

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN LA CUENCA DE SANTIAGO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE METALES PESADOS EN LA FRACCIÓN FINA DE SEDIMENTOS FLUVIALES

José Luis Antinao Rojas

La cuenca de Santiago posee la densidad poblacional más alta de Chile y una importante actividad económica. A pesar de esto, en ella se han realizado pocos estudios relativos a la contaminación del sistema hídrico con metales pesados. Estos pueden constituirse en un riesgo potencial para el hombre si son acumulados en los sedimentos transportados por los ríos o si ingresan directamente a la cadena trófica. El presente estudio tuvo como fin investigar la evolución geoquímica que experimentan los sedimentos de los cauces que drenan la cuenca, desde sus nacientes hasta llegar a confluir en el río Maipo, detectando eventual intervención antrópica sobre ellos.

Se realizó un muestreo sistemático de los sedimentos activos en 114 puntos a lo largo de los cauces de los ríos Maipo, Mapocho y Colina, así como en esteros y quebradas menores. Se seleccionó el material de granulometría menor a 400# ASTM y se realizó análisis químico por medio de ICP-AES de 16 elementos, principalmente metales pesados.

A partir de la línea base elaborada en este estudio, se puede concluir que los contenidos de metales se deben principalmente a aquellos derivados del sustrato rocoso de la cuenca. Usando esta línea de base, se identificaron zonas con anomalías en los distintos elementos analizados.

Anomalías naturales generadas probablemente por mineralización metálica y reforzadas en parte por actividades mineras son: estero Lampa (Tiltil), río San Francisco, Estero Arrayán y río Maipo (curso superior).

Como anomalías antrópicas se identificaron aquellas de la zona central de la cuenca, dentro de la ciudad de Santiago (Zanjón de la Aguada y río Mapocho) y las ubicadas al surponiente de la ciudad, cerca de Peñaflor y El Monte.

Las anomalías antrópicas poseen como causas fundamentales la descarga directa a los cauces de residuos líquidos que presentan elevados contenidos de metales pesados y la importante interacción de la materia orgánica con

los sedimentos que contribuye a la retención de metales pesados por parte de éstos.

Se destaca la necesidad de investigar los mecanismos de transporte e intercambio químico y la especiación de metales como cromo, plomo y cadmio tanto en la zona central de la cuenca

como en los sectores suroccidentales, dado que estos factores influyen sobre la biodisponibilidad de estos metales y por lo tanto en el riesgo potencial para el hombre.

Prof. Guía.: Sra. Sara Elgueta D.
09.03.1998

METALOGÉNESIS DE LOS CUADRÁNGULOS EL SALADO Y QUEBRADA GUAMANGA, CORDILLERA DE LA COSTA, III REGION

Sergio Gelcich Echevarria

Los cuadrángulos El Salado y Quebrada Guamanga se ubican en la Cordillera de la Costa de la Región de Atacama, entre los 26°15' y 26°45' de latitud sur y los 70° 15' y 70°30' de longitud oeste. En conjunto cubren un área de 14.000 km², en la que afloran principalmente rocas ígneas mesozoicas. En esta área se realizó un estudio geológico cuyo objetivo fue caracterizar los yacimientos metalíferos y enmarcarlos en su contexto geológico regional, de modo de comprender la evolución de los sistemas de mineralización entre el Jurásico y el Cretácico en el dominio de la Cordillera de la Costa. El área de estudio marca aproximadamente el límite septentrional de la Franja Ferrífera de la Cordillera de la Costa (FFCC) y en ella se reconoció un total de 54 depósitos que fueron caracterizados en términos de su mineralogía (mena-ganga-alteración), forma, tamaño, roca de caja y composición química de la mena.

Las rocas ígneas que afloran en el área de estudio constituyen el registro de arcos magmáticos desarrollados entre el Jurásico y el Cretácico Inferior. Estos arcos se emplazaron sobre un basamento constituido por rocas metasedimentarias de edad paleozoica superior, intruidas por cuerpos plutónicos del Triásico al Jurásico Inferior. Rocas volcánicas de la Formación La Negra constituyen el registro del arco volcánico jurásico, y están intruidas por plutones que evidencian tres eventos magmáticos discretos: plutón las Animas (160-150 Ma); plutón Cerro Moradito (140 Ma); plutones Las Tazas, Sierra Dieciocho, Sierra Aspera, Cerro Morado (130 Ma). Parte de estos plutones presentan sus bordes deformados, según fajas miloníticas que evidencian movimientos tanto en el manteo como en el rumbo y edades siempre idénticas a la de los plutones adyacentes. Deformación frágil se sobrepone al patrón dúctil, preferentemente en la mitad oriental del área

de estudio, definiendo ramas principales de la Zona de Falla de Atacama (ZFA).

