

**Programa Nacional de Cartas Geológicas  
de la República Argentina  
1:250.000**

Hoja Geológica 2363-I

**Tartagal**

Provincia de Salta

**MEMORIA PRELIMINAR**

Edición preliminar, sujeta a revisiones y correcciones parciales

**Geología**

Gustavo González Bonorino

**Geomorfología**

Felipe Rivelli, Mabel Bartoloni

**Recursos Minerales**

Mabel Bartoloni

**Universidad Nacional de Salta**

Normas, dirección y supervisión del Instituto de Geología y Recursos Minerales

**SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO  
INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES**

**Boletín Nº 297**  
Buenos Aires–2001

## **SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO**

---

Presidente Ing. Jorge Mayoral  
Secretario Ejecutivo Lic. Pedro Alcántara

### **INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES**

---

Director Lic. Roberto F. N. Page

### **DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA REGIONAL**

---

Director Lic. José E. Mendía

## **SEGEMAR**

Avenida Julio A. Roca 651 • 10º Piso • Telefax 4349-4450/3115  
(C1067ABB) Buenos Aires • República Argentina  
[www.segemar.gov.ar](http://www.segemar.gov.ar) / [segemar@secind.mecon.gov.ar](mailto:segemar@secind.mecon.gov.ar)

#### **Referencia bibliográfica**

BONORINO G., F. RIVELLI, M. BARTOLONI, 2001. Hoja Geológica 2363-I,  
Tartagal. Provincia de Salta. Instituto de Geología y Recursos  
Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 331,  
p. Buenos Aires.

## Indice

1. Resumen. Abstract
2. Introducción  
Naturaleza y metodología del trabajo  
Antecedentes bibliográficos
3. Estratigrafía
  - 3.1. Devónico
    - 3.1.1. Unidad Cordillerano
  - 3.2. Carbonífero-Pérmico inferior
    - 3.2.1. Grupo Macharetí
      - 3.2.1.1. Formación Tupambi
      - 3.2.1.2. Formación Tarija
    - 3.2.2. Grupo Mandiyutí
      - 3.2.2.1. Formación Las Peñas
      - 3.2.2.2. Formación San Telmo
  - 3.3. Pérmico inferior-Triásico inferior
    - 3.3.1. Grupo Cuevo
  - 3.4. Jurásico
    - 3.4.1. Grupo Tacurú
  - 3.5. Mioceno-Pleistoceno inferior
    - 3.5.1. Grupo Orán
      - 3.5.1.1. Formación Tranquitas
      - 3.5.1.2. Formación Garganta
    - 3.5.2. Subgrupo Terciario Subandino
      - 3.5.2.1. Primer Ciclo Progradante
      - 3.5.2.2. Segundo Ciclo Progradante
      - 3.5.2.3. Tercer Ciclo Progradante
      - 3.5.2.4. Formación El Simbolar
      - 3.5.2.5. Terciario Subandino Inferior
      - 3.5.2.6. Terciario Subandino Medio
      - 3.5.2.7. Terciario Subandino Superior
  - 3.6 Pleistoceno superior-Holoceno
    - 3.6.1. Depósitos indiferenciados
    - 3.6.2. Depósitos de pie de monte
    - 3.6.3. Depósitos de abanicos aluviales antiguos del Caraparí-Itiyuro
    - 3.6.4. Depósitos de abanicos aluviales modernos del Caraparí-Itiyuro
    - 3.6.5. Depósitos de abanicos aluviales del Bermejo
    - 3.6.6. Depósitos de abanicos aluviales del Norte
    - 3.6.7. Depósitos de cauces fluviales activos
4. Tectónica
5. Geomorfología

6. Historia Geológica

7. Recursos Minerales

8. Sitios de Interés Geológico

9. Bibliografía

## 1. RESUMEN

La Hoja 2363-I TARTAGAL ocupa parte de las provincias geológicas de Sierras Subandinas y Llanura Chaqueña en el sector nororiental de la provincia de Salta. Las rocas expuestas, de más antiguas a más jóvenes, son: a) pelita y cuarcita de plataforma nerítica del Devónico, b) arenisca y conglomerado de abanico costero, pelita marina y diamictita glacimarina del Carbonífero-Pérmico inferior, c) arenisca eólica, caliza marina y pelita de barreal del Pérmico inferior-Triásico, d) depósitos aluviales y de barreal del Terciario superior y e) arenas, gravas y fangos del Cuaternario.

