

4915

V. 1 - C. 3

**IV CONGRESO
GEOLOGICO
CHILENO**

Departamento de Geociencias
Facultad de Ciencias



UNIVERSIDAD
DEL NORTE
CHILE
19 al 24 de
Agosto 1985
ANTOFAGASTA



ACTAS

TOMO I

AREA 1: GEOLOGIA REGIONAL, ESTRATIGRAFIA, PALEONTOLOGIA
Y SEDIMENTOLOGIA.

AREA 2: GEOLOGIA ESTRUCTURAL, GEOTECTONICA, GEODINAMICA
Y GEOFISICA.

AREA 1

GEOLOGIA REGIONAL
ESTRATIGRAFIA
PALEONTOLOGIA
SEDIMENTOLOGIA

*"A la pacífica era que dejó
creado hasta el piso jurásico, sucedió
una violenta erupción de roca ígnea que
en estado incandescente rajó la costra terrestre.*

*De este trastorno ha resultado que
los cerros de Caracoles son una revoltura
de rocas plutónicas i neptunianas".*

LA BASTIE

Caracoles, revista minera,
Boletín de la Soc. Nac. de Min.
1903.

IV CONGRESO GEOLOGICO CHILENO - AGOSTO 1985
 Universidad del Norte - Antofagasta

1-43 UN APORTE AL CONOCIMIENTO DEL Terciario
 MARINO: FORMACION BAHIA INGLESA

Mario A. Rojo Lara
 COMISION CHILENA DE ENERGIA NUCLEAR

RESUMEN

La formación Bahía Inglesa se ubica en la localidad del mismo nombre, situada a unos 876 km al N de la ciudad de Santiago y a unos 76 km al W de la ciudad de Copiapó, capital de la III Región.

La unidad formacional tiene las siguientes características litoestratigráficas que permiten su definición:

- Localidad tipo: Terrazas erodadas de Bahía Inglesa.
- Zócalo: Rocas graníticas paleozoicas.
- Base: Conglomerados transgresivos de matriz quebrantada.
- Techo: Limolitas cineríticas gris amarillentas de ambiente límnic.
- Edad: En base a la presencia de fósiles cenozoicos en areniscas coquinoideas inferiores; a la correlación litoestratigráfica con sedimentitas terciarias del Norte y Sur del país; y a la presencia de odontolitos de seláqueos en conglomerados fosfáticos, se concluye que la edad es Mioceno.

Sobre la formación Bahía Inglesa se apoyan con leve discordancia angular, sedimentitas costaneras de probable edad plioholocénica.

La formación posee dos subunidades fosfáticas que se distribuyen de acuerdo a un control estructural geomorfológico. La primera subunidad corresponde a un conglomerado oligomictico (fosforita) y la segunda a un conglomerado fluvial, siendo la primera subunidad la de mayor ley de fósforo.

ABSTRACT

The Bahía Inglesa formation is located 876 km north of Santiago, Chile, and 76 km west of Copiapó city.

The formation have a lithostratigraphic character for his formal definition:

- Typical localities: Erosional terrace at Bahía Inglesa beach.
- Basement: Paleozoic granitic rocks.
- Basis: Transgressive conglomerates with broken matrix.
- Roof: Cineritic siltstones of lagoon environment.
- Age: According to the observation of Cenozoic fossils from calcareous sandstones, the lithostratigraphic correlation with tertiary sedimentary rocks from North to South of Chile, and the occurrences of siliceous fossils teeth in oligomictic phosphatic rocks (phosphorites), is given a Miocene age.

Coastal sedimentary rocks of probable plioholocenic age, lies with angular unconformity over Bahía Inglesa formation.

Two phosphatic subunit are recognized within the formation. They present tectonic and geomorphological control. The main subunit is composed of oligomictic conglomerates and the second one, is a fluvial conglomerates. The first "phosphorite" is the most important layer with highest values of P_2O_5 .

INTRODUCCION

En el año 1980, la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) realizó una prospección aeroradiométrica en el sector comprendido entre Caldera, Copiapó y Carrera Pinto (Rojas, 1982).

Dicho estudio determinó una serie de anomalías uraníferas, varias de las cuales se localizan en las rocas terciarias que afloran en Bahía Inglesa. Tres puntos anómalos fueron reconocidos geológicamente para verificar la presencia de índices anormales en uranio (Abad, 1980).

Un posterior estudio geológico semidetallado (Rojo, 1982) llegó a determinar importantes recursos de fósforo, con cantidades subordinadas de uranio.

Este descubrimiento llevó a la CCHEN a establecer un acuerdo con la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) para realizar el estudio conjunto de lo que se denominó "Proyecto de Desarrollo de Fosforitas y Uranio, Bahía Inglesa". Parte de dicho estudio permitió definir la formación Bahía Inglesa (Rojo, 1983).

GENERALIDADES

Ubicación y Accesos.

El área de estudio se encuentra ubicada en la III Región de Chile, en las cercanías de las localidades de Caldera, Calderilla y Bahía Inglesa (fig.1), aproximadamente a 75 km al oeste de la ciudad de Copiapó, comunicada con el sector por medio de la ruta #5. Desde dicha ruta existen pocos caminos de acceso al sector, la mayoría de ellos en malas condiciones y de características arenosas pero en vehículos de doble tracción se logra recorrer toda el área a campo traviesa.

