

TEORIA DE LA EVOLUCION DE LOS ANDES SURAMERICANOS (+)

Por: VICTOR OPPENHEIM¹

*Artículo del Boletín de la
Sociedad Geográfica de Colombia
Número 1, Volumen IX
1951*

El primer mapa geológico de Sur América, así como las observaciones y secciones geológicas más o menos completas de distintas partes de los Andes, junto con las numerosas observaciones en el terreno durante muchos años, nos permiten una interpretación sintética de la estructura de los Andes.

Sin entrar en la descripción detallada de cada una de las numerosas cadenas andinas, el autor bosquejará e interpretará los principales elementos que componen el geosinclinal andino. Solamente las principales cordilleras serán aquí tratadas, y las cadenas secundarias serán consideradas como parte de las principales, a no ser en los casos en que los elementos secundarios representan condiciones y características típicas y distintas. El mapa de los elementos estructurales del oeste de Sur América, que acompaña el presente trabajo, demuestra gráficamente la distribución de las principales cordilleras y de los principales elementos estructurales de los Andes.

Un estudio detenido de los elementos estructurales indica que el levantamiento andino no fue causado por las clásicas fuerzas tangenciales, comprimiendo una depresión geosinclinal entre dos escudos continentales, creando de este modo una orogénesis del tipo Alpino, sino que las causas del ciclo del levantamiento andino están en los profundos movimientos magmáticos en el sima, a los cuales se debe el intenso volcanismo y la formación del gran batolito de los Andes occidentales, como también el tectonismo característico.

¹ Adaptado de "Structural Evolution of the South American Andes" por Víctor Oppenheim. American Journal of Science. Vol. 24S. March. 1947.

Escudos continentales

El cinturón orogénico de los Andes se ha desarrollado a lo largo del borde occidental de un antiguo escudo continental, que obró como "foreland" en relación con la depresión del geosinclinal del oeste de Sur América. Las áreas de escudos actualmente expuestas al este del geosinclinal son: los límites norte y oeste del 2 escudo de las Guayaráas; los límites occidentales del escudo brasileño; las Sierras de Tandil, restos aislados de una antigua área de rocas del escudo en Argentina.

Una masa continental al oeste de los Andes en el océano Pacífico, tal como podía esperarse en un geosinclinal normal de tipo Alpino, no se evidencia al oeste de los Andes. La Cordillera Costanera del sur de Chile, entre 34° Lat. S. y 45° Lat. S. que exhibe rocas consideradas por algunos autores como de edad Arqueana, puede difícilmente ser interpretada como resto de un Continente Pacífico; entre otras razones porque la verdadera edad de estas rocas nunca ha sido demostrada, y estructuralmente ellas forman parte inseparable de las cadenas granodioríticas más jóvenes de la Cordillera Costanera. Por otra parte, el "shelf" y el fondo del océano Pacífico nada indican que pudiera sugerir restos de un continente al oeste de Sur América. En todo caso, entre 10° Lat. N. y 34° Lat. S. no hay indicios de la existencia de una área continental opuesta a los escudos continentales actuales al oeste del geosinclinal andino. Al norte de los 10° Lat. S. sin embargo, la Sierra Nevada de Santa Marta y las rocas antiguas de la Guajira podrían ser interpretadas según Schuchert (2) como resto de un "borderland".

De este modo vemos que la sugestión hecha por varios autores, como Burckhardt (3), Steinmann (4), Olsson (5) y otros sobre la existencia de un Continente Pacífico al oeste de los Andes, no está basada sobre pruebas sino más bien sobre conjeturas poco fundadas.

Cuencas pre-andinas

El geosinclinal andino indudablemente ha sido una zona de debilidad continental desde el pre-Cámbrico, ya que existen en el cinturón de los Andes rocas y sedimentos que demuestran efectos de deformaciones de los ciclos diastróficos Caledónico y Hercínico. El último ciclo Terciario o Andino comenzó en el Cretácico Superior y culminó en los períodos Plioceno y Cuaternario. Durante este ciclo, el hundimiento de la depresión geosinclinal también ha afectado el borde exterior de la plataforma continental rígida al este de la depresión. Esta plataforma ha sido previamente rebajada por denudación, y en repetidas ocasiones invadida por mares transgresivos y epi-continentales. Esta plataforma pre-Andina fue la fuente principal del material plástico que constantemente rellenaba la

depresión geosinclinal al oeste.