Al oeste, las Sierras Subandinas forman parte de la faja plegada y corrida del orógeno andino que se caracteriza por pliegues asimétricos con vergencia hacia el este y fallas inversas asociadas. Las fallas coalescen en profundidad en planos de despegue subhorizontales alojados en pelitas del Silúrico y del Devónico. En cambio al este, la llanura Chaqueña se extiende sobre el antepaís andino.

El área mapeada evolucionó de una cuenca marina de plataforma continental en el Devónico tardío a una zona montañosa emergida en el Cenozoico. A fines del Devónico, la región emergió por ascenso tectónico regional y fue peneplanizada. Durante el Carbonífero y Pérmico temprano, se estableció una plataforma marina englazada (Grupos Machareti y Mandiyutí). En el Pérmico-Triásico, la región fue elevada tectónicamente y cubierta sucesivamente por mantos de arena eólica (Formación Cangapi), caliza marina (Formación Vitiacua) y depósitos aluviales y de barreal (Formación Ipaguazú). En el Jurásico se desarrollaron facies de arenas eólicas (Grupo Tacurú). Previo al Terciario medio, la región fue elevada, alabeada levemente hacia el norte y peneplanizada. Los depósitos continentales del Terciario (Subgrupo Terciario Subandino) considerados el relleno sedimentario de la cuenca del antepaís andino, cubrieron en discordancia de bajo ángulo estratos del Paleozoico superior y Mesozoico, extendiéndose más al este sobre el cratón Sudamericano.

La región tiene importantes reservas de hidrocarburos, particularmente en las Sierras Subandinas orientales.

## ABSTRACT

Quadrangle 2363-I TARTAGAL partly occupies the geological provinces of Sierras Subandinas and Llanura Chaqueña in northeastern Salta Province. Exposed rocks, from older to younger, are: a) Devonian shale and quartzite interpreted as neritic shelf rocks, b) Carboniferous-lower Permian coastal fan conglomerate and sandstone, marine shale and glacial marine diamictite, c) lower Permian-Triassic eolian sandstone, marine limestone and playa-lake shale, d) upper Tertiary aluvial and playa-lake deposits and e) Quaternary sands, gravel and mud.

In the west, the Subandean Ranges are part of the Cenozoic fold-and-thrust belt, characterized by asymmetric, easterly-vergent folds and associated reverse faults. The faults coalesce in depth into regional décollement planes lodged in Silurian and Devonian shales. In the east, the Llanura Chaqueña extends over the Andean foreland.

The mapped area evolved from a marine shelf in the late Devonian to an emergent mountain belt in the Cenozoic. By the end-Devonian the area emerged by epeirogenic uplift and was peneplained. A glaciated marine shelf developed in the Carboniferous and early Permian (Machareti and Mandiyutí Groups). In the Permian-Triassic the area was uplifted and successively covered by eolian sands (Cangapi Formation), marine limestone (Vitiacua Formation) and aluvial and playa-lake sediments (Ipaguazú Formation). In the Jurassic facies of eolian sands developed (Tacurú Group). Before the mid-Tertiary the region was uplifted and tilted slightly northward followed by peneplanation. Tertiary continental deposits (Tertiary Subandino Subgroup) considered to be the sedimentary fill of an Andean foreland basin, covered with low-angle unconformity upper Paleozoic and Mesozoic strata and, farther east, the South American craton.

The region is rich in hydrocarbon reserves, particularly in the eastern Subandean Ranges.

## 2. INTRODUCCIÓN

Ubicación de la Hoja y área que abarca La Hoja 2363-I TARTAGAL abarca parte de los departamentos de Rivadavia, Gral. José de San Martín y Orán, en el sector nororiental de la provincia de Salta. Está limitada por las coordenadas 22° (frontera con Bolivia) y 23°S, y 63° y 64° 30'O (Figura 1). La mitad occidental de la Hoja incluye a las Sierras Subandinas, las cuales se subdividen en occidentales (al oeste del río Bermejo) y orientales (al este de los ríos Grande de Tarija e Itaú); las crestas de las Sierras Subandinas alcanzan alturas generalmente inferiores a los 2000 m s.n.m. La mitad oriental de la Hoja forma parte de la llanura Chaqueña, que desciende suavemente hacia el este-sudeste de 500 m, en el pie de sierra, a 250 m s.n.m. en el borde oriental de la Hoja. La Hoja Tartagal ocupa parte de las provincias geológicas de Sierras Subandinas y Llanura Chaqueña. Las Si-

erras Subandinas conforman la faja andina plegada y corrida mientras que la llanura Chaqueña se desarrolla sobre el antepaís andino.