Marco Fisiográfico

Los relieves de la zona estudiada son por lo general bajos, con una variación continua de cota hacia el S de hasta 130 msnm, sobresaliendo pequeñas alturas correspondientes a un zócalo controlado tectónicamente. Hacia

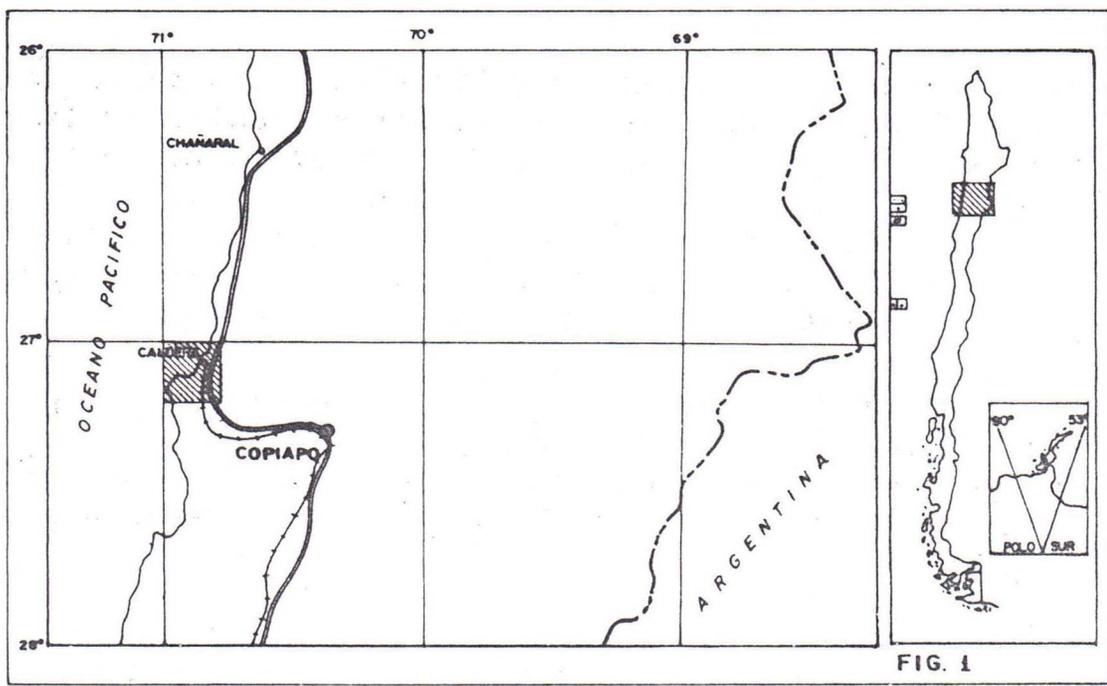
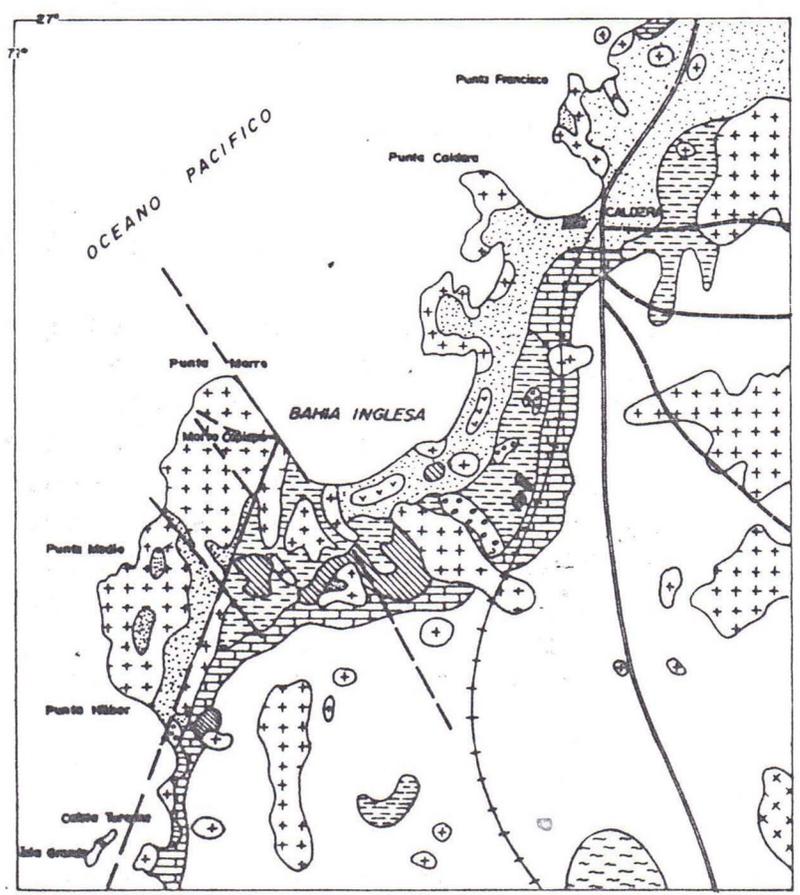