Con el levantamiento y emersión del geosinclinal, que no tuvo lugar simultáneamente sino que se desarrolló individualmente en distintas zonas de la gran depresión, los bordes de la plataforma continental fueron también levantados en grado distinto en diversas partes del borde continental. Así se formaron grandes cuencas de sedimentación al oeste de las incipientes cadenas andinas. Estas cuencas han sido rápidamente rellenadas con grandes masas de depósitos continentales provenientes de las emergidas cadenas montañosas al oeste y que estuvieron sujetas a una intensa erosión.

A fines del ciclo orogénico andino, durante los períodos Plioceno hasta el Cuaternario, con el diastrófismo renovado y la intensa erosión que lo acompañó, las cuencas sedimentarias fueron cubiertas por una capa casi continua de sedimentos Terciarios y Cuaternarios. Estos se extienden actualmente entre las cadenas andinas y las áreas expuestas de los escudos continentales, desde el este de Venezuela hasta el este de Argentina; el espesor de estas capas varía en distintas partes de las cuencas, pero generalmente aumenta del este al oeste.

En algunas partes de la plataforma aparecen expuestas rocas antiguas que forman su basamento, sugiriendo puentes de rocas antiguas entre las cuencas. Conspicuas estrecheces en la plataforma, indicando, "puentes" (land-bridges) del basamento, ocurren acerca de 7° Lat. N. en el macizo de La Macarena en los Llanos de Colombia (6) y a cerca de 18° Lat. S. al este de Santa Cruz en Bolivia oriental. De este modo tres extensas cuencas terciarias prea-andinas pueden ser delineadas al este de los Andes, así: la cuenca de los llanos, que abarca los llanos venezolanos y los llanos del noreste de Colombia; la cuenca superior del Amazonas, que abarca los llanos sur-orientales de Colombia, el oriente del Ecuador, la Montaña del Perú con la región de los Llanos de Beni en el noreste de Bolivia, y la cuenca Chaco-Pampeana, que abarca las planicies sur-orientales de Bolivia, el Chaco paraguayo y argentino, así como las pampas argentinas. Examinando más detenidamente los contornos de estas cuencas continentales, se observa que hasta los sistemas hidrográficos actuales corresponden con estas tres grandes cuencas al este de los Andes.

La meseta patagónica constituye la parte más meridional de la plataforma continental, pero ésta no puede ser considerada como zona de cuenca de sedimentación. Esta meseta exhibe extensos derrames de rocas ígneas con solamente una pequeña y aislada cuenca sedimentaria de Magallanes. Windhausen (7) considera a toda la Patagonia como un elemento extraño al continente suramericano y más bien relacionado con el continente antártico.