Las Sierras Subandinas están cubiertas por una densa selva, de modo que los afloramientos están mayormente restringidos a las quebradas de los ríos y arroyos y a los cortes de caminos. Un corte excepcional por su gran longitud y calidad de los afloramientos es el del río Bermejo, donde se exponen la mayoría de las unidades descriptas en esta Hoja. En particular, el corte del anticlinal Pescado sobre el río Bermejo se conoce como perfil de Balapuca. Al corte del río Bermejo se accede por el camino que une Bermejo y Tarija, en Bolivia. La apertura de caminos de acceso a los yacimientos petroleros de Ramos (Pluspetrol S.A.) y San Pedrito (Pan American Energy) ha permitido el acceso a excelentes afloramientos; el ingreso a estas áreas requiere autorización de las empresas permisionarias.

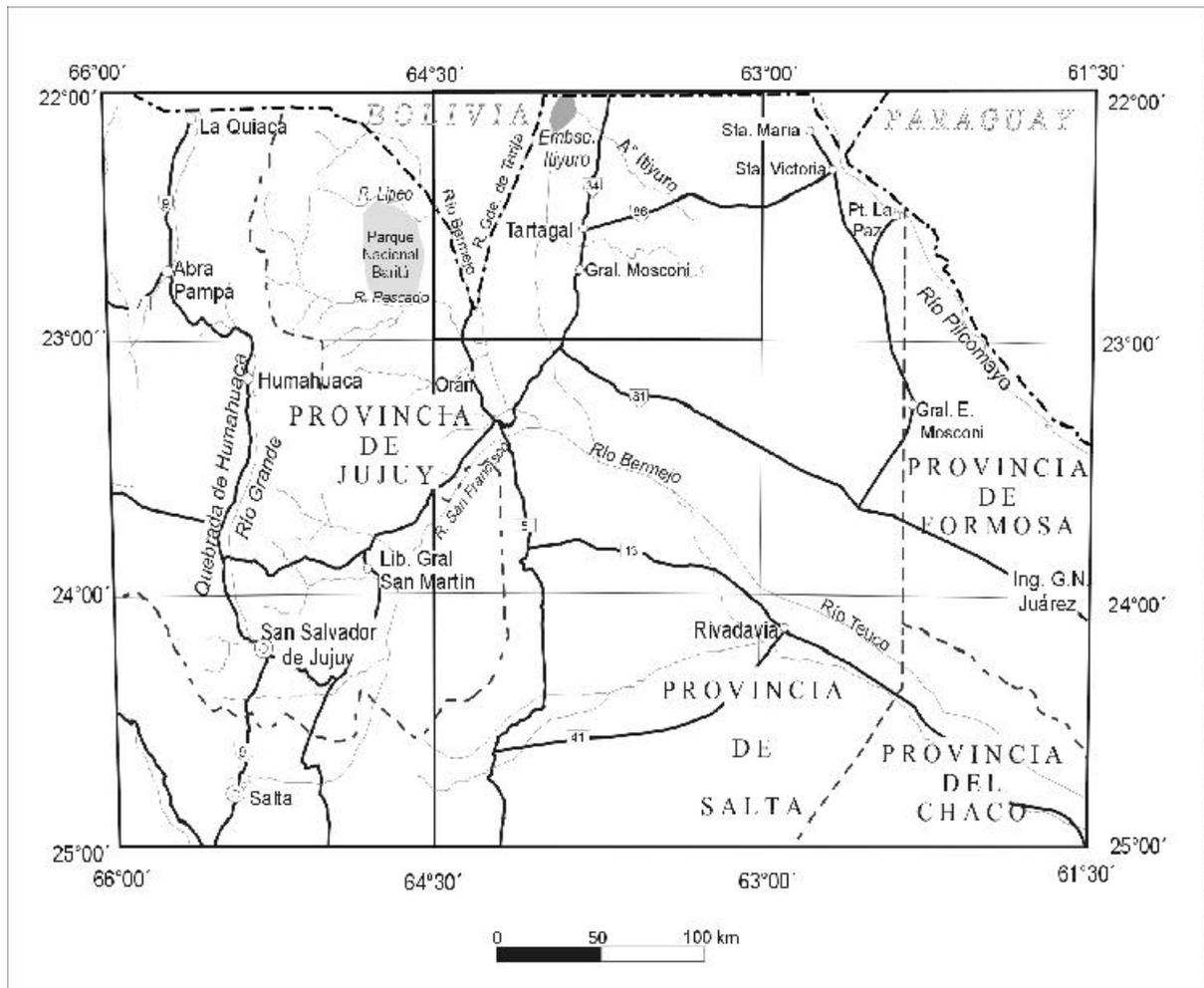


Figura 1: Mapa de Ubicación

## Naturaleza y metodología del trabajo

La Hoja 2363-I TARTAGAL se confeccionó de acuerdo con las normas establecidas por el Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina. El carteo de la zona de llanura Chaqueña es original, y está basado en fotografías aéreas, imágenes satelitales, vuelos aéreos de baja altura y reconocimiento sobre el terreno. El mapa geológico de las Sierras Subandinas, en cambio, fue adaptado en su casi totalidad de mapas preexistentes a escalas 1:25.000 a 1:250.000. La geología de las Sierras Subandinas occidentales se basó en el “Plano geológico de las Sierras Subandinas occidentales de afloramientos y subafloramientos”, confeccionado por Tecpetrol S.A., en 1995, a escala 1:50.000, para la UTE Aguargue. Este plano resultó de una revisión y actualización de mapas a escala 1:25.000 elaborados por la Comisión Geológica No. 4 (D. Starck, E. Gallardo, E. Donato y A. Schulz) y la Comisión Geológica No. 6 (R. M. Hernández, A. Disalvo y L. Constantini) de Yacimientos Petrolíferos Fiscales S.E. entre los años 1987 y 1992. La geología de las Sierras Subandinas orientales, por su parte, se basó principalmente en las siguientes fuentes cartográficas: (a) “Mapa geológico preliminar de Campo Durán, Madrejones, Icuá y Ñacatimbay”, a escala 1:25.000, de la U.T.E. Aguargue, 1995, basado en un mapeo de Y.P.F. S.E.; (b) “Eastern Block, Eastern Subandean Ranges”, a escala 1:250.000, de ex-Bridas S.A.P.I.C. (Pan American Energy), 1997; (c) “Mapa geológico del área La Porcelana-Chango Norte”, a escala 1:50.000, de XR Exploracionistas Regionales, 1995, (d) “Geología de la Sierra de Aguargüe”, a escala 1:25.000, 1992, de YPF S.E.

## Antecedentes bibliográficos

El trabajo de síntesis de Mingramm *et al.* (1979) es una buena introducción a la geología del área de la Hoja Tartagal y adyacencias. Síntesis más modernas pero estratigráficamente restringidas son las de Vistalli (1989) para el Siluro-Devónico, de Starck *et al.* (1993) para el Paleozoico superior-Mesozoico, y el de Hernández *et al.* (1996) para el Terciario. Trabajos puntuales se mencionan en el texto y una lista bibliográfica exhaustiva se adjunta a esta Memoria (gran parte de la información de mayor detalle está en informes de empresas petroleras).

## 3. ESTRATIGRAFÍA

Las interpretaciones paleoambientales de las rocas sedimentarias que se dan en esta Memoria están detalladas en el “Informe Sedimentológico” depositado en el Repositorio Geológico del SEGEMAR.

### 3.1. DEVÓNICO

#### 3.1.1. UNIDAD CORDILLERANO (1)

La Unidad Cordillerano, limitada por discordancias (“unconformity-bounded unit”; Código Argentino de Estratigrafía, 1992), fue definida por González Bonorino y Llambías (1996) en base a la subdivisión estratigráfica establecida por López Paulsen *et al.* (1992) para Bolivia, para referirse a los depósitos sedimentarios comprendidos entre las discordancias Oclóyica (Ordovícico superior) y Chánica (Devónico superior). Los estratos del Devónico mapeados en la Hoja Tartagal pertenecen a las Formaciones Pescado, más antigua, y Los Monos, más joven, y ocupan el tramo superior de la Unidad Cordillerano. Estos estratos conforman el núcleo del anticlinal Pescado y afloran extensamente sobre el río Bermejo.