FIG. 1



ESTRATIGRAFIA

-  Cuaternario reciente (limos, arenas, gravas conchusela)
-  Cuaternario reciente con influencia costera (dunas, playas)
-  Coquines plioholocénicos
-  Fosforitas de terrazas
- PLIO-HOLOCENO**
- FORMACION BAHIA INGLESIA**
-  Indiferenciada
-  Conglomerado fosfático
-  Fosforitas fluviales
- MIOCENO**
- Pz**
-  Fm. Toco
- INTRUSIVOS**
-  Grenodiárita, Jurásico
-  Grafitoide, Paleozoico

ESCALA 1: 250.000

FIG. N° 2

el oriente, el límite fisiográfico mas importante corresponde al cordón de cerros de carácter granítico metamórfico formado por el cerro Las Vacas(414m.s.n.m.), cerros De chero(491m.s.n.m.) y cerro Montevideo(353m.s.n.m.).

La cuenca cenozoica está representada por un plano inclinado levemente al NE($1,4^{\circ}$) que se encuentra interrumpido en el extremo norte por quebradas con profundidades de hasta 25 m.

En la costa oeste del Morro Copiapó, el plano inclinado termina abruptamente en acantilados de hasta 40 m de altura que caen a playas de escaso desarrollo. Hacia Bahía Inglesa este plano desciende suavemente generando una extensa playa.

El eje de la bahía limitada por el Morro Copiapó y Punta Caldereta (Bahía Inglesa) es de dirección NW y sobre salen de ella esporádicamente islotes de granitoides.

Clima, Flora y Fauna

El clima de la zona en general es árido, con abundante nubosidad costera. Las precipitaciones son escasas y su comportamiento se puede asimilar a las estadísticas de Copiapó, considerando eso sí en la zona la acción moderadora del mar.

La flora y fauna de la región es escasa, advirtiéndose desarrollo de la primera en las quebradas y hacia la playa, en donde se distinguen pequeños arbustos y liliáceas después del período de lluvias. Algunas cactáceas se desarrollan en las cercanías de zonas con suelo residual granítico. En quebradas muy húmedas, ligadas a estructuras geológicas, se desarrollan herbáceas perennes.

Existe gran profusión de aves carroñeras y costeras y localmente lagartos de gran tamaño. Una escasa población de zorros y conejos completa el cuadro faunístico de la zona.

Método de Trabajo

El área cubierta con un levantamiento geológico a escala 1:5.000 corresponde a una superficie aproximada a

los 48 km², con una cobertura de alrededor de 5.000 referencias. El resto del área fue reconocida con perfiles a escala 1:25.000, sondajes y reconocimientos geológicos generales en las distintas áreas en donde afloran rocas Terciario-cuaternarias.

ANTECEDENTES GEOLOGICOS

En el presente título, se entregan los antecedentes correspondientes a trabajos anteriores acerca de geología local y regional del área en estudio.

Trabajos Anteriores

En el año 1980 (Rojas, 1982), la sección de prospección aerogeofísica del Departamento de Prospecciones de la CCHEN, realizó vuelos aeroradiométrico en helicóptero en sectores de la zona de Caldera, detectándose notorias anomalías aeroradiométricas sobre terrazas Terciario-cuaternarias.

Abad(1980) realizó una visita preliminar a dos anomalías en las cuales determinó contenidos anómalos de uranio asociados a probables niveles calcáreos.

Posteriormente, Rojo(1982) realizó el primer reconocimiento geológico semidetallado del área, descubriéndose un depósito de fosforitas uraníferas asociado a rocas sedimentarias marinas cenozoicas.

Varela(1981) efectuó por encargo de la CCHEN un estudio petrológico de 3 muestras de fosforita, determinándose importantes caracteres deposicionales de la mena fosfática.

En el año 1983 se concluyó otro trabajo (Rojo y Varela, 1983) que entrega un resumen de toda la información recopilada a esa fecha.

Rojas(1983) entrega un reporte con información gamétrica de pozos de sondajes, determinándose mediante esa técnica la presencia anómala de uranio en profundidad y por ende la presencia de fósforo, relación previamente establecida en trabajos geológicos precedentes.

Moya y Rojo(1983) entregan las descripciones de los

sondajes de exploración tipo Down the Hole realizados en la zona sur de la cuenca. Se determinó la presencia de mantos de alta ley en fósforo.

Rojo(1983) realiza el trabajo en el cual se define la formación Bahía Inglesa.

Marco Geológico General

La presente descripción geológica general está basada en el esquema presentado por Rojo(1983), que es una modificación fundada en Mercado (1978) y Abad (1980).

Las rocas fundamentales de la zona están integradas por un plutón constituido por tonalitas y granitos de probable edad paleozoica. Sobre éstas, se ubican depósitos sedimentarios de relleno representados por restos de terrazas continentales terciarias, constituidas por grava, arena y cenizas volcánicas, y por terrazas marinas terciarias, cubiertas en gran parte por depósitos eólicos y sedimentos aluviales cuaternarios. Hacia el oriente, afloran granitoides jurásicos que están en contacto con el plutón Paleozoico, mientras que al sur de la zona en estudio afloran rocas metamórficas asignadas a la formación El Toco del Paleozoico(Mercado, 1978).