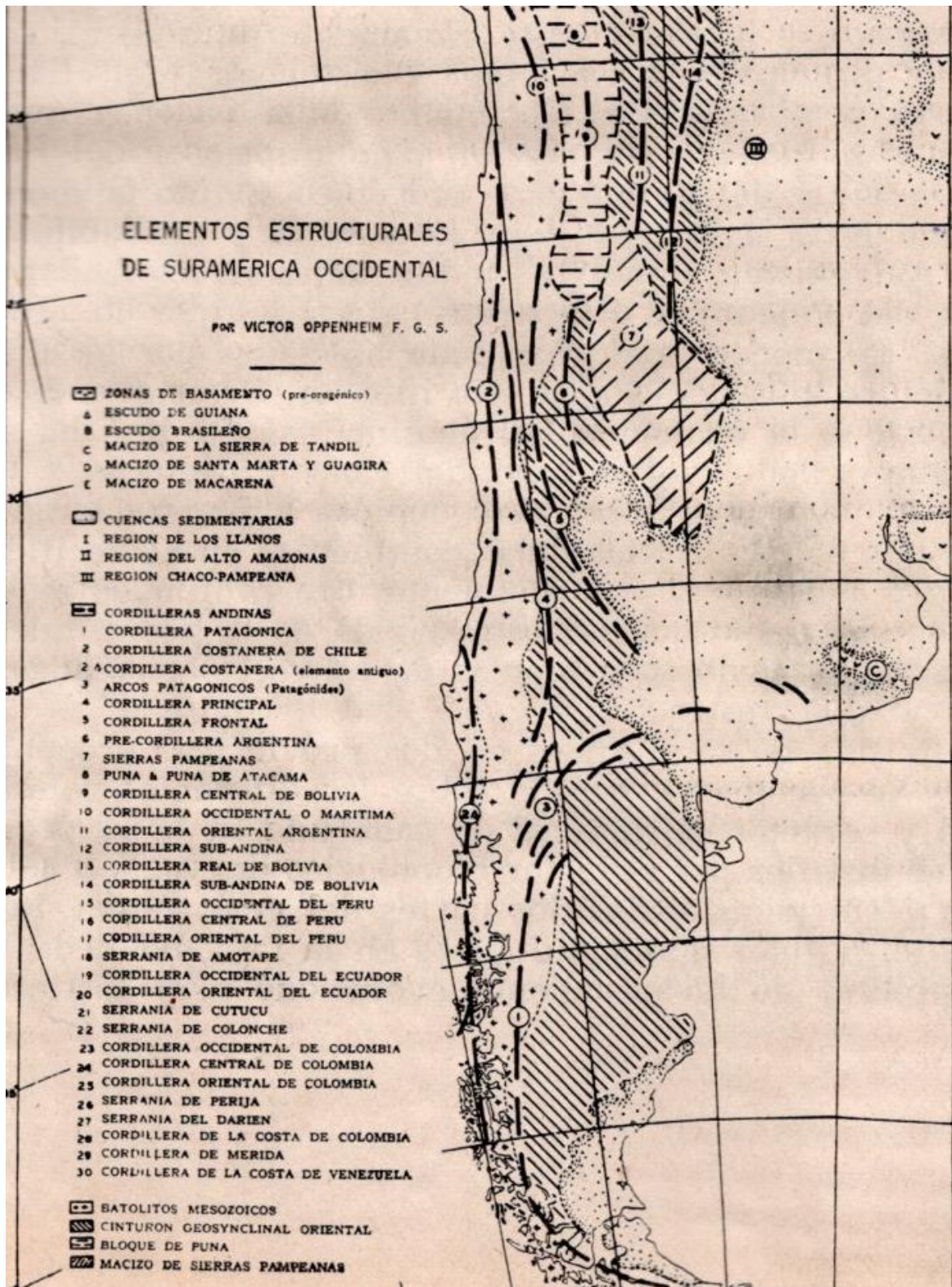
Las cadenas orogénicas andinas

Formando una de las cadenas más montañosas y más elevadas de la tierra, los Andes aparecen de una constitución compleja y heterogénea, tanto geológica como tectónicamente; sin embargo, un alineamiento sistemático de sus elementos componentes es evidente.

El estudio geológico detenido de las cadenas orogénicas andinas demuestra que éstas pueden ser divididas en dos provincias geológicas principales, a saber: la Oriental y la Occidental. Cada una de estas provincias puede ser distinguida, a lo largo del geosinclinal andino, desde el sur hacia el norte y presenta características distintas la una de la otra. Las cordilleras andinas orientales y occidentales se levantaron en períodos distintos durante el último ciclo orogénico Andino, que fue aproximadamente contemporáneo al ciclo Alpino, pero el primero se inició en el Mesozoico Superior y algo antes del ciclo Alpino. Los primeros movimientos orogénicos del ciclo Alpino tuvieron lugar en el geosinclinal Andino, en el Cretácico Superior, Senoniano. Las etapas principales del ciclo orogénico, sin embargo, tuvieron lugar a fines del período Terciario. La primera etapa en el Terciario, o la segunda del ciclo orogénico, se evidencian en el Eoceno; la segunda etapa tuvo lugar entre el Oligoceno y el Mioceno, y la tercera, la más activa, se desarrolló durante el Plioceno y el período Cuaternario. La última etapa, aparentemente no ha concluido aún, y alguna actividad orogénica todavía encuentra su expresión, en los tiempos actuales, en muchas partes de los Andes.

Durante las etapas iniciales de la orogénesis andina, transgresiones marinas cubrieron las tierras emergidas poco después de su emersión y levantamiento. Solamente durante el Terciario Superior y principalmente la etapa Pleistocénica del ciclo, el levantamiento persistente y el crecimiento de las cadenas orogénicas, no fueron afectados por submersión y hundimiento.