Los depósitos de las Formaciones Pescado y Los Monos consisten de bancos interestratificados de cuarcita y pelita, organizados en sucesiones estrato y granocrecientes que reflejan la somerización de ambientes de plataforma nerítica a litoral (Jakúllica, 1951; Vistalli, 1989). En general, la Formación Pescado es más rica en arenisca y la Formación Los Monos es más rica en pelita. El contacto entre las Formaciones Pescado y Los Monos es concordante, y está expuesto en el flanco occidental del anticlinal Pescado. La base de la Formación Pescado no aflora y el techo de la Formación Los Monos es una discordancia regional de ángulo bajo a moderado ubicada por debajo de estratos del Grupo Macharetí. El espesor aflorante en el anticlinal Pescado es de unos 500 m para la Formación Pescado y unos 250 m para la Formación Los Monos (Starck, comun. pers., 1998). La edad devónica de las Formaciones Pescado y Los Monos está dada por restos de fauna marina (Jakúllica, 1951). Ottone (1996) postuló una edad devónica media a superior para la Formación Los Monos en base al contenido de polen hallado.

**CUADRO ESTRATIGRAFICO  
GENERAL**

Edad relativa	Edad Absoluta	Grupo	Formación (unidades lito- y cronoestratigrafía)	Unidades aloestratigráficas	Niveles de toba	
Holoceno			Depósitos aluviales y fluviales			
Pleistoceno						
.....	1,6 Ma					
Plioceno	5,5 Ma	Orán	Subgrupo Terciario Submarino	Terciario Subandino Superior	2do. Grupo de Tobas Blancas. 1er. Grupo de Tobas Blancas. 4to. Grupo de Tobas Grises.	
				Tercer Ciclo Progradante		
Mioceno	12 Ma			Terciario Subandino Medio	Segundo Ciclo Progradante	3er. Grupo de Tobas Grises. 2do. Grupo de Tobas Grises.
				Terciario Subandino Inferior	Primer Ciclo Progradante	1er. Grupo de Tobas Grises
.....						
Jurásico		Tacurú	Tranquitas	Tranquitas		
.....						
Triásico	250 Ma					
Pérmico Inferior		Cuevo	Ipaguazú Vitiacua Caraparí Cangapi			
.....						
Pérmico Inferior	290 Ma	Mandiyutí	San Telmo Las Peñas			
.....						
Carbonífero		Macharetí	Tarija Tupambi			
.....						
Devónico	370 Ma		Los Monos	Unidad Cordillerano		
			Pescado	Supersecuencia Aguaragüe Supersecuencia Las Pavas		

**LEYENDA**

.... Discordancia angular regional

— Superficie de inundación aluvial

— Límite cronoestratigráfico

### 3.2. CARBONÍFERO-PÉRMICO INFERIOR

#### 3.2.1. GRUPO MACHARETÍ (4)

Mather (1922) definió el Grupo Machareti para estratos aflorantes en Bolivia. En territorio de Argentina comprende las Formaciones Tupambi, Itacuamí y Tarija, de más antigua a más moderna. En las Sierras Subandinas occidentales las Formaciones Tupambi, Itacuamí y Tarija, no pueden discriminarse a escala 1:250.000 y están mapeadas en esta Hoja como Grupo Machareti. Por similar razón, en las Sierras Subandinas orientales, la Formación Itacuamí es mapeada junto con la Formación Tupambi.

Estratos del Grupo Machareti afloran en ambos flancos del anticlinal Pescado, en el bloque colgante de la falla Pintascaya-Desecho Chico, a lo largo del frente estructural de la sierra de Tartagal y en la margen izquierda del río Grande de Tarija.

##### 3.2.1.1. Formación Tupambi (2; incluye la Formación Itacuamí)

Zunino (1944) definió las Areniscas del Tupambi en base a estratos aflorantes en la sierra de Tartagal; Padula y Reyes (1958) introdujeron el nombre Formación Tupambi. La Formación Itacuamí remplace a Formación T-2 de la literatura petrolera antigua. En el área de la Hoja, estratos de las Formaciones Tupambi e Itacuamí han sido reconocidos en el perfil del anticlinal Pescado y en las quebradas de Iquirá y de Tuyunti, inmediatamente al oeste de Aguaray. Se accede a la quebrada de Iquirá por camino vecinal y a la de Tuyunti por la huella que conduce al santuario de la Virgen de las Peñas, en ambos casos desde Aguaray.

