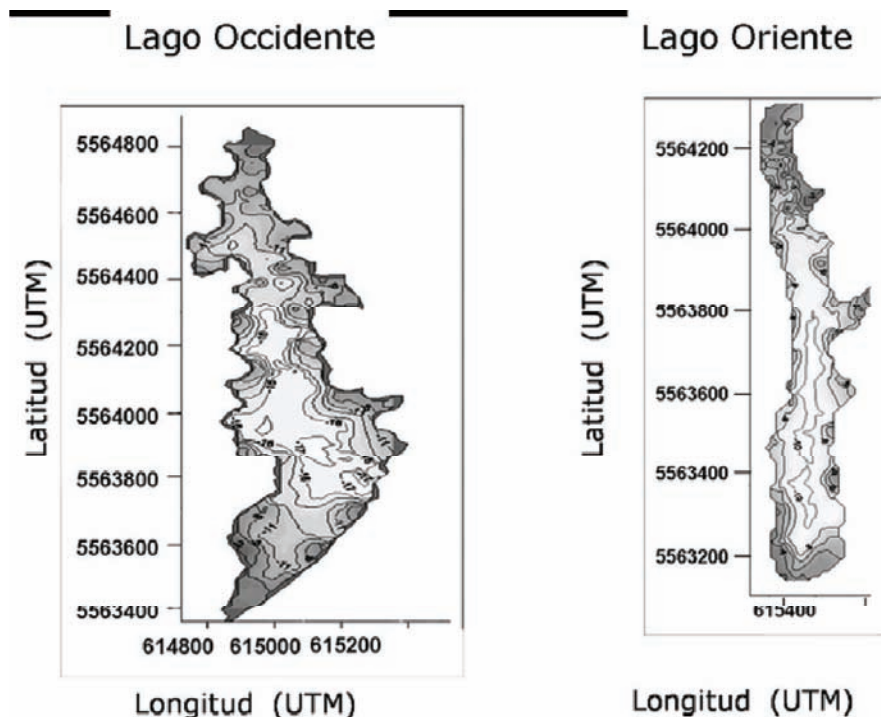
El perfil nos permite observar la existencia de niveles aplanados que se disponen en forma de franjas paralelas a la línea costera: uno más bajo, de unos 50 m de altitud y 3 km de anchura, se modela íntegramente sobre las areniscas amarillentas de los estratos Colún, está limitado al oeste por un escarpe fosilizado por dunas. La existencia de estos depósitos sobre la plataforma confirma un ambiente marino durante el mioceno-plioceno, asimismo, las formas del terreno asociadas a ellos demuestran claramente tal génesis, porque resulta claro afirmar que los aplanamientos mencionados son terrazas marinas, delimitadas al oeste por acantilados marinos muertos. El segundo aplanamiento es más alto, de 200 msnm, con unos 800-1000 m de ancho. Está delimitado al W por el río Colún, que modela su valle en las areniscas. Esta terraza de 200 m corresponde a lo que explica Wolfgang Weischet:²⁴ “en Chile Central y Norte, la terraza más alta situada alrededor de 250-400 m sobre el nivel marino actual, y a 170-200 m en el sur de Chile, es probablemente Pliocena”. En el caso de la pared rocosa al E del valle Colún, la parte más alta de este escarpe, sobre 200m, debe corresponder al acantilado del mar plioceno. Finalmente el nivel más elevado que aparece como un vasto aplanamiento en torno a los 550 m.s.n.m, debe corresponder a lo que Claude Laugenie²⁵ llama “superficie de Los Altos”, superficies somitales de aplanamiento que culminan entre 400 y 600 m.s.n.m. Corresponden a las superficies de macizos de la incipiente cordillera costera, ya individualizados por la tectónica y que no presentan en su superficie huellas de depósitos marinos.

Con el propósito de conocer más detalles acerca de las profundidades de los lagos, se realizaron sondeos siguiendo dos tracks paralelos longitudinales con rumbo S-N y una ruta transversal en “zig-zag”. Para capturar datos se utilizó un GPS Garmin cartográfico y un ecosonda Simrad instalado sobre una lancha zodiac. Los datos fueron procesados y graficados utilizando el software SURFER 8.0. La corrección de los puntos se realizó utilizando la cota geodésica IGM ubicada en Morro Gonzalo. De esta manera, se obtuvo sendos mapas batimétricos, expuestos en la Figura 5.

²⁴ Wolfgang Weischet, “Coastal terraces in Southern Chile”, en *High Stands of Quaternary Sea Level Along the Chilean Coast* (Estados Unidos de Norteamérica: INQUA, 1965), 475-430.