Mucho antes del último ciclo orogénico andino la zona de los Andes demuestra haber sido una zona móvil y de debilidad continental. Así, existen numerosas indicaciones en los Andes de formaciones del Paleozoico Superior afectadas por la orogénesis Hercínica. En menor grado han sido afectadas por el diastrofismo Caledónico rocas del Paleozoico Inferior. De este modo se puede deducir que la evolución del geosinclinal andino ha seguido una antigua periodicidad de repetidos ciclos orogénicos, y las causas de éstos no parece haber sido debidas a fuerzas tangenciales ejercidas por una hipotética masa continental en el Pacífico, pero que están relacionadas, probablemente, con profundos movimientos magmáticos debajo de la costra rígida de la tierra, tales como podrían ser producidos por fuerzas de convección, creadas por la radioactividad terrestre.



La división de los Andes en dos provincias orogénicas, la oriental y la occidental, basada sobre las diferentes composición geológica y carácter estructural de cada una de estas provincias, también se justifica por el factor cronológico del tiempo del levantamiento y emersión de las dos partes del geosinclinal, que, evidentemente, no han sido simultáneos en la faja móvil de los Andes. El proceso de levantamiento evolucionó muy distintamente e individualmente en cada una de las provincias geológicas o parte del gran geosinclinal, como lo demuestra el estudio más detenido de los elementos que componen los Andes actuales.

Cordilleras orientales y occidentales

El análisis geológico del cinturón orogénico de los Andes demuestra las diferencias radicales y permanentes en la composición de las cordilleras orientales y occidentales de los Andes.

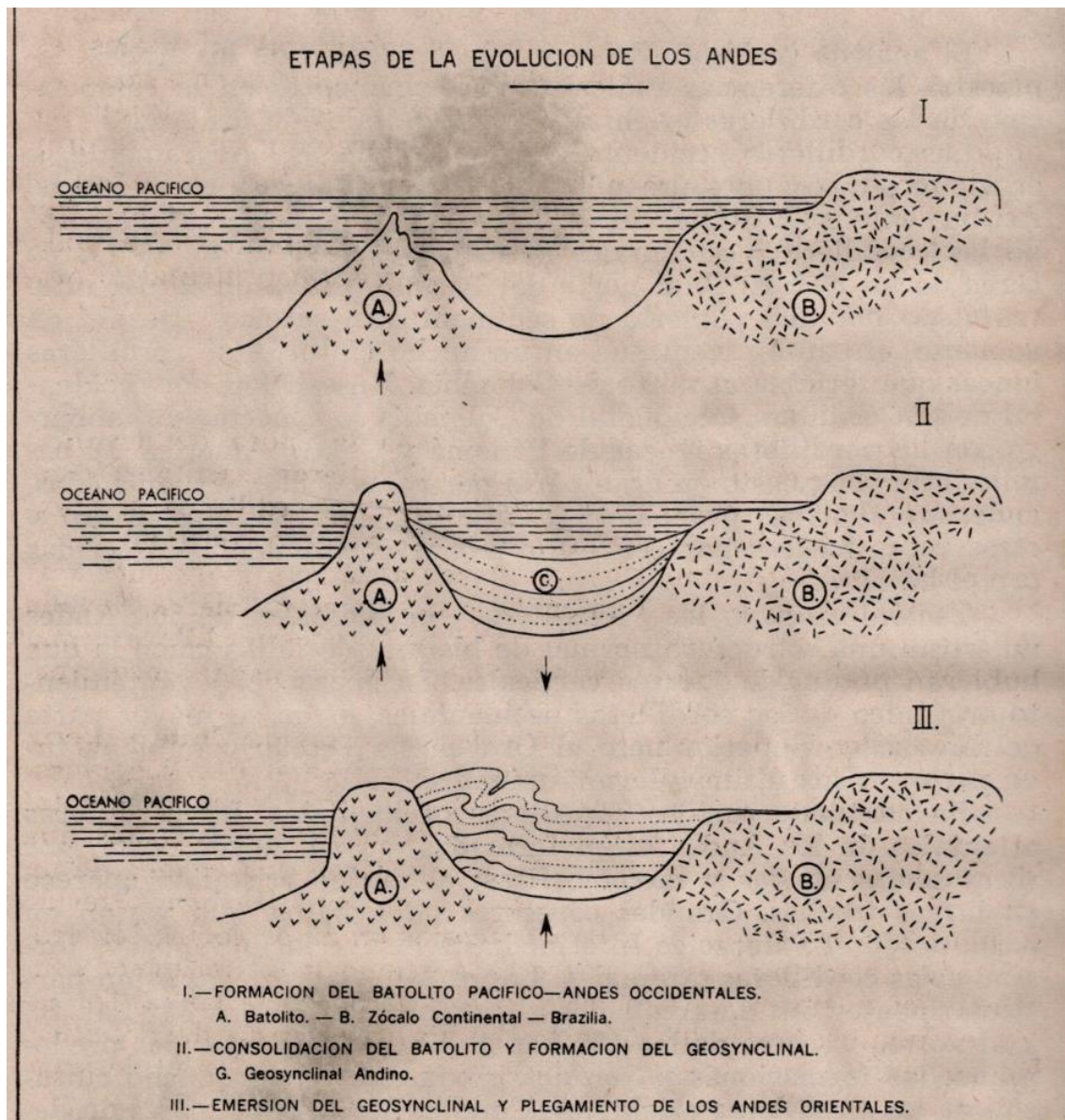
Las cordilleras occidentales están formadas íntegramente, o en algunos casos, parcialmente, por grandes masas de rocas ígneas. Así, un extenso batolito, de carácter continental, forma el núcleo de las cordilleras occidentales andinas. Solamente en un área cerca de los 6° Lat. S. al norte del Perú, este batolito está interrumpido por una cubierta de sedimentos mesozoicos. De ahí en adelante, el batolito continúa en un ancho cinturón de cordilleras ígneas que termina al norte de Colombia. Un espolón nor-occidental de la Cordillera Occidental de Colombia lo conecta, sin embargo con las cordilleras ígneas de Panamá y Centro América. El batolito está compuesto en gran parte por rocas ácidas y semi-ácidas, andesitas, dioritas, granodioritas, granitos, etc. Basaltos, gabro y otras rocas básicas parecen estar menos comúnmente asociadas con el batolito.