Mercado(op.cit.) correlacionó los depósitos terciarios de Bahía Inglesa con los que existen en Coquimbo, asignándoles por lo tanto una edad plio pleistocénica.

Rojo(1982) distingue dentro de la secuencia terciaria, niveles de fosforita de poco espesor pero de gran extensión. Dichos niveles no habían sido descritos anteriormente y fueron incluidos en una primera columna generalizada del sector.

El borde oeste del área estudiada, está flanqueado por el Morro Copiapó (343m.s.n.m.) el cual posee un marcado control tectónico, destacándose la falla de la Quebrada Chorrillos de dirección N25°E que controla su elevación. Un segundo sistema de fallas de dirección NE se desarrolla como resultante del movimiento principal. Fallas más antiguas de rumbo general EW controlan el emplazamiento dentro del intrusivo Paleozoico de filones dioríticos afaníticos.

No se conoce la presencia de recursos económicos metálicos en el marco del área estudiada. Al sur del valle del río Copiapó, existen pequeños laboreos por cobre y oro asociados a zonas de contacto entre granitoides paleozoicos y rocas de la formación El Toco.

Existen en el área mensuras no metálicas por "conchuela" y puntualmente yacimientos salinos paralizados.

FORMACION BAHIA INGLESA

Estratigrafía.

Se analiza a continuación una columna generalizada, representativa de la zona en la cual se desarrollaron los estudios, definiendo con esto la formación Bahía Inglesa.

Zócalo.

El zócalo de la secuencia marina cenozoica, está constituido por rocas cristalinas de edad paleozoica de acuerdo a Mercado(1978), quien en general lo define como "un complejo intrusivo constituido principalmente por tonalitas y granitos".

Existe una variedad composicional del intrusivo entre dióritas, granodioritas y tonalitas, con intrusiones de filones básicos dioríticos (generalmente afaníticos), de colores negro y verde oscuro.

Su principal exposición es el Morro Copiapó, promontorio alzado tectónicamente con una diferencia de cota de aproximadamente 256 m. También aflora en varias otras elevaciones menores, antiguas islas del mar Terciario.

En el zócalo se advierte la presencia de texturas foliadas con orientación local de máficos y fallamientos preterciarios.

Por la costa hasta Chañaral se observa la continuidad de los afloramientos destacándose en Caleta Mora la presencia de granitos orbiculares.

Sedimentitas.

A continuación se realiza una descripción de la co-

lumna tipo de la formación Bahía Inglesa de base a techo (fig 3).

10-15 m: Conglomerados costaneros gruesos, heterogéneos en tamaño, redondeados, matriz quebrantada detrítica cuyo cemento es fundamentalmente calcáreo. Los clastos corresponden preponderantemente a granitoides. Posee intercalaciones coquinoideas con fósiles fragmentados. Se distribuye principalmente en los acantilados de la parte oeste del área estudiada.

5 -15 m: Areniscas coquinoideas. Las areniscas infrayacen al primer episodio de rocas fosfáticas. Son de color blanco y poseen un grano medio a grueso.

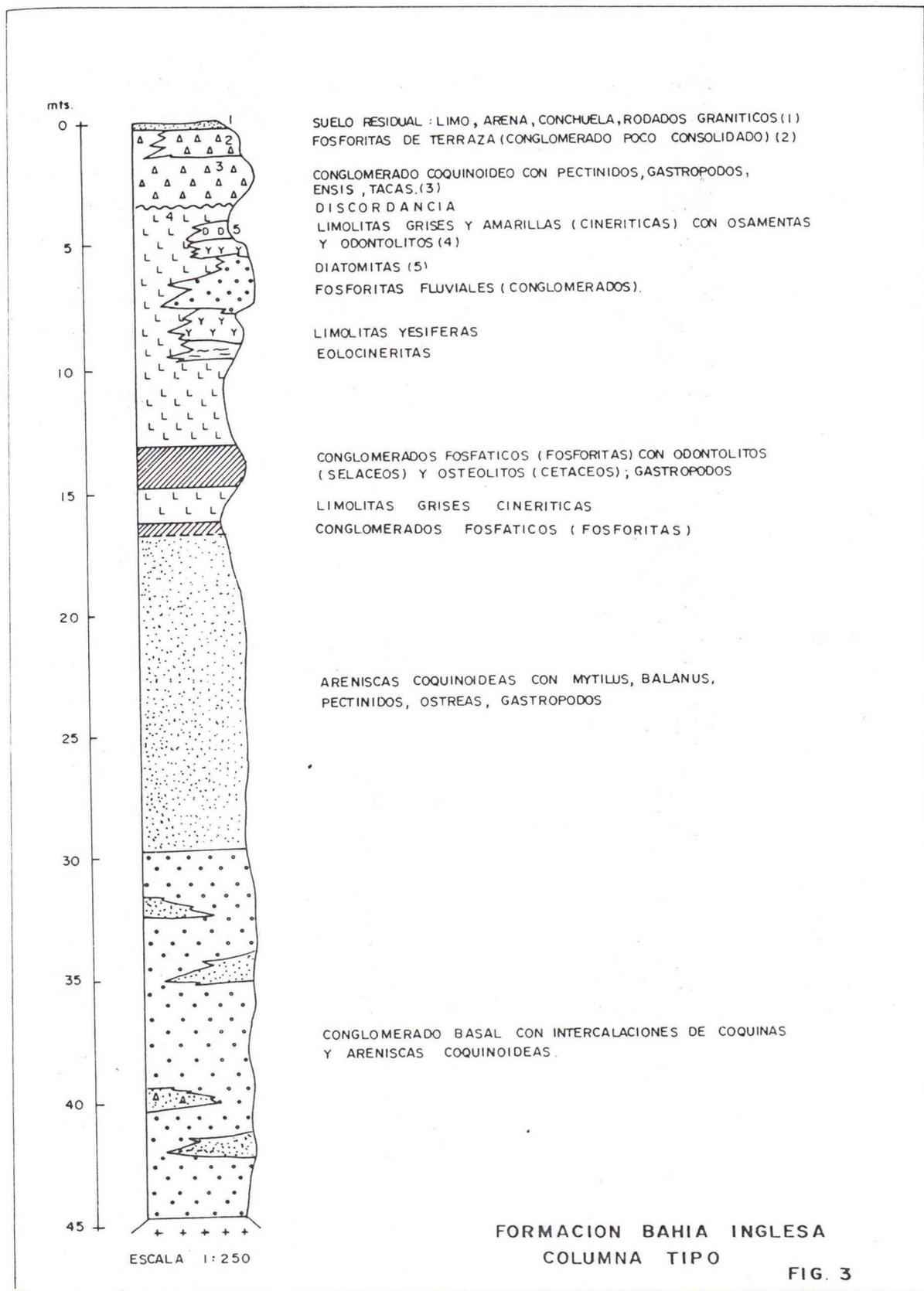
Como constituyente importante se hallan pectínicos, con cantidades menores de balanús, mytilus, ostreas y gastrópodos.

