

LAS RELACIONES DE LOS SISTEMAS JURASICO Y CRE
TACICO EN LA ZONA PREANDINA DEL NORTE DE CHILE

Guillermo Chong Díaz
Departamento de Geología, Universidad del Norte
Casilla 1280, Antofagasta, Chile.

R E S U M E N

En Sierra de Candeleros (25º 23' sur - 69º 22' oeste), región preandina del Norte de Chile, se estudian las relaciones entre los Sistemas Jurásico y Cretácico. Los primeros estudios se traducen en una serie de nuevos antecedentes para el conocimiento de la Cuenca Andina. Algunos de los más interesantes son:

- El paso gradual, entre facies marinas, del Jurásico Superior al Cretácico Inferior;

- Presencia de la cuenca marina neocomiana en la zona preandina de Antofagasta;

- El engranaje entre las facies marinas y continentales del Cretácico Inferior;

- El contacto, aparentemente normal, entre las secuencias marinas del Neocomiano y las volcánicas del Cretácico Superior;

- El hallazgo de novedosa fauna y flora en las diferentes secuencias marino-continentales estudiadas. Lo más interesante es la presencia de restos de un reptil volador (Pterodactyloidea) asignado a Pterodaustro quinzui BONAPARTE del Neojurásico del Norte de Argentina.

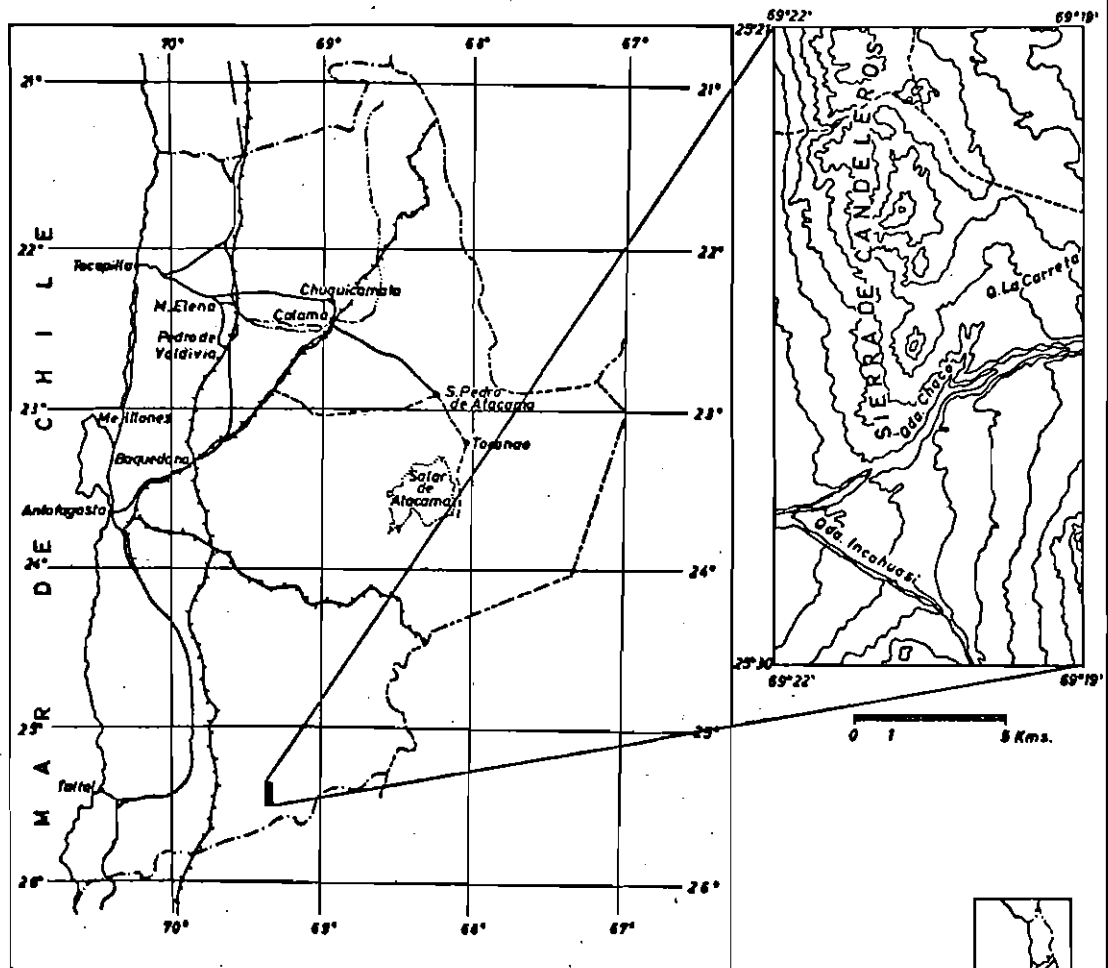
INTRODUCCION

En la región preandina de la parte sur de la provincia de Antofagasta, en Sierra de Candeleros de la Cordillera de Domeyko (25º 23' sur - 69º 22' oeste) se ha reconocido una potente secuencia marino-continental, en partes lagunar, con abundantes intercalaciones volcánicas. Sus características litológicas, estratigráficas y paleontológicas, permiten asignarle una edad jurásica superior a cretácica inferior.

Esta unidad litoestratigráfica, además de su interés geológico, incluye variadas posibilidades potenciales en recursos económicos de cobre, menas de polimetálicos y no-metálicos.