²⁵ Claude Laugenie, *La region des lacs, Chili Meridional* (tesis doctoral, Université Bordeaux III, Bordeaux, Francia, 1982).

FIGURA 5: MAPA BATIMÉTRICO DE LOS LAGOS



Utilizando metodologías SIG (Arc View) sobre imágenes georreferenciadas de Google Earth se obtuvo algunos de los parámetros de ambas lagunas, expuestos en la Tabla 1.-

TABLA N°1: MORFOMETRÍA DE LAS CUBETAS

	Lago de Occidente	Lago de Oriente
Largo máximo m., (N-S)	1.600	1.450
Ancho máximo, m. (W-E)	450	300
Longitud Línea de Costa, m.	4.250	3.100
Area espejo de agua, (Hás)	30	15
Altitud m.s.n.m	6.2	3.2
Profundidad máxima, m.	16.8	9.8
Criptodepresión, m.	10.6	6.6

Los datos de la Tabla 1 nos permiten comparar ambos lagos. Claramente el de Occidente es mayor que el otro. Ambos están orientados en rumbo N-S y forman parte del curso inferior de sus esteros originadores. El lago Oriente forma parte de la cuenca del río Colón, ya que su arroyo efluente vierte al estuario Colón. Considerando su poca altitud sobre el nivel del mar, cabe preguntarse si queda sujeta a las influencias de las mareas, dado que estas penetran por el río hasta unos 12-15 km tierra adentro. El lago de Occidente desagua directamente al mar, a través de una cascada de unos 2-3m que salta las areniscas de la formación Colón, (Figura 6 izquierda) por lo cual no forma parte de la cuenca del Colón. Siendo la amplitud de marea en el sector de 1,5

m queda fuera de la posibilidad de recibir aguas marinas. Wladimir Steffen,²⁶ constató que se trata de cuerpos de agua limnéticos sin influencia marina, con un régimen térmico definido como Polimíctico y con una fauna íctica restringida a especies nativas solamente. Ambos lagos ocupan cubetas que profundizan bajo el nivel del mar, por lo tanto se trata de criptodepresiones excavadas por las aguas corrientes en la terraza marina modelada en los sedimentos pliocénicos (estratos de Colón), formados por areniscas y limos compactados.



FIGURA 6:
IZQUIERDA: DESAGÜE LAGO OCCIDENTE
INFERIOR: VISTA LATERAL LAGO ORIENTE



Ambos lagos están rodeados por el bosque nativo de olivillos que se instala hasta el borde, cubriendo totalmente las orillas, ocultas por el ramaje de los árboles. En el lago occidental existe una pequeña playa de arenas eólicas que se desprenden de la duna que domina el extremo sur, pero que no contribuye a cerrarla, ya que las arenas son rápidamente arrastradas por el agua del desagüe, labrado en canal sobre la arenisca. Esta duna permite el acceso a la orilla sur, y desde ella se puede observar gran extensión del espejo de agua. El de Oriente en cambio es accesible solamente en el extremo sur, atravesando un denso rodal de bosque nativo que en la orilla toma características de manglar, con sus troncos sumergidos, que dificultan la visión y el acceso al espejo de agua (Figura 6 Inferior). El cierre de ambos lagos es un umbral de arenisca, lentamente corroído por los esteros de desagüe.

La alimentación de los lagos proviene de los esteros que las originan y de sus pequeños afluentes. Otros aportes de agua son la precipitación directa sobre el espejo de agua y por el agua de arroyada que escurre por el suelo del bosque circundante.²⁷ El bosque y las altas precipitaciones del sector, ya señaladas, permiten el escurrimiento permanente de los esteros originadores.

²⁶ Steffen, *Antecedentes limnológicos*.

²⁷ Steffen, *Antecedentes limnológicos*.

Discusión

Los orígenes de los lagos son diversos: existen lagos de sobre excavamiento glacial, (Huillinco, Cucao) lagos represados por una barrera litoral, (Budi)²⁸ eólica (Torca)²⁹ de morrena glacial (lagos Llanquihue, Puyehue, Ranco, lagos andinos en general) volcánica (lago Caburgua), lagos que ocupan cráteres y calderas volcánicas (Crater Lake) y lagos de origen tectónico, originados por hundimientos de bloques en regiones de tectónica distensiva, como es el caso de los lagos Victoria y Tanganica en África Oriental³⁰ o aquellos que ocupan cuencas generadas en etapas distensivas durante la construcción de las cadenas montañosas, como es el caso del lago Titicaca. En el sector costero del territorio centro-sur de Chile existen varios lagos o lagunas que responden a esa diversidad genética. Según Juan Brügger³¹ la laguna Vichuquén y los lagos Lleulleu y Lanalhue se originan por hundimientos tectónicos.