Tectónicamente, las cordilleras occidentales de los Andes muestran una estructura normal de bloques de fallas como la que hubieran producido fuerzas verticales. La época del levantamiento orogénico de las cordilleras occidentales, es en su mayor parte del Mesozoico Superior pero el Orogénesis Terciario también tuvo parte en sus últimos levantamientos.

En contraste con las cordilleras occidentales, las cordilleras orientales de los Andes están formadas, en su mayor parte, por rocas sedimentarias y metamórficas; el núcleo cristalino aparece en largos trechos. Grandes espesores de estratos, que varían en edad, desde el Paleozoico Inferior hasta el Terciario Superior, forman estas cordilleras orientales. Los estratos mesozoicos están particularmente bien desarrollados al sur, de cerca de los 33° Lat. S., y al norte, de cerca de los 13° Lat. S. Entre estas latitudes predominan las formaciones paleozoicas, expuestas en un ancho cinturón de las cordilleras orientales. Condiciones geosinclinales de de posición aparecen claramente bosquejadas en las

cordilleras orientales de los Andes, al norte de la mesa patagónica, en Argentina, y hasta la cordillera de la costa, de Venezuela.

Cerca de los 6° Lat. S. el geosinclinal andino oriental estuvo evidentemente conectado con el Océano Pacífico a través de la interrupción en las cordilleras andinas occidentales; una conexión marítima entre las hoyas pre-andinas y el Pacífico existió probablemente a través de dicho boquete hasta los tiempos Terciarios.



La estructura de las cordilleras orientales está también predominante y normalmente fallada y plegada; sin embargo, fallas de empuje moderadas ocurren, evidentemente, en las cordilleras más orientales, dando frente a las cuencas de los Llanos al este. Sobre escurrimientos de un tipo alpino ("nappes de charriage") de carácter regional, no se conocen en los Andes en gran escala.

La época del levantamiento de las cordilleras orientales, es, principalmente, de los fines del Terciario y del Cuaternario.

El levantamiento de las cordilleras occidentales precedió así al de las cordilleras orientales, las cuales surgieron en el cinturón orogénico andino mucho después de formado el batolito andino. La existencia de esta barrera al oeste de la depresión geosinclinal, explica el empuje hacia el este de las cordilleras andinas orientales. De esta manera el batolito actuó como barrera continental al oeste del geosinclinal.