Los afloramientos mejor expuestos se ubican en las quebradas La Carreta y El Chaco (fig. 1), especialmente en la confluencia de ambas. El conocimiento de esta serie, descrita preliminarmente como formación La Carreta (Chong, 1974), permite obtener importante información estratigráfica, paleontológica y paleogeográfica. Estos antecedentes completan un esquema histórico-estratigráfico de la Cuenca Andina, es una región de la cual no se conocían rocas marinas del Neocomiano. Este interés se complementa, desde el punto de vista paleontológico, debido a novedosos hallazgos de vegetales fósiles que corresponden a troncos, hojas, "estructuras fértiles" o flores y una apreciable cantidad de peces semionótidos. Sin embargo, lo más interesante, es la recolección de restos de un reptil volador (Pterodactiloidea), uno de los escasos hallazgos de este tipo en Sudamérica.

El estudio de detalle de esta unidad se ha iniciado en el curso de 1976.



ESCALA
0 50 100 Kms

N

CROQUIS DE UBICACION DEL AREA RECONOCIDA

Fig:1

Dib: R. Muñoz B.

ANTECEDENTES GEOLOGICOS REGIONALES

En el sector de la Cordillera de Domeyko, entre 24° 00' - 27° 00' sur, que incluye la Sierra de Candeleros, las rocas volcánicas cenozoicas y sedimentarias marinas, continentales y volcánicas mesozoicas tienen una amplia distribución areal y vertical. Considerando un esquema muy simplificado puede definirse un basamento paleozoico-triásico, principalmente intrusivo volcánico, sobre el cual se disponen, en discordancia angular, las rocas jurásicas marinas. El Jurásico marino incluye capítulos volcánicos en el Lias basal, Bajociano, Caloviano y Kimmeridgiano-Titoniano (?). En el Oxfordiano superior-Kimmeridgiano se intercalan secuencias evaporíticas y continentales del tipo sedimentos rojos. En localidades como la que se describe en este trabajo se puede tener un paso gradual de las series marino-continentales del Jurásico a otras facies similares del Cretácico Inferior. Sin embargo, por lo general, las rocas marinas jurásicas se disponen, en discordancia angular, debajo de las series clasto-volcánicas del Cretácico Inferior y Terciario. El Jurásico marino incluye los afloramientos mejor documentados paleontológicamente en Chile. En su fauna existe gran cantidad de amonites que permiten establecer una completa columna biostratigráfica que va desde el Hettangiano inferior al Oxfordiano superior (Hillebrandt, 1972, 1973; Chong, 1973). Para la parte más alta del Oxfordiano y parte del Kimmeridgiano se reconoce una secuencia de evaporitas (anhidrita y yeso), que localmente pueden superar los 200 m. Siguen series marinas con intercalaciones de arenis cas rojas que gradan a facies netamente continentales. Las manifestaciones volcánicas se hacen más frecuentes en la parte alta del Jurásico y tienen amplia distribución en el Cretácico Inferior.

El Cretácico Superior está representado por rocas clásticas y volcánicas, posiblemente calco-alcalinas, con un amplio dominio de las facies volcánicas litoestratigráficas. (Formación Augusta Victoria, sensu García, 1967). Al Terciario corresponden rocas volcánicas ácidas y, en forma muy subordinada, clásticas continentales. Sedimentos continentales de ambientes desérticos y depósitos salinos corresponden al Cuaternario.

Se reconocen fases diastróficas compresivas en el Precámbrico (Frutos, com. personal), Silúrico, Devónico, Carbonífero, Lias, Jurásico Superior, Cretácico Superior, Terciario Inferior y Medio. Asociadas a estas fases tectónicas se producen diferentes ciclos intrusivos plutónicos.

La secuencia de Sierra de Candeleros corresponde a los niveles más altos del Jurásico y a la parte basal del Cretácico. La componen rocas sedimentarias marinas, de ambientes mixtos tipo lagunar, sedimentarias continentales e intercalaciones volcánicas andesíticas. La litología corresponde a areniscas, brechas, conglomerados y, en menor proporción, limolitas y otras rocas de grano fino. Incluyen numerosas estructuras sedimentarias, entre las cuales "ripple marks", estratificación cruzada, agrietamientos poligonales en partes del tipo grietas de barro, gotas de lluvia y estructuras biogenéticas.

LAS ROCAS DEL JURASICO Y CRETACICO EN SIERRA DE CANDELEROS

Chong (1974) había propuesto al nuevo nombre de formación La Carreta para una secuencia clástico-volcánico cons-

tituida principalmente por areniscas rojas cuyos mejores afloramientos se encuentran en la quebrada homónima. En el citado trabajo se admite que los antecedentes deben completarse, y que: "... Posteriormente, cuando el esquema estratigráfico regional sea mejor conocido y ampliado, este nombre estará sujeto a los cambios que sean necesarios, incluyendo su eliminación". Esta observación ha sido confirmada a través de varios nuevos antecedentes, en forma especial al ampliar parcialmente el reconocimiento hacia el oeste y norte de quebrada La Carreta, en Sierra de Candeleros. En este lugar la columna estratigráfica, en líneas generales, es la siguiente (fig. 2).

Terciario Superior : Tobas riolíticas, en parte ignimbáticas, intercalaciones cineríticas. Formación Riolítica sen-su Brüggén, (1950).
(Mioceno ?)