Numerosos son los antecedentes que demuestran actividad tectónica en el pliocuaternario a lo largo de todo Chile. Como se ha planteado al describir la geología y tectónica del sector, las fallas producidas durante la tectónica del Terciario Superior y Pleistoceno son los mecanismos de la génesis de las estructuras. María Mardones³² señala “el Mioceno aparece como punto de partida de la subsidencia de la Depresión Intermedia y, por lo tanto, de la formación de la Cordillera de La Costa como unidad morfoestructural,” y agrega que “los relieves regionales deben su volumen positivo a la tectónica de bloques Plio-Cuaternaria”. Por otra parte, Carlos Mordojovich³³ señala la presencia de fallas recientes expuestas en la plataforma submarina: “es notable una zona de fractura ubicada paralelamente en la costa frente a Puerto Saavedra. El sector cercano al continente ha descendido dejando expuesta una zona de fractura de 2 a 7 m de desplazamiento vertical. El corte es prácticamente vertical y afecta hasta los limos y fangos no consolidados del fondo del mar”. En consecuencia, las deformaciones producidas por la tectónica del terciario superior y aquellas extendidas al pliocuaternario (neotectónica) originaron formas de relieve, mientras las cubiertas sedimentarias se deformaron solidariamente con ellas.

En la región sur-austral el clima lluvioso ha permitido la permanencia de espejos de agua en las cuencas y depresiones originadas por la tectónica, formando lagos y lagunas asociadas en ocasiones a barreras originadas por acciones eólicas o marinas o bien dependiendo solamente de la importancia de las acciones fluviales o marinas.³⁴ María Mardones³⁵ señala que los lagos Lanalhue y LLeu Lleu habían sido interpretados anteriormente como lagos costeros originados por la obstrucción eólica de antiguos valles de la cordillera de Nabuelbuta y que una nueva teoría para explicar la génesis de estas cuencas lacustres dice que, para comprender la morfología y el trazado de la red hidrográfica, hay que relacionar la existencia de fracturas con movimientos co-sísmicos.

²⁸ José Stuardo, Claudio Valdovinos y Víctor Dellarossa, “Caracterización general del lago Budi: una laguna costera salobre de Chile Central”, *Ciencia y Tecnología del Mar, CONA*, no. 13 (1989), 57-69.

²⁹ Eusebio Flores, 1996. “Clasificación de las costas de Chile”, *Anales sociedad Chilena Ciencias Geográficas XVII* (1996), 29-34.

³⁰ F. Anguita, y F. Moreno, 1993. *Procesos geológicos externos y geología ambiental* (Madrid: Edit. Rueda, 1993), 311.

³¹ Juan Brügger, *Fundamentos de la Geología de Chile* (Santiago de Chile: Ed. Instituto Geográfico Militar, 1950).

³² María Mardones, “Marco geomorfológico-climático de la Cordillera de La Costa del centro-sur de Chile” en: Cecilia Smith-Ramírez, Juan Armesto y Claudio Valdovinos (eds.), *Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile* (Santiago de Chile: Edit. Universitaria, 2005), 37-59.

³³ Carlos Mordojovich, 1976. “La Plataforma continental de Chile entre Constitución y Guafo. Algunos antecedentes morfológicos y geológicos”, *Primer Congreso Geológico Chileno :k3-k22* (1976).

³⁴ Belisario Andrade y Sebastián Grau, “La laguna de Cahuil, un ejemplo de estuario estacional en Chile Central” *Revista de Geografía Norte Grande*, no. 33 (2005), 59-72.

³⁵ Mardones, “Contribución al conocimiento”.

Basándose en investigaciones realizadas por Kaizuka et al,³⁶ Mardones³⁷ llega a la conclusión que estos lagos están genéticamente relacionados con la tectónica Cuaternaria. Señala que a partir del Pleistoceno, la plataforma de Arauco habría funcionado como un área de deformación co-sísmica, fenómeno que se relacionaría con la teoría del rebote elástico por terremoto, produciéndose movimientos de emersión que estarían asociados a la ocurrencia de grandes terremotos, con recurrencia de al menos uno por siglo. Kaizuka et al³⁸ estiman desplazamientos verticales con solevantamiento de las terrazas de hasta 0,55 m por siglo en isla Mocha y de aproximadamente 0,25 m por siglo en el sector continental cercano a los lagos en referencia. Estudios de Watanabe & Karzulovic³⁹ estiman un levantamiento de 1,20 m de la plataforma de Arauco en el sector de Lebu durante el terremoto de 1960. En consecuencia, y a la luz de este modelo tectónico, señala que “las crisis de elevación tectónica sufridas por la plataforma y las terrazas, durante cada evento sísmico, serían el factor genético fundamental de la obstrucción del drenaje”.⁴⁰