La distribución areal de este nivel coquinoideo es amplia en la zona.

0,1-0,4m: Conglomerado oligomictico fosfático. Se analiza con más detalle^o describir el manto ubicado estratigráficamente mas alto y que posee las mismas características.

1 -2 m: Limolitas pardo grisáceas. Corresponden a sedimentitas de características cineríticas con fuertes fenómenos de limonitización controlado aparentemente por la presencia de la rocas fosfáticas.

0,2 - 2,0m: Conglomerado oligomictico fosfático, nivel superior. Son fundamentalmente de color pardo rojizo con tintes y patinas aporcelanadas. Se reconocen gran número de rodados de color negro que correspondería al color original de las rocas, previo a un fuerte proceso de oxidación. La granulometría es media a fina y sobresale el alto contenido de intraclastos fosfáticos redondeados, en frente de clastos de volcanitas metamorfitas y granitoides. Algunos de los clastos están constituidos por improntas de gastrópodos y por odontolitos de seláqueos de hasta 10 cm de largo. Destacan además esquirilas y tra-



zos costales y vertebrales de cetáceos.

Tanto la matriz como el cemento corresponden principalmente a fosfato.

El manto fosfático tiene una potencia variable entre algunos centímetros y 2,0 m, siendo las mayores potencias episodios aislados. la potencia media típica es del orden de 0,6m.

Es la unidad fosfática de mayor desarrollo areal, distinguiéndose sus principales afloramientos al norte de la cuenca.

En las cercanías de afloramientos granitoídeos se observa la precipitación de fosforita en delgadas cáscaras y rellenando fracturas abiertas. A su vez, se observa que la fosforita nivela rellenando el paleorelieve de su base, con un comportamiento similar al de un sólido fundido, lo que hace pensar que el manto fue depositado en solución.

10m : Limolitas. Es la subunidad con mayor desarrollo areal. El color general de estas limolitas es gris, con niveles de color pardo amarillento generado por oxidación.

Esta unidad a pesar de ser homogénea en granulometría, posee variaciones arenosas con materiales cineríticos de transporte eólico.

Las limolitas poseen intercalaciones locales de

i)Eolocineritas blancas: Corresponden a limolitas blancas cuyo material cinerítico fue aportado por el viento(Varela,1981).

ii)Limolitas yesíferas: Limolitas pardas con altos contenidos de yeso, que en ocasiones aparece exudado.

iii)Fosforitas fluviales: Son conglomerados de grano medio de escasa matriz arenosa, con un también pobre cemento fosfocalcáreo. Los clastos corresponden entre un 60 y 90% a fosforitas oxidadas siendo los restantes, fragmentos líticos de rocas cristalinas y clastos aplanados de limolitas. Gran parte de los clastos están imbricados.

En algunos sectores existen claros indicios de estratificación cruzada y tectonismo.

En general la distribución de esta unidad está restringida a paleocañones de ambiente deltaico observándose espesores entre algunos centímetros hasta 6m.

- iv) Diatomitas: Son de carácter foliado y de color blanco y se encuentran finamente estratificadas dentro de las limolitas grises. Se ubican restringidamente a unos 3km al este del pueblo de Caldera.

CUATERNARIO

Con leve discordancia angular se disponen sobre la formación Bahía Inglesa, sedimentitas marinas de probable edad cuaternaria.