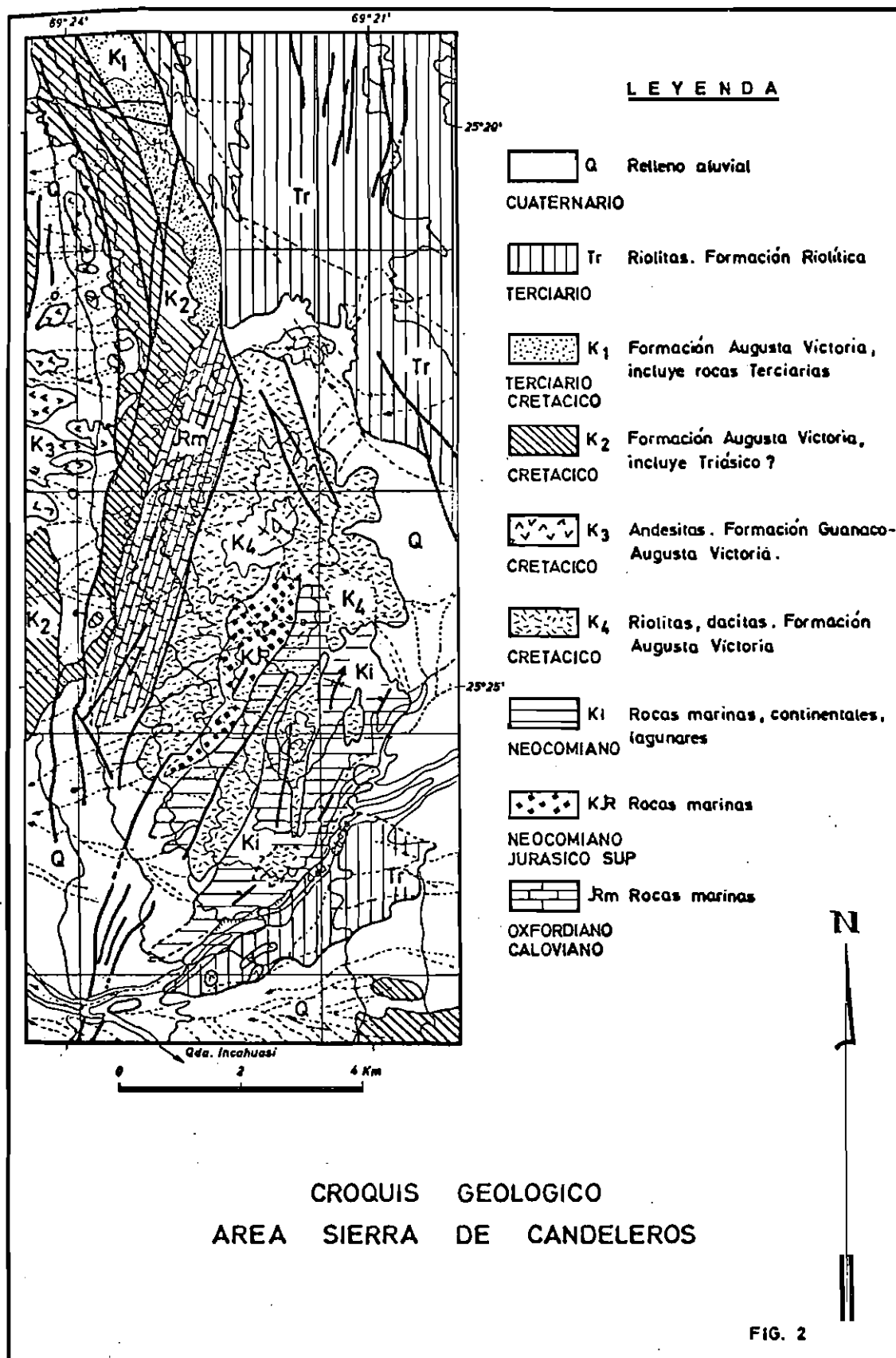
DISCORDANCIA ANGULAR

Cretácico Superior : Coladas andesíticas. Formación Guanaco, Chong (1973). Rocas volcánicas ácidas, principalmente riolíticas. Formaciones Augusta Victoria, García (1967) y Cerro Islote, Chong (1973).

DISCORDANCIA ANGULAR

Cretácico Inferior,
Jurásico Superior : Rocas marinas de ambientes someros, de facies mixtas sedimentarias continentales. Intercalaciones volcánicas.

Jurásico (Caloviano
y Oxfordiano) : Conglomerados y rocas volcánicas. Rocas marinas carbonatadas.