La mineralización metálica reconocida en el área se asocia exclusivamente con estos sistemas de arco, en tanto, en las rocas más antiguas no se ha reconocido ningún tipo de mineralización de interés económico. Sobre la base de la edad de las rocas plutónicas y del estilo deformativo, es posible definir dos dominios metalogénicos, Oriental y Occidental, que albergan la totalidad de la mineralización de Fe y Cu-Fe-Au.

El dominio Occidental está constituido por rocas plutónicas de edad jurásica superior (plutones Las Animas y Cerro Moradito). La mineralización incluye depósitos de Fe y Cu-Fe-Au. Los depósitos de Fe son del tipo magnetita-apatita (La Suerte y Bolaco) que constituyen diques. La mineralización de Cu-Fe-Au es vetiforme y se concentra en zonas periféricas del plutón Las Animas, límite oeste del dominio (Distritos Las Animas, Quebrada Guamanga Este y Santa Rosa). Los antecedentes geocronológicos permiten inferir una rápida sucesión de los eventos magmáticos e hidrotermales, reflejada en edades similares para las rocas plutónicas, los diques de magnetita-apatita y los depósitos hidrotermales de Cu-Fe-Au.

El Dominio Oriental está constituido por rocas plutónicas del Cretácico Inferior (plutones Sierra Dieciocho, Sierra Aspera, Las Tazas y Remolino) y rocas volcánicas de la Formación La Negra. La mineralización preponderante es de Fe y Cu-Fe-Au. El rasgo fundamental del dominio es la asociación espacial de los depósitos con la ZFA. Las ro-

cas plutónicas, así como los techos volcánicos, se encuentran cortados por estructuras frágiles. Dichas estructuras, junto a la presencia generalizada de *roof pendants* volcánicos permiten concluir que el Dominio Oriental representa un nivel de exposición más somero relativo a la situación del dominio Occidental. Consecuentemente, ciertos depósitos (vetas y brechas tabulares) presentan especularita como óxido de hierro fundamental por sobre la magnetita (Sector Manto Verde, El Salado, Quebrada Saladito). No obstante, se verifica una estrecha relación espacial con depósitos de hierro macizo (magnetita-apatita). El registro geocronológico que existe en Manto Verde, permite establecer una rápida sucesión temporal entre los eventos plutónicos (131-127 Ma), deformativos (127 Ma) e hidrotermales (120 Ma) y, de este modo, asignar la mineralización a las etapas póstumas del plutonismo del Cretácico Inferior. El rol de la Zona de Falla de Atacama en la mineralización del Dominio Occidental es Inferior. El rol de la Zona de Falla de Atacama en la mineralización del Dominio Occidental es preponderante, puesto que constituyó una estructura que concentró y delimitó la actividad magmática del Cretácico Inferior y posteriormente un agente de deformación de las rocas plutónicas recién formadas, que frente al cese del magmatismo, adquirieron un comportamiento frágil. Justamente, bajo un arreglo de deformación frágil, se desarrollaron los principales depósitos del Dominio Oriental.

El desarrollo de sistemas mineralizados ricos en hierro es una característica episódica entre el Jurásico Medio y el Cretácico Inferior, asociada siempre a sistemas magmáticos de

composición intermedia. Los yacimientos de magnetita maciza corresponden, mineralógica y químicamente, al tipo magnetita-apatita y son asociables a la FFCC. La posible relación genética entre depósitos de Fe (magnetita-apatita) y Cu-Fe-Au (e.g. Manto Verde, Las Animas) avalado en

este estudio por antecedentes mineralógicos, magnéticos y químicos, otorga interesantes ribetes prospectivos a la FFCC.