En el anticlinal Pescado, la base de la Formación Tupambi muestra un conglomerado mediano de 0,5 m de espesor. En su mayor parte, sin embargo, la Formación Tupambi está compuesta por arenisca blanca, de grano mediano, con laminación horizontal y en artesa, en bancos gruesos, con escasas intercalaciones de diamictita maciza. El origen de estos depósitos está en debate. Schulz et al. (1999) interpretaron las areniscas como fluviales y las diamictitas como glaciales de ambiente continental. En esta Hoja, las areniscas de la Formación Tupambi se consideran de ambiente litoral y las diamictitas como glacialmarinas. La Formación Itacuamí consiste de pelita gris oscura de plataforma nerítica, que en partes incluye bancos de diamictita glaciógena y

lentes de arenisca blanquecinas similares a las de la Formación Tupambi.

En las Sierras Subandinas occidentales, la Formación Tupambi mide unos 30 m de espesor en el anticlinal Pescado; en la sierra de Tartagal la base de la Formación Tupambi está cubierta y afloran 35 m en la quebrada Tuyunti (Marquez, 1978). La base de la Formación Tupambi es una discordancia regional de ángulo bajo a moderado que refleja el fallamiento asociado con la orogénesis Chánica y el labrado de paleovalles en depósitos del Devónico (Starck et al., 1993). La Formación Itacuamí, por su parte, apoya en concordancia sobre la Formación Tupambi, y aflora con espesores de 10 m en el anticlinal Pescado y de 40 m en la quebrada de Tuyunti (Barbagallo, 1986). La edad Carbonífero superior de las Formaciones Tupambi e Itacuamí está dada por restos de polen (Salfity et al., 1987; di Pasquo y Azcuy, 1997).

##### 3.2.1.2. Formación Tarija (3)

La Formación Tarija fue definida en Padula y Reyes (1958) para depósitos diamictíticos aflorantes en Bolivia y Argentina. La localidad tipo está sobre el río Tarija, aguas arriba de la desembocadura del río Itaú, en Bolivia. Estratos de la Formación Tarija afloran extensamente donde el río Bermejo corta el flanco occidental del anticlinal Pescado (por la estación de aforo de Balapuca) y los bloques colgantes de las fallas del Pescado y Pintascaya-Desecho Chico, y afloran puntualmente en las quebradas que cortan el flanco oriental de la sierra de Tartagal.

La Formación Tarija consiste predominantemente en una diamictita gris oscura, con rodados dispersos entre los que se destacan los de cuarcita y granitoide rojizo; la diamictita está afectada por una deformación sinsedimentaria que ha obliterado la estratificación y es común encontrar en ella fragmentos replegados de bancos de arenisca silicificada gris (López Gamundi, 1986). En el perfil de Balapuca, del lado argentino, aflora un cuerpo de arenisca gris de grano grueso, de 20 m de potencia, inmerso en la diamictita. El origen glacial de la diamictita está evidenciado por los clastos y pavimentos estriados (Starck et al., 1993). Los cuerpos de arenisca se atribuyen a abanicos proglaciales. Schulz et al. (1999) consideraron que la diamictita se acumuló en ambientes lacustres. En el tramo superior de la Formación Tarija, inter-

calados en la diamictita, se encuentran bancos de arenisca litoral litológicamente similares a los de la Formación Las Peñas (q.v). Estas intercalaciones indican que las litofacies Tarija y Las Peñas coexistieron.

El espesor de esta unidad alcanza 620 m en el perfil de Balapuca (Starck et al., 1993) y 320 m en la quebrada de Tuyunti (Barbagallo, 1986); la base se dispone en concordancia neta sobre capas de la Formación Itacuamí, y el techo es una discordancia regional de bajo ángulo por encima de la cual se disponen los depósitos de la Formación Las Peñas. Esta discordancia se atribuye a una caída glacioeustática. La edad carbonífera superior (Westphaliano-Stephaniano) de esta formación está dada por su contenido de polen (Salfity et al., 1987; di Pasquo y Azcuy, 1997).