COLUMNA ESTRATIGRAFICA GENERALIZADA SIERRA DE CANDELEROS

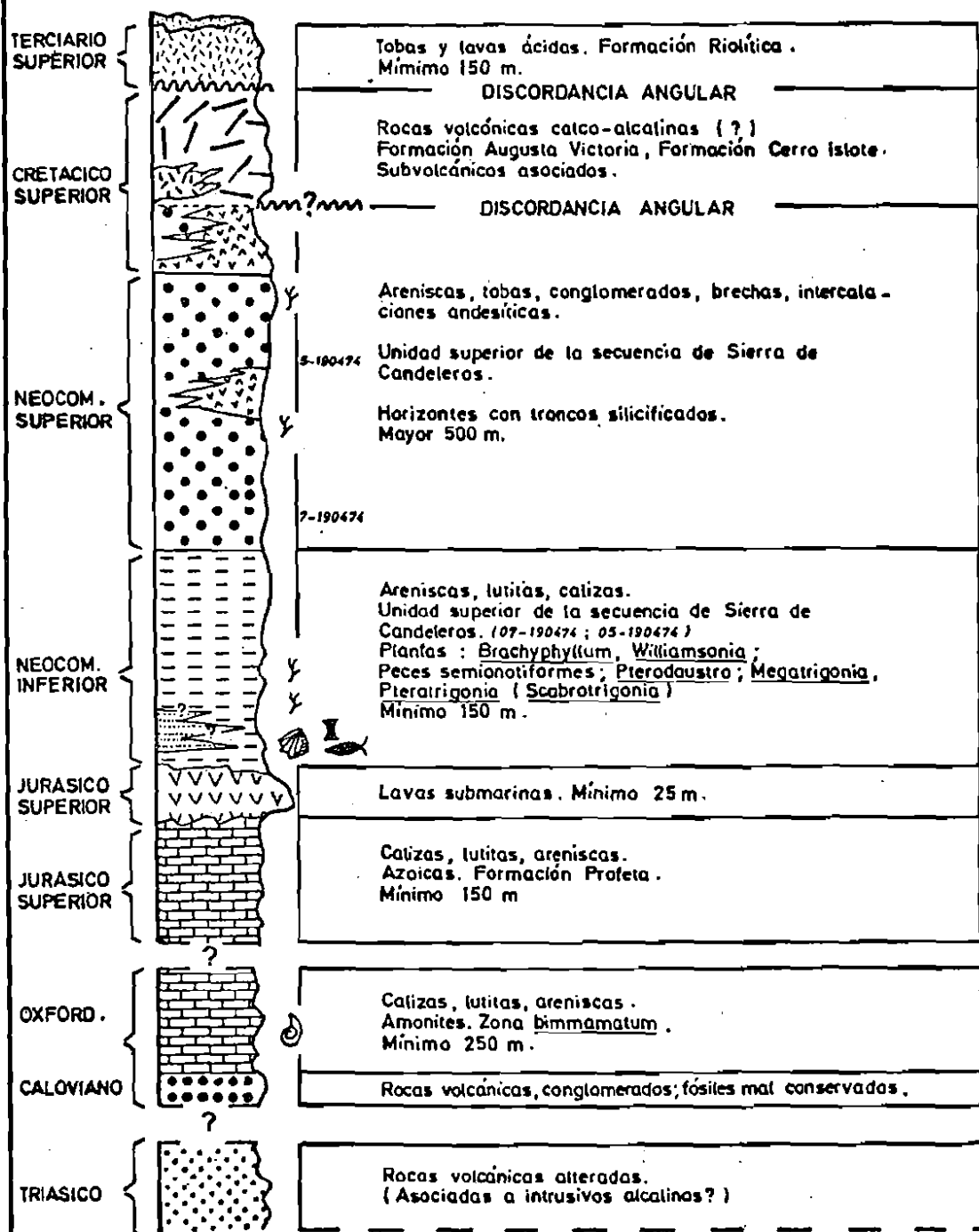


FIG. 3

En afloramientos de rocas volcánicas cretácicas an desíticas (K₃) aparecen algunas unidades volcánicas ácidas, similares litológicamente a las que regionalmente se asignan al Triásico. Su relación, debido a efectos de fallas, no pue den ser observada directamente, pero aparentemente se dispo nen debajo de las rocas, marinas y volcánicas calovianas.

Las rocas cretácicas ácidas (K₄) están asociadas a cuerpos masivos y diques litológicamente similares que corres ponderían a unidades sub-volcánicas e intrusivos hipabisales. Vetas de calcedonia y jaspe, producto de actividad fumarólica, y bombas volcánicas aparecen comúnmente con estas unidades.

Fallas normales, de dirección NS-N25E, cortan las diferentes unidades y las secuencias estratificadas y sus e- jes de plegamiento mantienen, en general, esa dirección con inclinaciones al este.

La secuencia sedimentaria de Sierra de Candeleros posee dos partes muy bien definidas. La superior la componen fundamentalmente areniscas, tobas, limolitas y conglomerados rojos de facies continentales. La inferior, a su vez, está constituida por rocas sedimentarias continentales marinas y lagunares con intercalaciones volcánicas que se disponen so- bre facies netamente marinas. El contacto entre las unidades superior e inferior está parcialmente cubierto por materiales aluviales, pero se puede estimar que es sedimentario normal.

La base, en el área de quebrada La Carreta, es tam- bién un contacto de carácter normal sobre rocas jurásicas de facies marinas. El límite superior es un engranaje de los se dimentos rojos con andesitas que se dispone, concordantemente, o en pseudoconcordancia, debajo de rocas volcánicas ácidas. Es-

tas vulcanitas, que tienen un aspecto masivo, corresponden a riolitas y dacitas de la formación Cerro Islote, asignada al Cretácico Superior. (Chong, 1973). Es importante hacer notar que la falta de una estratificación definida parece deberse a la presencia inmediata de aparatos volcánicos, cuellos y diques cuya actividad fumarólica y de alteración general ha obliterado casi totalmente las rocas efusivas. Esta situación permite estimar la posibilidad de una pseudoconcordancia avalada por el hecho que en otros lugares se ha observado una marcada discordancia angular entre unidades litológica y estratigráficamente equivalentes.