Prof. Guía.: Sr. Waldo Vivallo
25.06.1998

METALOGÉNESIS DE LOS CUADRÁNGULOS COPIAPÓ CERRO CHAMONATE Y NANTOCO, III REGIÓN, CHILE

Haroldo Luis Lledó Vásquez

El área de estudio está limitada por los paralelos 27°00' y 27° 45' de latitud sur y los meridianos 70°10' y 70°30' de longitud oeste y comprende los cuadrángulos Cerro Chamonate, Copiapó y Nantoco, en la III Región. El objetivo del presente trabajo es proponer un modelo metalogénico que explique las variaciones en los estilos y tipos de mineralización, presentes en las rocas del Cretácico Inferior de la zona de Copiapó.

En el área de estudio, afloran rocas volcánicas pertenecientes a la unidad informal Lavas y Brechas de Sierra Indiana, rocas sedimentarias marinas y volcánicas asignadas al Grupo Chañarcillo, constituido por las formaciones Punta del Cobre, Abundancia, Nantoco, Totoralillo y Pabellón de edad neocomiana, y rocas volcánicas y sedimentarias continentales de la Formación Cerrillos del Cretácico Supe-

rior. Estas rocas están intruidas en su sector occidental por plutones de 134 a 103 Ma, a los cuales se asocia una extensa aureola de metamorfismo de contacto.

Las rocas volcánicas del área de estudio, representan la intensa actividad magmática iniciada durante el Jurásico y que se mantuvo de manera continua hasta el Jurásico Superior-Cretácico Inferior (Formación Punta del Cobre y Lavas y Brechas de Sierra Indiana). Dentro de este ambiente, esencialmente volcánico, es posible diferenciar dos dominios: uno de carácter continental, subaéreo, representado por las Lavas y Brechas de Sierra Indiana, y otro submarino, correspondiente a la Formación Punta del Cobre. En el ambiente volcánico subaéreo se desarrollaron los principales yacimientos de Fe del área (Cerro Imán, Adrianitas y Cerro Negro Norte), los cuales son

del tipo magnetita-apatita. En base a sus características mineralógicas, texturales y geoquímicas, estos depósitos son interpretados como formados a partir del emplazamiento de magmas de Fe-P. Asociados a estos magmas de mena ocurre una intensa actividad hidrotermal y la formación de yacimientos vetiformes mesotermales de Au-Cu-Fe.

El yacimiento más importante del área de estudio es la mina la Candelaria, la cual está constituida por cuerpos estratiformes y stockworks de Cu-(Au, Fe) emplazados en rocas volcánicas de la Formación Punta del Cobre. La Formación Punta del Cobre representa la actividad volcánica submarina que marca el inicio del desarrollo de una cuenca de trasarco, a la cual se asocia mineralización de Cu-(Au, Fe) y Fe en los distritos mineros Punta del Cobre y Las Pintadas. Dicha mineralización está constituida por depósitos estratiformes, vetas, stockworks y chimeneas de brechas de Cu-(Au, Fe), que se restringen a la parte basal y media de la Formación Punta del Cobre y por cuerpos estratiformes de Fe alojados en la Formación Abundancia. Ambos tipos de depósitos serían singenéticos del tipo óxidos volcanogénicos de Fe-sulfuros de Cu.

El desarrollo de la cuenca marina de tras arco evolucionó desde un evento netamente volcánico con depósitos de lavas y formación de domos dacíticos submarinos hacia uno predominantemente sedimentario, representado por las rocas calcáreas del Grupo Chañarillo. Además, esta cuenca marina neocomiana presenta cambios de facies laterales, que indican una somerización y estrangulamiento en su parte norte y

profundización hacia el sur. Esta evolución y características morfológicas de la cuenca se reflejan también, en los cambios de estilos de la mineralización contenida en las rocas volcánicas de la Formación Punta del Cobre y en su transición hacia las facies sedimentarias, con depósitos de sulfuros macizos (mina Farola) y óxidos de hierro (magnetita) esteratiformes (mina Manolete) en la parte sur, tipo veta, estratiforme y chimeneas de brecha en la parte central (Distrito Punta del Cobre), depósitos estratoligados con mineralización diseminada de Cu-(Au) (minas Providencia y Teresita) hacia zonas más someras del sector norte, y vetas de Mn (mina Pirolusita) en el sector próximo a la paleolínea de costa, en el extremo norte.