Roland Paskoff⁴¹ disiente de la postura tectonicista. Refiriéndose al Norte Chico, señala que “Es tradicional en la literatura geológica chilena [...] otorgar a la tectónica pliocénica y cuaternaria un rol primordial en la evolución del relieve [...]”. Agrega que “a pesar de una sismicidad activa, no existe para Chile semiárido ningún testimonio seguro de modificaciones de la topografía ligadas a movimientos tectónicos”. Reconoce sin embargo que en la Región de los Lagos, esto sí acontece, mencionando que “se produjo una subsidencia de 1,4 a 1,6 m. como consecuencia de los terremotos de 1960, según el testimonio de Weischet,⁴² mientras Illies⁴³ informa de un hundimiento de 1,50 m en el sector cordillerano costero, y Pomar⁴⁴ estima que el río Valdivia ganó en profundidad unos 5m., porque al hundimiento se sumó el dragado de las corrientes producidas por el maremoto”. Finalmente concluye que “Las investigaciones en el dominio de las deformaciones tectónicas recientes han demostrado que su intensidad varía considerablemente en el espacio y a menudo aparecen discretas en comparación con los efectos de otros factores morfogenéticos, como los ciclos marinos y las variaciones del clima”. Concuerda con Jean Auboin et al⁴⁵ al explicar que las formas de relieve actuales se explican por las deformaciones producidas por la tectónica del terciario superior y neotectónica, retocadas por la morfogénesis Pliocuaternaria y Actual.

Conclusiones

En el caso que nos preocupa, la estructura ejerce un fuerte control sobre las formas del terreno, tanto por el tipo de litología (areniscas marinas compactas y resistentes, pero capaces de fracturarse), como por las trazas superficiales de la tectónica de fallas (escarpes de falla, fracturas y fisuras de las rocas). La estructura, cuyo efecto superficial es dirigir el rumbo del drenaje, es la causante de que los esteros originarios de los lagos quedaran entrampados en los alineamientos de fracturas N-S sobre la plataforma sedimentaria marina de Colún y excavarán los valles-cubetas que los contienen, produciendo paralelamente el alineamiento de los relieves residuales, que los

³⁶ S. Kaizuka et al, “Quaternary tectonic and recent seismic crustal movements in the Arauco Peninsula and its environs, Central Chile”, *Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University*, no. 8 (1973).

³⁷ Mardones, “Contribución al conocimiento”.

³⁸ Kaizuka et al, “Quaternary tectonic”.

³⁹ Takeo Watanabe y Juan Karzulovic, 1960. “Los movimientos sísmicos del mes de mayo de 1960 en Chile”, *Anales de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas*, Volumen XVII (1960), 43.

⁴⁰ Mardones, “Contribución al conocimiento”.

⁴¹ Roland Paskoff, *Geomorfología de Chile Semiárido* (La Serena: Universidad de La Serena, 1993).

⁴² Weischet, “Coastal terraces”.

⁴³ Illies, *Geología*, 60.

⁴⁴ José María Pomar, 1962 “Cambios en los ríos y en la morfología de la costa de Chile”, *Revista Chilena de Historia y Geografía*, no. 130 (1962), 318-356.

⁴⁵ Jean Auboin et al, “De quelques problemes geologiques et geomorphologiques des Andes”, *Rev. Geogr.Phys. et Geol. Dyn* (2), Vol XV no. 1-2 (1973), 207-216.

separan, en forma de colinas alargadas N-S. Los cambios del nivel de base, el nivel del mar, deben haber influido al establecer variaciones de la pendiente y acelerar el proceso de encajamiento de los esteros. Mientras, los hundimientos co-sísmicos tectónicos han contribuido también a incrementar la profundidad y superficie inundada.

Con todos estos antecedentes, planteamos que el origen de ambos lagos está en la erosión fluvial producida en los cursos inferiores de los esteros de cuyas cuencas forman parte, esteros a su vez regidos por la estructura: tipo de roca (areniscas) y direcciones tectónicas: fisuras o fracturas de rumbo N-S. Se trata entonces de un origen netamente estructural con modelado fluvial.

Agradecimientos: Sin la colaboración en terreno de Alex Hernández, Hardy Kuschel y Dagoberto Díaz, (Laboratorio de Suelos U. de Los Lagos), este trabajo no hubiera podido realizarse. Vayan a ellos nuestros agradecimientos, así como al personal de la Reserva Costera Valdiviana que nos apoyó logísticamente (Patricia Poveda y otros) y dio amplias facilidades para la ejecución de nuestra investigación.