Estas sedimentitas se subdividen en dos unidades interdigitadas entre sí:

- a) Coquinas modernas. Corresponden a un conglomerado calcáreo con clastos de limolitas, coquinas, cantidades variables de granitoides (en ocasiones hasta un 30% de los clastos) y puntualmente fosforitas. Como constituyentes de la matriz, se reconocen innumerables fósiles de gastrópodos y pectínidos con cantidades menores de protothacas, balanos y ensises. El cemento de estos conglomerados es calcáreo y la potencia varía entre 0,3 y 3,0 m, siendo en el área sur de la cuenca la unidad de mayor exposición.
- b) Fosforitas de terraza. Es la unidad fosfática más moderna. Corresponde a un conglomerado poco consolidado de matriz arenosa, con grandes clastos angulosos y tabulares de rocas fosfáticas del nivel principal; limolitas grises y pardas; y niveles areniscos concrecionados.

En cantidades variables, siendo en algunos preponderante, coexisten grandes clastos, principalmente redondeados, de granodioritas y dioritas meteorizadas. De acuerdo a las características del conglomerado, este fue depositado en un medio de alta energía en una cuenca poco profunda y de gran extensión.

El escaso cemento de esta unidad es calcáreo y en-

grana con las terrazas coquinoideas groseras descritas anteriormente.

Estratigráficamente mas altos, se reconocen en la zona los siguientes depósitos actuales:

- i) Cobertura aluvioeólica superficial de terrazas, constituida por arenas amarillentas, limos grises, multiples fragmentos de concha y material detrítico cristalino fino a muy grueso.
- ii) Depósitos de fondo de quebrada, correspondientes a sedimentos finos a medios encauzados vía fluvial.
- iii) Dunas activas, de arenas cuarzosas de color blanco parduzco.
- iv) Depósitos de playa, correspondientes a arenas limosas con abundante material calcáreo, y depósitos detríticos redondeados medios (hasta 3") de carácter fundamentalmente granítico que muestran retrabajamiento paralelo a la orilla del mar y limitan el nivel de mareas altas. Constituyentes importantes de estas playas son grandes clastos de fosforitas pardas y negras.

MORFOLOGIA DE LA CUENCA Y ESTRUCTURAS CONTRALORAS

En el zócalo de los depósitos terciarios se desarrollo a fines del Cretácico Superior o bien Terciario Inferior un tectonismo de bloques de dirección NW-SE que configuró la batimetría de la cuenca (graben).

Dicha cuenca se extiende hacia el norte hasta los alrededores de Caleta Mora, en donde un cordón alzado determina las condiciones de deposición en el Mioceno. Hacia el sur se extiende hasta unos 15 km, en donde se observa un ambiente transicional.

Hacia el este, se encuentra limitada por el cordón formado por los cerros Las Vacas, Lechero y Montevideo de carácter granítico. En el oeste, el límite lo constituye en parte el Morro Copiapó y la costa de abrasión desarrollada paralela a la tectónica NS.

En general la cuenca corresponde a un plano inclinado en $1,4^{\circ}$ hacia el NE, medido en promedio en las co-

quinas pliocénicas. Fallas modernas se evidencian por medio de perturbaciones fuertes en algunos puntos de la cuenca.

En el sector sur del área, en donde escasean los afloramientos de la formación Bahía Inglesa, se reconoce la presencia de fosforitas en varios sectores. Dicho acontecimiento refleja una cercanía del zócalo, hecho repetitivo en el área norte. Esto sumado a información aportada por sondajes (Moya y Rojo, 1983), permite estimar para el área cubierta una profundidad de la cuenca no mayor que 55 m.

EDAD Y CORRELACIONES

Formación Bahía Inglesa

La presencia de cenizas volcánicas en el área, es ubicada por Mercado (1978) en "remanentes de terrazas continentales" en conjunto con otros sedimentos modernos. Dicha premisa, lleva a suponer para la secuencia una correlación con depósitos "agradacionales que forman parte del pediplano desarrollado en el norte del país durante el Mioceno-Plioceno". Aunque el rango de edad es válido para la secuencia sedimentaria, se aclara que las cenizas fueron depositadas en un ámbito marino.

En la formación Bahía Inglesa, existen dos subunidades con registro fósil: a) areniscas coquinoideas basales, con macrofósiles marinos de amplia distribución en el Cenozoico; y b) conglomerados oligomícticos fosfáticos, con osteolitos de cetáceos y odontolitos de seláqueos.

Varela (1981) estima que los dientes fósiles de seláqueos podrían corresponder a cualquiera de las especies Carcharias Megalodon (Darwin) o Carcharodon Giganteus (Phill).

Acompañan a los macrofósiles en el manto fosfático, espículas silíceas de esponja, foraminíferos y granos de polen.

Las especies de seláqueos mencionadas tuvieron un desarrollo importante entre el Aquitaniano y Tortonianiano (Lorenz y Lorenz, 1976), en general Mioceno. Este hecho, permite correlacionar cronológicamente a la formación Bahía Inglesa, con las otras formaciones miocenas

marinas de la costa chilena.

Coquinas Modernas y Fosforitas de Terraza

La unidad de Coquinas Modernas, que engrana con las Fosforitas de Terraza, posee una gran cantidad de fósiles cenozoicos. No obstante esta situación, no permiten datar con precisión a la unidad por lo que, asumiendo la probable edad miocena de la formación Bahía Inglesa, se postula que la edad máxima de las Coquinas Modernas y Fosforitas de Terraza es Plioceno.