La evolución del arco magmático del Cretácico Inferior continuó con el emplazamiento de plutones de 134 a 103 Ma que intruyeron a las unidades basales del Grupo Chañarillo, originando una extensa aureola de metamorfismo de contacto. A este metamorfismo de contacto se asocian yacimientos vetiformes de Cu-(Au) con ganga de granate (Distrito Ojancos Nuevos) alojados en plutones de 119 a 116 Ma. Asociados a estos plutones se encuentran los yacimientos de Fe, de probable origen magmático, del distrito San Vicente-Viñitas albergados por ellos, los cuales posteriormente fueron deformados por una de las ramas de la falla de Atacama (milonitas de la falla El Encierro). Se asociarían también a estos plutones una parte de la mineralización y la alteración potásica de 115 Ma presentes en el distrito minero Punta del Cobre, los cuales, se superponen a la mineralización singenética original.

Cercano a la colmatación de la cuenca marina neocomiana y previo a la depositación de la Formación Cerrillos, se desarrolla una actividad volcánica a subvolcánica, representada por un filón manto andesítico (“Andesitas Intrusivas”) y pequeños stocks y filones manto de composición dacítica a riolítica. Las rocas andesíticas están afectadas por metamorfismo de muy bajo grado, y contienen yacimientos diseminados y vetiformes de Cu-(Au) (minas Pasaje Freire y Mantos Gloria), los cuales estarían ligados genéticamente a dicho cuerpo andesítico y/o al metamorfismo de muy bajo grado. Los pequeños stocks y pórfidos riódacíticos que cortan a las rocas calcáreas del Grupo Chañarcillo, presentan localmente metamorfismo de contacto y mineralización de tipo skarn de Cu-Au (Ag) (mina Bonete). Mientras que los filones manto riódacíticos tienen asociados yacimientos epitermales de Au y Ag-Au (mina Tres Amantes).

La depositación de rocas volcánicas y sedimentarias continentales dispuestas en concordancia sobre el Grupo Chañarcillo, asignadas a la Formación Cerrillos (Albiano-Santoniano), marcan el inicio del volcanismo continental. Asociados a este evento volcánico, se observa en el sector occidental del área estudiada, una gran cantidad de diques y cuerpos subvolcánicos lamprofídicos y andesíticos de 101-90 Ma que cortan a los cuerpos plutónicos, que representarían a una parte de los ductos alimentadores del volcanismo. Estos diques y cuerpos subvolcánicos andesíticos a lamprofídicos tendrían asociada mineralización vetiforme, mesotermal, de Cu-Au (distritos Jesús María y Galleguillos) y yacimientos vetiformes de Fe y Au-Cu-Fe.

Prof. Guía.: Sr. Waldo Vivallo
23.10.1998

COMPORTAMIENTO Y ORIGEN DEL ORO DETRÍTICO A LO LARGO DE UNA FRANJA EN LA CORDILLERA DE LA COSTA Y DEPRESIÓN CENTRAL ENTRE EL RÍO LLICO Y EL CANAL DE CHACAO, X REGIÓN

Alexandro Esteban Ordoñez Barros

En este trabajo se exponen los resultados de un estudio sobre el oro detrítico contenido principalmente en sedimentos fluviales, litorales y de origen glacial, en una franja este-oeste ubi-

cada aproximadamente a la latitud de Puerto Varas y Puerto Montt, X Región, Chile, y que comprende la Cordillera de la Costa y la Depresión Central. El estudio está basado en el análisis

morfoscópico de los granos de oro detrítico, su composición química y la fracción de minerales pesados que acompaña a las partículas de oro en el sedimento.

El objetivo principal del estudio es determinar el grado de transporte del oro detrítico y su probable relación con los eventos glaciales que han afectado la zona.

La Cordillera de la Costa está constituida principalmente por rocas metamórficas de edad paleozoica, sobre las cuales se disponen discordantemente rocas sedimentarias terciarias y, en su vertiente oriental, depósitos glaciales del Pleistoceno Inferior-Medio. La Depresión Central corresponde a una cuenca rellena por depósitos sedimentarios terciarios y cubierta totalmente por depósitos de origen glacial de edad pleistocena, mientras que en su margen occidental presenta depósitos sedimentarios litorales actuales. Las acumulaciones de sedimentos glaciales son el resultado de cuatro glaciaciones sucesivas denominadas, en orden decreciente de edad, Caracol, Río Llico, Santa María y Llanquihue.

En la Cordillera de la Costa se muestrearon sedimentos de terrazas y acarreo fluviales, de depósitos glaciales antiguos y, en menor medida, de depósitos litorales y sedimentos cuaternarios indiferenciados. En la Depresión Central, el muestreo se realizó principalmente en los sedimentos glaciales más jóvenes y en depósitos litorales actuales; además, de manera subordinada, se muestrearon terrazas fluviales y depósitos glaciales antiguos.