La litología de la unidad superior, de rocas sedimentarias rojas, corresponde, como se ha mencionado, a areniscas, tobas, conglomerados brechosos, microbrechas, limolitas e intercalaciones de rocas volcánicas andesíticas porfíricas. El estudio detallado de una muestra (3-190474) de este perfil, indica que se trata de una arenisca volcánica con cemento calcítico, esparítico, no primario. El cemento podría provenir de disolución de plagioclasas, pero es notoria la ausencia de sílice y alúmina. Los clastos son de espilitas y queratófiros, lo que demuestra, por la diversidad de clastos, ácidos y básicos, que ésta arenisca no es sincrónica con el vulcanismo. Los clastos de espilitas muestran semejanza litológica, con los de la formación La Negra y la roca muestra efectos de metamorfismo regional. Otra muestra (7-190474) corresponde a una toba alterada en la cual la mayoría de los clastos son de albíta con un cemento que puede corresponder a ceniza desvitrificada. Podría clasificarse como una toba ácida (dacítica o riolítica) con posterior alteración regional, pero en relación a sus características actuales corresponde más bien a una toba del tipo queratófírico. Una última muestra (5-190474), corresponde a

una vulcaarenita con cemento calcáreo; su selección es buena a regular con granos subredondeados a angulares de rocas volcánicas andesíticas y riolíticas.

La estratificación de la unidad superior es excelente y los estratos, con un predominio del color rojo oscuro, van desde decimétricos hasta algunos metros. La parte basal está característicamente diferenciada de la superior por su coloración gris-verdosa, menor predominio de materiales volcánicos y de clásticos gruesos, estratificación en unidades centimétricas en algunas secciones y por la abundancia y variedad de estructuras sedimentarias y de niveles fosilíferos. La litología corresponde, fundamentalmente, a areniscas con intercalaciones de sedimentos finos. El estudio de una muestra (05-190474) la caracteriza como una grauvaca arcósica y calcilutítica; corresponde a una roca híbrida entre una arenisca fina a una calcilutita fina. La fracción terrígena presenta una mala selección y son feldespatos alterados a calcita y muscovita y escasos clastos de riolitas y andesitas. Existen abundantes conchas de ostrácodos. Las características de la roca indican una depositación en un ambiente de aguas someras y salobres. Otra roca (07-190474) corresponde a una arenisca muy fina y con abundantes "pellets" fecales aplastados. La matriz es arcósica con granos de zircón compactados y minerales micáceos quebrados y doblados. El cuarzo, los feldespatos y la mica de la masa fundamental aparecen cloritizados. Hay algunos clastos de granitos (?). Las estructuras sedimentarias son un rasgo característico, especialmente de la parte inferior de la secuencia de Sierra Candeleros. En algunos casos, como en quebrada La Carreta, los afloramientos resultan espectaculares por la extensión y características de preservación de las citadas estructuras.

Las estructuras más abundantes corresponden a "ripple marks", agrietamientos poligonales, estratificación cruzada y gradada, laminación y gotas de lluvia. Las estructuras biogénicas son principalmente tuneles de vermes e icnitas también de vermes (?).

La estratificación cruzada de bajo ángulo en areniscas con lentes conglomerádicos estaría demostrando un ambiente de formación en aguas muy bajas y en una playa de arenas costeras. Los agrietamientos aparecen de diversas maneras como, por ejemplo, grietas de arena de "pattern" poligonal con diversas características, sea que se presentan en areniscas de grano grueso o de grano fino. En partes están incompletos por aflorar en la parte basal de las capas. Estas grietas se habrían formado en condiciones sub-aéreas y sub-acuáticas. Las sub-aéreas corresponderían a grietas de desecación mientras que las sub-acuáticas indican medios ambientes del tipo costero, lagunar o del tipo estuario. Un tipo de estructura muy característico son "ripple marks" entre los cuales se pueden reconocer de forma simétrica, asimétrica y algunas que se podrían interpretar como del tipo "lenguas" ("linguoid ripples"). Las estructuras simétricas indicarían que se han formado por la acción de olas en partes muy someras; las del tipo de lenguas corresponderían a la presencia local de ambientes de estuarios o canales de mareas. Las gotas de lluvia aparecen en forma relativamente localizadas. Una de las características sobresalientes son las estructuras biogénicas, entre las que destacan estructuras cilíndricas de túneles de gusanos marinos en partes asociados con "pellets". Es común la presencia de huellas de gusanos sobre "ripple marks" que indican aguas muy someras. En sedimentos finos se han encontrado algunas marcas que se han interpretado como icnitas o rastros de orga

nismos marinos en fondos limosos de baja profundidad.

La potencia de la parte superior de sedimentos rojos varía entre un mínimo de 80m hasta probablemente algunos cientos de metros en distancias horizontales de algunos kilómetros, lo que interpreta como acuñamiento y lenticularidad asociados a condiciones paleogeográficas. Esto se reconoce, por ejemplo, en lugares donde las facies lagunares de la parte basal de la unidad inferior varían lateralmente a otras más profundas con una abundante fauna de Trigonia.