Mercado (1978), infiere para "remanentes de terrazas marinas" de la III Región una edad plioholocénica de acuerdo a una correlación con terrazas descritas por Herr (en Mercado, op. cit.) en La Serena y Coquimbo.

Las coquinas y fosforitas plioholocénicas de Bahía Inglesa son correlacionables con sedimentitas marinas del Cenozoico Superior en el sector de Antofagasta, constituidas por conglomerados, areniscas gruesas y coquinas que contienen una variada fauna de invertebrados marinos del Plioceno Superior (Martínez y Niemayer, 1982).

A un miembro limoso de la formación Caleta Herradura, Valdebenito y Gutiérrez (1979) le asignan una edad pliocénica. El miembro limoso contiene mantos de fosforitas de baja ley que serían mas modernos que los conglomerados fosfáticos de la formación Bahía Inglesa y correlacionables con las coquinas y fosforitas plioholocénicas.

GEOLOGIA HISTORICA

A fines del Cretácico Superior o principios del Terciario Inferior, aparentemente se desarrolló en el área una tectónica distensiva, que no esta reflejada en el resto de la III Región, y que ocasionó un tectonismo de bloques de dirección NW-SE que configuró la batimetría de la cuenca.

Pre Mioceno Inferior, se desarrolló una secuencia transgresiva que fue variando en granulometría de acuerdo a la acción continental (rejuvenecimiento) y a la colmatación de la cuenca. Se observa la presencia de congl

merados en la base de algunos de los sondajes que cortaron la secuencia hasta los granitoides (Moya y Rojo, 1983) y en los escarpes desarrollados entre el Morro Copiapó y Puerto Viejo.

Posteriormente se depositaron sedimentos medios con abundante material calcáreo, proveniente de una tanaocenosis de moluscos. Probablemente en el Aquitaniano, existió condiciones geomórficas continentales y climatológicas que condicionaron la presencia de un primer episodio de deposición de conglomerados oligomícticos fosfáticos, el cual relleno un relieve de fondo marino de tal forma que tendió a emparejar la topografía existente.

Varela(1981), determina que en el sector continental que rodeaba la cuenca en el momento de depositarse las fosforitas, afloraban islotes del zócalo (controlados tectónicamente) y más hacia el S algunos restos o bloques pendientes de metamorfitas asignables a la formación El Toco del Devónico.

El material regolítico producido de las rocas cristalinas, correspondía fundamentalmente a un sedimento "macillo" poco maduro, debido a las características juveniles del relieve y al desarrollo de un clima árido con bajos niveles pluviométricos y alto promedio de temperatura.

La erosión y transporte del regolito hacia la cuenca, se llevaba a efecto debido a la intensa acción esporádica de períodos lluviosos como los que ocurren cada cierto número de años en los ambientes áridos o desérticos. Por lo tanto, el transporte de los materiales terrígenos formadores de las fosforitas debe haber sido del tipo torrencial. Estos fenómenos se repitieron al parecer en forma periódica, dando origen a una laminación rítmica de los conglomerados. La distancia de transporte de estos materiales terrígenos para llegar a la cuenca de deposición, debe haber sido corta, del orden de unidades a algunas decenas de kilómetros.

Las características resumidas por Degens(en Varela, 1981) permiten asumir que en el momento de formarse el depósito fosfático, existían en el agua del mar condiciones de basicidad y óxido-reducción óptimas para que, en una plataforma marina a profundidades entre 45 y 100 m,

surgencias de aguas profundas ricas en fosfatos y nutrientes pudieran generar dicho depósito. Las condiciones enunciadas fueron acompañadas por un clima tropical o subtropical con un déficit de aporte de terrígenos.

Se puede asumir que las condiciones se mantuvieron constantes en el tiempo mientras tomaba lugar la formación del depósito en períodos cíclicos. Las condiciones probablemente subtropicales permitieron el desarrollo de una fauna de especies gigantes, seláqueos y cetáceos, cuyo registro fósil quedo patente. Paralela a la formación del depósito fosfático, se producía una afluencia voluminosa de material limocinerítico que hacia zonas mas profundas sedimentaba, produciendo con su presencia un cambio en las condiciones fisicoquímicas ambientales y por ende constituían un "veneno" para el desarrollo de laminaciones fosfáticas. Los períodos de afluencia de material fino generaron por lo tanto, hacia las zonas profundas, multiples intercalaciones con material fosfático, mientras que la permanencia en suspensión de ese mismo material fino en una zona costanera o cercana a un islote permitió la deposición en forma cíclica de fosforita pura.

El período de deposición de fosforitas terminó definitivamente y se prolongó en el tiempo la afluencia de material limocinerítico, época en la cual probablemente existió cambios en las condiciones meteóricas, desarrollándose un largo período de deposición de características límnicas. Este largo período fue parcialmente interrumpido por un alzamiento tectónico producido por una activación de la dinámica del graben, que permitió el avance de la deposición fluvial, desarrollándose cañones submarinos, controlados por estructuras preexistentes, que removieron las rocas de su lecho concentrando en algunos puntos cantidades importantes de fosforitas removilizadas, manteniéndose por más distancia en suspensión al limo erosionado y por lo tanto no se produjo una "contaminación" de la nueva unidad fosfática.