En la Cordillera de la Costa, el oro detrítico se encuentra concentrado principalmente en sedimentos de terrazas fluviales ubicados en su ladera oriental, mientras que en la Depresión Central se concentra básicamente en depósitos litorales del sector Carelmapu. Por otro lado, los depósitos de origen glacial poseen un bajo contenido de oro.

Las características morfoscópicas de los granos de oro, tales como partículas con forma de escamas, con contornos regulares y bordes levantados o retorcidos, con revestimientos de arcillas y/u óxidos de hierro, y el alto índice de aplastamiento promedio, cercano a 14, reflejan el alto grado de transporte sufrido por éstos. Además, las partículas de la Depresión Central se caracterizan por presentar dos poblaciones de alto índice de aplastamiento.

La composición química de los granos de oro revela la presencia aureolas periféricas enriquecidas en oro con respecto a los núcleos, lo que refleja su larga permanencia en el ambiente supérgeno. Por otro lado, las características químicas de los núcleos de las partículas indica que el oro, en general, es de alta fineza (>800 ‰); además, permiten separar dos poblaciones: una de mayor fineza (>880 ‰), asociada a partículas de las Cordillera de la Costa y a partículas de alto grado de transporte en depósitos glaciales antiguos y litorales en la Depresión Central; y otra de fineza menor (<850 ‰) asociada principalmente a partículas de los depósitos glaciales más recientes en la Depresión Central. Además, la alta fineza de los granos de oro sugiere a yacimientos epidermales tipo sulfato-ácido alojados en rocas andesíticas como una potencial fuente

primaria para el oro, aunque fuentes de otro tipo no pueden ser descartadas.

El estudio de la fracción de minerales pesados indica que el aporte principal de los sedimentos, tanto para los depósitos glaciales de la Depresión Central como las terrazas fluviales de la ladera oriental de la Cordillera de la Costa, está relacionado a rocas ígneas ácidas y básicas de la Cordillera de los Andes, de tal modo que los sedimentos de estas terrazas fluviales representan el retrabajo fluvial de los depósitos glaciales antiguos distribuidos en aquella ladera.

En base a lo anterior, en el área de estudio se reconocen dos eventos de erosión y transporte para el oro detrítico, asociados a las distintas glaciaciones que afectaron la zona (glaciaciones Caracol, Río Llico, Santa María y Llanquihue). El primer evento Caracol-Río Llico (Pleistoceno Inferior-Medio) fue el responsable de la erosión y transporte de la mayor parte del oro detrítico presente en la Cordillera de la Costa y se relaciona a una fuente primaria de alta fineza ubicada en la Cordillera de los Andes y a una posterior reconcentración fluvial del oro contenido en los sedimentos glaciales más antiguos que llegaron hasta la ladera oriental de aquella cordillera. El oro detrítico de la Depresión Central tiene una evolución más compleja, ya que mediante el retrabajo de los sedi-

mentos glaciales más antiguos se produjo una mezcla de granos de oro (de alta fineza y alto grado de transporte) aportados por el segundo evento Santa María-Llanquihue (Pleistoceno Medio-Superior), que pudo haber erosionado una fuente distinta, de menor fineza, o erosionado niveles más profundos de los mismos depósitos. Esta mezcla se refleja claramente en las dos poblaciones de índice de aplastamiento de las partículas de la Depresión Central, sobre todo en el oro detrítico de los depósitos litorales de Carelmapu, el cual fue reconcentrado por la acción del mar a partir del oro contenido en los sedimentos glaciales depositados originalmente en el área costera. De este modo, los depósitos litorales representan la última etapa de una cadena de procesos de erosión y transporte del oro detrítico relacionados con las glaciaciones que afectaron la zona. Por lo tanto, si consideramos una fuente primaria en la Cordillera de los Andes, el oro detrítico tiene un transporte máximo de 80-100 km. Así, lo anterior indica que en esta parte de la X Región el agente glacial, si bien no es un gran concentrador de partículas de oro, es muy importante como agente de erosión y transporte.