La unidad litoestratográfica de Sierra de Candeleros tiene una distribución restringida a la parte sur de la sierra del mismo nombre con los mejores afloramientos en el área de quebrada La Carreta y Chaco Norte. Hacia el sur aparece sólo en afloramientos esporádicos de escasa distribución areal como en el caso de quebrada Sandón. El contenido paleontológico es abundante aunque en la mayor parte se trata de una fauna que no es, en esta etapa del estudio, guía para una determinación taxativa de edad. En la unidad superior aparecen, como mínimo, dos niveles con restos de madera silicificada, en algunos casos con restos de carbón. Se trata de troncos de pequeño tamaño y diámetro que no supera los 15 centímetros; como una hipótesis de trabajo se estima que corresponden a restos de una vegetación de tipo frutescente, semejante a la que se encuentra actualmente en las zonas semi-desérticas del área preandina en el norte de Chile. Asociados a los restos de madera aparecen lentes de minerales oxidados de cobre (silicatos) cuyas características también pueden atribuirse a condiciones de sedimentación en ambientes desérticos (por ejemplo, sílice coloidal que fija iones de cobre en yacimientos tipo manto en rocas sedimentarias continentales).

La parte basal, de sedimentos verde grisáceos, es muy fosilífera. Así desde arriba y en la proximidad al límite con los sedimentos rojos se han encontrado, como rodados, restos de "estructuras fértiles" o flores que corresponderían a una Bennethital, tentativamente Williamsonia sp. (fide M. Stipanovic) género al cual se le asigna en el Continente de Gondwana un biocron Cretácico Inferior-Jurásico. En los niveles más basales, donde predominan los sedimentos finos y muy bien estratificados en una potencia del orden de treinta metros, se presenta una espectacular tafocenosis de peces sobre una superficie estimada en decenas de metros cuadrados. Se trata de peces Clupeideos, muy mal conservados y, en los cuales, sólo observando la naturaleza de las escamas se pueden reconocer dos formas diferentes. Inmediatamente debajo de estas arenisca aparece un nivel centimétrico en el cual se encontró la impresión de ramitas de coníferas que corresponden a Brachyphyllum junto a otros restos irreconocibles de vegetales. Brachyphyllum tiene un amplio rango de edad, toda vez que puede ubicarse tanto en el Cretácico como en el Jurásico. (Fide M. Stipanovic). El hallazgo más novedoso corresponde a restos de huesos, porciones del rostro, de ambos maxiliares con dientes, una rama mandibular dentada y un húmero mal conservado de un reptil volante. Este material se asigna a un nuevo representante del género Pterodaustro, tipo de la nueva familia Pterodaustriidae establecida por Bonaparte (1970) en el Neojurásico de Argentina (Casamiquela y Chong, 1976). Este hallazgo es uno de los escasos citados para Sudamérica donde se conocen representantes de Pterodactyloidea sólo en Brasil, Argentina, y ahora, en Chile. Bonaparte (op. cit.) estima que este tipo de organismos, vivieron en una amplia zona costera baja en la cual prosperaron cuencas sedimentarias, próximas al nivel del mar. El punto del hallazgo se ubica en

estratos infrayacentes a los que contienen los restos de vegetales, casi en el límite de las unidades inferior y superior. Hacia el oeste de quebrada La Carreta, las areniscas rojas se disponen sobre sedimentos marinos de facies muy someras con abundantes Trigonia, entre las cuales, Hillebrandt (com. escrita) define la presencia de dos posibles nuevas especies de los géneros Megatrigonia y Pterotrigonia (Scabrotrigonia). De acuerdo a Hillebrandt estas formas pertenecen al Cretácico Inferior y cree se puede excluir la posibilidad de asignarlas al Jurásico Superior. Finalmente, estos niveles de Trigonia se disponen sobre otros jurásicos, que en su parte media tienen faunas de amonites de la zona de bimmamatum, principalmente formas de "Perisphinctidos" y Euaspidoceras, probablemente E. perarmatum.

Con los antecedentes expuestos y sus relaciones de límite superior e inferior, la secuencia de Sierra de Candeleros tiene un rango de edad definida por las rocas oxfordianas fosilíferas de la base, mientras que la mínima está marcada por las secuencias volcánicas del Cretácico Superior de las formaciones Augusta Victoria y Cerro Islote (García, 1967 y Chong, 1973).

De acuerdo a las características descritas, nuestra unidad está formada por una parte basal marina que en su parte más inferior contiene formas de Trigonia asignadas al Cretácico más inferior. Los sedimentos marinos infrayacentes a los estratos con Trigonia, una sección marina azoica de más de 150 m. de potencia podría asignarse al Jurásico más alto. Esto es característico en el norte de Chile para las rocas marinas post-oxfordianas que, por lo general, no incluyen fósiles de ninguna naturaleza. Siguen rocas de ambientes lagunares, marinas y continentales que contienen plantas, peces

Clupeideos y los restos de Pterodaustro. A esta unidad se les asigna también una edad cretácica inferior y en parte es probable que se trate de unidades sincrónicas engranando lateralmente con los estratos con Trigonia. La parte superior, los sedimentos rojos, corresponderían a la parte alta del Neocomiano.

El biocrón de los restos de Pterodaustro y de las plantas es consecuente con la edad asignada.

Considerando criterios de correlación como posición estratigráfica, litología, contenido paleontológico, presencia de horizontes guías (niveles mineralizados con óxidos de cobre) y ambiente de depositación, la parte alta de la secuencia de Sierra de Candeleros, puede corresponderse con:

- Sedimentos rojos, areniscas y conglomerados con plantas, asignados al Jurásico Superior-Cretácico Inferior en el área de los cerros Millo y El Salvador, unos 20 Km al SE de la ciudad de Calama.