El desarrollo de paleocanales son atribuibles a un amplio ambiente deltaico relacionado al sistema del río Copiapó . Se visaluzia el posible cauce antiguo de dicho

río que desaguaba aproximadamente al centro de la rada de Bahía Inglesa. Un afluente importante habría accedido desde el suroriente, específicamente desde la zona de cerro Chamonate, Sierra de Monardes y Sierra La Gloria, cuya principal característica fue la de atravesar una serie de áreas en donde se conocen mineralizaciones de cobre e indicios de uranio (Rojo, 1976; OIEA-CCHEN, 1979; Gacitúa, 1980). Dicha situación sugiere la probabilidad que exista en la zona de transición entre el ambiente continental y marino una concentración anormal de cobre y uranio del tipo "exótico".

El período de desarrollo de un ambiente deltaico culminó coincidente probablemente con un cambio de curso de las aguas del río Copiapó que tomó definitivamente un cauce muy similar al actual. Sobrevino nuevamente un período de deposición eoloacuícola con ocasionales aportes de material cinerítico puro y episodios lagunares que dieron lugar a la precipitación de yeso y a la acumulación de diatomeas.

Un alzamiento probablemente controlado por una tectónica distensiva que en parte activó antiguas estructuras y marcó el alzamiento final del Morro Copiapó, originó un breve período de no deposición, generándose una discordancia con los depósitos pliocénicos de carácter coquinoideo-fosfático sobreyacentes. El fenómeno distensivo está reflejado en las sedimentitas terciarias por respuestas plásticas localmente acompañadas de rupturas. El fenómeno deposicional Cuaternario fue impulsado por una abrasión intensa que logró remover en algunos sectores grandes masas de conglomerados oligomícticos fosfáticos, que mixturados con clastos de granitoides y trozos de limolitas, dieron origen a la subunidad de Fosforitas de Terraza.

El último fenómeno, probablemente epirogénico, deja finalmente la situación que actualmente se observa, con una intensa acción eólica con influencia costera reflejada por el tipo de sedimentación y erosión.

REFERENCIAS

- Abad E., C., 1980. Observaciones geológicas preliminares de la Anomalía Aerorradiométrica de Caldera. Dpto. de Geología y Minería, CCHEN. Inédito.
- Gacitúa C., C., 1980. Evaluación Geológica Preliminar del Distrito El Algarrobo de la Comuna de Caldera. Div. de Geología y Minería, CCHEN. Inédito.
- Lorenz, C.; J. Lorenz, 1976. Echelle des Temps Fossilifères. Minéraux et Fossiles, 45130 Meung - sur - Loire, Paris.
- Martínez, E.; H. Niemayer R., 1982. Depósitos marinos aterrazados del Plioceno Superior en la ciudad de Antofagasta, su relación con la falla de Atacama. III Congreso Geológico Chileno, Concepción.
- Mercado, M., 1978. Hoja Caldera, escala 1:250.000. Mapas Geológicos Preliminares #1. IIG, Stgo.
- Moya C., M.; M. Rojo L., 1983. Descripción Geológica de los sondajes de exploración del Area Anexa, Yacimiento de Fosforita-Uranio de Bahía Inglesa, III Región. CORFO/CCHEN. Inédito.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo; Comisión Chilena de Energía Nuclear, 1979. Exploración General del Area 2, Copiapó-Los Lóros. PNUD, Viena.
- Rojas V., J., 1982. Levantamiento Aerogeofísico 1980, en los sectores Caldera-Copiapó-Carrera Pinto y Hualañe-Cauquenes. Dpto. de Geología y Minería, CCHEN. Inédito.
- Rojas V., J., 1983. Perfilaje gamma de pozos de sondajes en el yacimiento de fósforo-uranio de Bahía Inglesa, III Región. CORFO/CCHEN

- Rojo L., M., 1976. Reconocimiento geológico preliminar de las anomalías radiactivas terrestres, Mina Teresita y Dos Hermanos, III Región. División de Materiales Nucleares, CCHEN. Inédito.
- Rojo L., M., 1982. Evaluación Geológica de los Recursos de Fosforitas y Uranio del Terciario Costero de la III Región, Proyecto Terciario Costero. Dpto. de Geología y Minería, CCHEN. Inédito.
- Rojo L., M.; J. Varela B., 1983. Estudio Preliminar Petroológico y Geoquímico por Uranio y Fósforo de las fosforitas de Bahía Inglesa (III Región). Revista Nucleotécnica, CCHEN, # 4.
- Rojo L., M., 1983. Geología y Evaluación Geológica del Yacimiento de Fosforitas Uraníferas de Bahía Inglesa. CORFO/CCHEN. Inédita.
- Valdebenito M., E.; A. Gutiérrez, 1979. Exploración de Fosforitas en la Península de Mejillones. II Congreso Geológico Chileno, Arica.
- Varela B., J., 1981. Estudio Petroológico de tres muestras de rocas sedimentarias del Terciario de la zona de Caldera. CCHEN. Inédito.