Mecanismo de la orogénesis andina

Habiendo establecido la diferencia en la época del levantamiento y en la edad de las principales cordilleras orientales y occidentales de los Andes, hemos visto que las cordilleras occidentales han debido formar más o menos un batolito continuo desde la época Mesozoica, mientras que zonas aisladas de antiguos macizos, probablemente pre-Cámbricos, tales como la Sierra Nevada de Santa Marta, la Guajira y la parte sur de la cordillera costanera de Chile indican que las raíces del batolito pueden encontrarse sobre bases pre-Cámbricas o anteriores.

Las grandes depresiones cerca de las costas de Chile y Perú, lo mismo que los mapas batimétricos del Océano Pacífico muestran la ausencia de una masa continental en la costa occidental de Sur América, y la composición ígnea básica de las islas que distan de la costa (las Islas Galápagos), indican que la idea de un Continente Pacífico al oeste de los Andes, como lo han sugerido algunos autores -que basaron sus teorías en datos geológicos aparentemente fragmentarios— carece de evidencia. Extensiones continentales menores, sin embargo, sí existieron en la época Terciaria en algunas áreas de la costa del Pacífico (costa del Pacífico, de Colombia y del Ecuador) como puede observarse en el desarrollo estratigráfico de sus sedimentos costaneros.

En su totalidad, el delineamiento occidental del Continente no cambió mucho desde la emersión de las cordilleras occidentales de los Andes en la era del Mesozoico Superior. El fondo de las hoyas marinas, que se extendían al este del batolito en los tiempos del Mesozoico Superior, se elevó parcialmente con el levantamiento de la zona occidental del geosinclinal. Sin embargo, en la época en que culminó el

levantamiento de la zona oriental geosinclinal, el batolito occidental actuó como una barrera circum-geosinclinal; así, y debido a la compresión de los estratos del geosinclinal, entre la Cordillera Occidental y la masa continental del escudo, se formó el plegamiento de la Cordillera Oriental.

La compresión no fue causada en el geosinclinal andino porque la masa continental la comprimiera desde el oeste; por esto no hay efectos de sobre escurrimiento alpino en los Andes. La tectónica de las cordilleras occidentales es de fallas normales, mientras que la de las cordilleras orientales muestran un empuje muy moderado hacia el este, como hubiera podido ser producida por fuerzas estáticas en vez de tangenciales y dinámicas.

En otras palabras, se creó el sobre escurrimiento en las cordilleras orientales debido a que, habiendo encontrado la pared de resistencia del batolito al occidente, los estratos del geosinclinal que se levantaban, se recostaron hacia el este contra el borde bajo del escudo continental.

Esta interpretación de la evolución orogénica de los Andes, explica las diferencias de la Tectónica andina, comparada con los plegamientos contemporáneos Alpinos. También este concepto elimina la hipótesis conjetural de un Continente Pacífico septentrional y meridional al oeste de los Andes en el Pacífico, que no se necesita para explicar la orogénesis andina.

BIBLIOGRAFIA

- 1) OPPENHEIM, V.—1945.—First Generalized Geological Map of South America. Pan American Inst. Mining Eng. & Geology. U. S. Sect. Techn. Paper N° 2, New York.
- 2) SCHUCHERT, C.—1935—Historical Geology of the Antillan-Caribbean Region. John Willey & Sons. New York.
- 3) BURCKHARDT, C.—1900.—Traces geologiques d'un ancien continent pacifique. Rev. del Museo de La Plata, vol. 10.
- 4) STEINMANN, G. —1923.— Umfang, Beziehungen und Besonderheiten der andinen Geosynklinale Geolog. Rundschau, Bd. 14.
- 5) OLSSON, A. A.—1942.—Some tectonic interpretations of the geology of north-western South America. Proceedings of the Eighth American Scientific Congress. Vol. IV, Washington.
- 6) OPPENHEIM, V.—1942.— Rasgos geológicos de los Llanos de Colombia Oriental. Inst. del Museo de la Universidad de La Plata. T. VII, N° 21.
- 7) WINDHAUSEN, A—1931.—Geología Argentina. (Jacobo Peuser, Editores. Buenos Aires).