- Sedimentos rojos, portadores de restos de dinosaurios, en el área de Lequena, unos 100 Km al norte de Chuquicamata.

- Formación Atajaña. García (1967) asignada al Cretácico Inferior.

- Formación Caleta Coloso, al sur de la ciudad de Antofagasta, asignada al Cretácico Inferior.

- Sedimentos rojos, conglomerados y areniscas del área de Neurara, en la estación del mismo nombre, parte central de la provincia de Antofagasta.

- Formación Purilactis, Dingman in García (1967).

- Formación Cerro Empexa, Galli in García (1967).

- Sedimentos rojos en el área de Pedernales, Hillebrandt (com. personal).

Ampliando estas relaciones la secuencia de Sierra de Candeleros resulta similar a varias formaciones descritas en el Norte Chico de Chile y se asemeja a la formación Tordillo de Argentina sensu Ferrariis in Stipanovic (1969).

ANTECEDENTES PALEOGEOGRAFICOS Y GEOTECTONICOS

Las rocas se presentan con facies muy características. Para la parte basal se pasa desde condiciones marinas litorales, jurásicas, a otras similares que ya corresponden al Cretácico Inferior. Siguen facies de carácter lagunar que comienzan a gradar a otras de tipo sedimentario continental, posteriormente se tiene un neto dominio continental con depósitos de tipo desértico e intensa actividad volcánica que, en forma menos intensa e incluso como lavas submarinas, estaba presente desde fines del Jurásico comienzos del Neocomiano.

Las secuencias descritas representan los diversos capítulos reconocidos regionalmente para el tránsito Jurásico-Cretácico. Así, un esquema geológico histórico sería el siguiente:

El Jurásico más antiguo está representado por un dominio marino con capítulos volcánicos que podrían, localmente haber rellenado la cuenca formando islas o, al menos, disminuído su profundidad. Probablemente en algunos lugares se formaron umbrales que definen cuencas semi-cerradas con ambientes euxínicos característicos para la depositación de sedimentos oxfordianos. Las cuencas oxfordianas pueden haber sido lo suficientemente cerradas como para que se de-

positen evaporitas mientras que en otros lugares se forman ambientes bastantes litorales con faunas de bivalvos y gastrópodos. Esto se observa claramente en el área del Profeta, poco más al sur del área estudiada, Chong (1973). En Sierra de Candeleros las facies son someras para el Malm y corresponderían al Oxfordiano Superior, Kimmeridgiano y Titoniano. El ambiente marino prosigue con características litorales en el Cretácico Inferior cuando aparecen las "Trigonias". Posteriormente, o sincrónicamente se cambia gradualmente a ambientes de características lagunares. Los cambios se deben a procesos regresivos (producto de movimientos epeirogénicos que proceden a una fase diastrófica mayor?). En algunas de estas lagunas existía escasa vegetación y su proximidad a la costa está indicada por sus estructuras sedimentarias y por la fauna que allí se ha encontrado. En la parte alta del Jurásico, comienzos del Cretácico, se hacen más intensas las manifestaciones volcánicas que en algunos casos corresponden a lavas submarinas como en quebrada La Carreta. Esta actividad puede haber producido efectos tales como la gran mortandad en las lagunas que generan tafocenosis como las de los peces Clupeideos, por lo que se encuentran en los sedimentos portadores, gran cantidad de material cinerítico asociado, formándose areniscas volcánicas. Es probable que sincrónicamente, en algunos lugares el aporte terrígeno corresponde a estuarios.

Los ambientes se van haciendo marcadamente continentales con un incremento en el vulcanismo que, probablemente, en forma indirecta, incide en la formación de un clima árido a semi-árido. Eventualmente deben haberse producido avenidas torrenciales del tipo aluviones como los que se conocen actualmente en el Desierto de Atacama, formando lagunas continentales efímeras y cuyos aportes de aguas servirían para mantener una escasa vegetación frustescente. El vulcanismo parece haber sido de características centrales y mucho del material era

depositado sub-aéreamente en forma de cenizas que se mezclaba con los sedimentos o bien eran arrastrado y concentrados formando areniscas arcóscicas y volcano-arenitas. En determinadas etapas la erosión mecánica habría sido intensa permitiendo erodar niveles con lavas con alto contenido primario de cobre o yacimientos en éstas, depositándose, en condiciones áridas, silicatos de cobre. Es posible que en algunos casos la madera, en partes carbonáceas haya actuado como un reductor fijando sulfuros posteriormente oxidados. Un proceso diastrófico, del tipo compresivo, hacia la parte media del Cretácico puede haber solevantado y plegado la secuencia de Sierra de Candeleros. Se produce, en condiciones de un ciclo árido de erosión, la formación de los sedimentos rojos de la parte superior. Este proceso diastrófico resultaría correlacionable con la fase compresiva mayor conocida como Peruana o Meso Cretácica del lapso Albiano-Cenomaniano. Posteriormente, comienzan a depositarse, probablemente en un principio con un vulcanismo lineal, las grandes potencias de vulcanitas que se conocen en el norte de Chile para el Cretácico Superior. La discordancia que marcaría este capítulo no aparece visible directamente en el área de Sierra de Candeleros, sin embargo esta puede estar obliterada por diversas circunstancias. Así, puede estimarse que debido a la falta de estratificación definida por la naturaleza efusiva de las rocas que sobreyacen a las series rojas y la presencia de cuerpos sub-volcánicos e hipabisales asociados no es posible reconocer la relación de discordancia. Asimismo, es probable, como se observa en otros lugares, que los efectos de movimientos diastróficos principales esté representado localmente sólo por movimientos de menor intensidad o del tipo epeirogénico.