Prof. Guía.: Sr. Waldo Vivallo

Sr. Gérard Hérial

14.10.1998

EVOLUCIÓN TECTONOSEDIMENTARIA POST-OLIGOCÉNICA DEL BORDE OCCIDENTAL DEL ALTIPLANO, ENTRE TIGNÁMAR Y EL SALAR DE SURIRE, I REGIÓN, CHILE

Rodrigo Riquelme Salazar

El área de estudio se ubica en el borde occidental del Altiplano, que a esta latitud lo compone un cordón montañoso de orientación NNW-SSE, el cual posee un ancho medio de 25 km, con cumbres que superan los 5000 m.s.n.m (Cordón Orcutunco).

La Formación Lupica corresponde a la unidad más antigua expuesta en el área de estudio. Se compone de volcanitas y sedimentitas depositadas durante el Oligoceno Superior-Mioceno Inferior en un régimen tectónico extensional. Sus asociaciones de facies poseen una distribución controlada morfoestructuralmente.

Una primera asociación de facies, cuyos afloramientos se restringen al cordón Orcutunco, se compone de lavas y brechas andesíticas con intercalaciones piroclásticas y sedimentarias (24.7 ± 0.8 Ma). Esta serie representa depositación volcánica y sedimentaria proximal a aparatos volcánicos.

Al este del cordón, Orcutunco la Formación Lupica esta representada por dos series. Una serie inferior exclusivamente piroclástica (21.7 ± 0.8 Ma) y una serie superior compuesta de areniscas, calizas y lutitas. Ambas representan, respectivamente,

depositación volcánica y sedimentaria distal a aparatos volcánicos. Al oeste del cordón, siempre durante el Mioceno Inferior, se depositan en partes distales a aparatos volcánicos, los potentes flujos piroclásticos de la Formación Oxaya.

Con posterioridad a la depositación de la Formación Lupica la tectónica extensiva se invierte, dando paso a una deformación compresiva que permite el alzamiento en bloque del cordón Orcutunco. Por la ladera oeste, la actividad de un cabalgamiento de vergencia oeste (Falla Belén-Tignámar) es responsable de la generación de los depósitos sintectónicos de la Formación Joracane (Mioceno Inferior-Medio). Por la ladera este, la actividad de un cabalgamiento de vergencia este (Falla Jaropilla) pone en contacto tectónico las facies proximales con las facies distales de la Formación Lupica. Asociado a la actividad de este frente de deformación de vergencia este, se depositan en discordancia progresiva simple los Estratos del Cerro Chucal. Esta última unidad corresponde a una secuencia grano y estratocreciente depositada con geometría de offlap rotatorio, indicando que la tasa de deformación superaba a la tasa de depositación en el frente de deformación activo.

En el Mioceno Superior se deposita una serie piroclástica con intercalaciones sedimentarias gruesas denominadas Estratos de la Quebrada Macusa (9.6 ± 0.7 Ma). La depositación en discordancia progresiva simple con geometría de onlap rotatorio, que expone esta unidad al este del cordón montañoso, indica condiciones para un frente de deformación activo de vergencia este, en las cuales la tasa de deformación era superada por la tasa de sedimentación. Tales condiciones habrían sido favorecidas por la actividad piroclástica y, probablemente, por la morfogénesis producto del simultáneo emplazamiento del Estratovolcán Anocarire (10.4 ± 0.7 Ma).

En la ladera oeste del cordón Orcutunco, el plegamiento de los Estratos de la Quebrada Macusa genera durante el Mioceno Superior, un frente de deformación de vergencia este, el que induce la depositación en discordancia progresiva de abanicos aluviales adosados la frente. Este origina los depósitos de la unidad inferior de la

Formación Umirpa. Estos depósitos aluviales, ante una tasa de deformación que paulatinamente es superada por la tasa de depositación, terminan por colmatar el frente de deformación. Contemporáneamente se genera, 30 km al oeste, la Flexura Oxaya, importante rasgo fisiográfico de la actual precordillera.

Con posterioridad a este último evento deformativo la quiescencia tectónica permite la agradación de los sistemas fluviales, la que se ve representada en los niveles superiores de la Formación Umirpa. Esta serie se muestra levemente deformada, indicando un pequeño evento deformativo con posterioridad a su depositación. Finalmente, al este del cordón montañoso, la cuenca generada por la historia deformativa previa se rellena con tobas y sedimentitas de la mio-pliocénica Formación Lauca.

Prof. Guía.: Sr. Gérard Héraud
19.03.1998