En el Cretácico Superior el vulcanismo se incrementa, en una fase distensiva, y solamente es interrumpido por escasos capítulos continentales en que los sedimentos se for-

an prácticamente in situ sobre los materiales volcánicos.
OMENTARIOS SOBRE EL POTENCIAL ECONOMICO DE LA SECUENCIA DE
IERRA DE CANDELEROS.

Como se ha mencionado, en la unidad superior de la secuencia de Sierra de Candeleros existen, por lo menos, cuatro niveles en forma de mantos lenticulares mineralizados con oxidados de cobre. Los sulfuros, como sucede en yacimientos, cronológica y litológicamente similares, están abundantes o son escasos lo que no permite identificar la mineralización primaria. Dos tipos de concentración han sido inferidos para estos yacimientos. Se considera la posibilidad que en partes se deba a procesos de reducción en lagunas con ambientes tipo paludal donde restos de madera carbonizados habrían fijado el cobre. Esta posibilidad es muy tentativa, toda vez que las rocas actuales presentan más bien características de corresponder a ambientes de oxidación intensa. Para el grupo de yacimientos que aparecen en sedimentos gruesos del tipo brechas y conglomerados se considera una concentración a partir de procesos de erosión y sedimentación con concentración por gravedad. En ambos casos se supone que la mineralización original provino de las rocas volcánicas del Jurásico Superior, las que incluyen un alto porcentaje de cobre en yacimientos epi y singenéticos, especialmente en las andesíticas. Leyes, volúmenes y distribución de los yacimientos resultan difíciles de estimar en función de la falta de geología básica y la distribución errática de los yacimientos. Este tipo de yacimientos guardan estrecha similitud con los que se encuentran en unidades estratigráficas y cronológicamente correlacionables, como los de los cerros Millo-Salvador, Atajaña, Neurara y Caleta Coloso. Estas rocas son, además, encajadoras de mineralización argentífera y de zonas de alteración relacionada con mineralización polimetálica. Los yacimientos muestran baritina como ganga y en partes asociada a minera-

lización producto de soluciones residuales de intrusivos cretácico-terciarios. Se mencionan, por otra parte, algunos antecedentes de carácter especulativo que permitirían establecer que esta unidad tiene importancia potencial como zona de explotación de elementos radioactivos. Estos antecedentes se basan en una eventual alteración representada por zonas amarillo-verdosas similares a las que muestran algunos yacimientos y zonas de exploración del norte de Argentina. Este antecedente estaría avalado por las condiciones potencialmente favorables, de ambientes de depositación y por el hecho de que parte de estos materiales sean producto de la erosión de granitos paleozoicos que, en parte, mantienen indicios de elementos radioactivos.

Finalmente, debe considerarse la potencialidad de yacimientos de hierro tipo manto, asociados a las rocas marinas.

LISTA DE REFERENCIAS CITADAS EN EL TEXTO.

BONAPARTE, J., F., 1970 : Pterodaustro quinzui gen. et sp. nov. Acta Geológica Lilloana Tomo X: 10. Universidad Nacional de Tucumán. Fundación e Instituto Miguel Lillo. Tucumán.

CASAMIQUELA, R., CHONG., G., 1976 : La presencia de Pterodaustro Bonaparte (Pterodactyloidea), del Neojurásico ? de la Argentina, en los Andes del Norte de Chile. Informe Inédito. Departamento de Geología. U. del Norte, Antofagasta.

CHONG., D., G., 1973 : Reconocimiento del área Catalina - Sierra de Varas y estratigrafía del Jurásico del Profeta. Memoria para optar al título de geólogo. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Geología. Universidad de Chile.

CHONG, D., G., 1974 : El límite Jurásico-Cretácico en Sierra de Candeleros y su eventual importancia económica. Informe inédito. Instituto Investigaciones Geológicas. Santiago.

GARCIA, F., 1967: Geología del Norte Grande de Chile. Santiago. Sociedad Geológica de Chile. Symposium sobre el Geosinclinal Andino, 1962, Nº 3. Editado en 1967 con auspicio de ENAP.

HILLEBRANDT, A., v., 1972 : Sobre la biostratigrafía y la fauna de amonites del Jurásico de América del Sur (especialmente de Chile). Publicación Departamento de Geología, Universidad de Chile, Nº 39, 58 p..

HILLEBRANDT, A. v., 1973 : Neue Ergebnisse über den Jura in Chile und Argentinien. Munster, Forsch. Geol. Paläont. H. 31/32. S. 167-199, 4 Abt., 1 Tab. Munster (Westf).

STIPANICIC, P., 1969 : El avance de los conocimientos del Jurásico Argentino a partir del esquema de Groeber. Buenos Aires. Comisión Nacional de Energía Atómica. Revista de la Asociación Geológica Argentina. Tomo XXIV, Nº 4 (Octubre-Diciembre, 1969), pp. 367-388.