### 3.2.2. GRUPO MANDIYUTÍ (7)

El Grupo Mandiyutí comprende las Formaciones Las Peñas, más antigua, y San Telmo, más joven. Estratos de este grupo afloran, de oeste a este, en el núcleo del anticlinal Nogalito (ángulo noroccidental de la Hoja), en ambos limbos del anticlinal Pescado, en el bloque colgante de la falla Pintascaya-Desecho Chico, y en los núcleos de los anticlinales que forman las sierras de San Antonio y de Tartagal.

#### 3.2.2.1. Formación Las Peñas (5)

La Formación Las Peñas fue definida por Padula y Reyes (1958) para estratos aflorantes y en subsuelo de Argentina; esta unidad es equivalente de la Formación Escarpment, en Bolivia. Estratos de esta unidad están bien expuestos donde el río Bermejo corta los anticlinales Nogalito y Pescado y el bloque colgante de la falla Desecho Chico, y en cortes de la sierra de Tartagal entre los ríos Caraparí y Tartagal.

La Formación Las Peñas consiste principalmente en una arenisca verde oliva y gris clara, de grano grueso y conglomerádica, dispuesta en bancos gruesos que localmente muestran estratificación diagonal. En algunos sectores desarrolla un conglomerado basal de hasta 15 m de espesor. En el río Caraparí, en la mitad superior del perfil expuesto, los estratos muestran abundante deformación sinsedimentaria. En el tramo inferior del río Yacuy, se intercalan entre las areniscas bancos gruesos de pelita (Marquez, 1978) y en la quebrada Zanja Honda, un banco de diamictita arcillosa marca la base de la formación (Pereyra,

1964). Estos depósitos se acumularon en ambientes deltaicos (Starck et al., 1993), fluviales (Schulz et al., 1999), y de abanicos costeros y litorales.

El espesor de esta formación es de aproximadamente 400 m en el río Caraparí (Tapia, 1985) y de 100 m en el anticlinal Pescado (Starck et al., 1993); en el bloque colgante de la falla Desecho Chico, sin embargo, el truncamiento erosivo de la Formación Tranquitas ha dejado sólo una delgada lámina de la Formación Las Peñas. La base es una discordancia de bajo ángulo de origen glacioeustático sobre capas de la Formación Tarija, y coincide con el desarrollo de paleovalles (Starck et al., 1993). El contacto con la Formación San Telmo es concordante.

La edad Carbonífero superior de la Formación Las Peñas está basada en su contenido de polen (Salfity et al., 1987; di Pasquo y Azcuy, 1997).

#### 3.2.2.2. Formación San Telmo (6)

La Formación San Telmo fue definida en Padula y Reyes (1958). La localidad tipo está sobre el río Tarija, donde cruza la sierra del Candado, en Bolivia. En el área de la Hoja aflora escasamente en el anticlinal Pescado (no fue discriminada en el mapa), y con mayor extensión en las sierras de San Antonio y de Tartagal. Hay excelentes afloramientos en el río Caraparí y sobre el camino de acceso al yacimiento San Pedrito.

En el perfil del río Caraparí, la Formación San Telmo ha sido dividida (Ahlfeld y Branisa, 1960; Tapia, 1985) en los miembros Yaguaca (128 m de espesor), Chimeo (140 m de espesor) y Caiguamí (unos 60 m de espesor), de más antiguo a más joven. El miembro Yaguaca consiste mayormente en pelita castaña con intercalaciones de bancos de arenisca de grano fino, en una sucesión granocreciente que pasa gradualmente al miembro Chimeo. Este miembro está compuesto por arenisca rojiza de grano mediano y grueso con laminación horizontal y convoluta, y por bancos de conglomerado organizados en tres sucesiones estrato y granocrecientes con techos netos; la sucesión inferior se inicia con las pelitas del miembro Yaguaca. En esta memoria, cada una de estas sucesiones se interpreta como el resultado de la progradación de un abanico costero. Del Papa y otros (1998), en cambio, interpretaron estos depósitos como enteramente fluviales. El miembro Caiguamí, por su parte, consiste principalmente en diamictita vinculada a un nuevo englazamiento de la plataforma. La Formación San Telmo se dispone en concordancia neta (una superficie de inundación)

sobre la Formación Las Peñas y el techo es una discordancia regional de bajo ángulo cubierta por capas de los grupos Cuevo y Tacurú y de la Formación Tranquitas. El espesor de la Formación San Telmo es de 350 a 400 m en el perfil de Balapuca (Starck *et al.*, 1993), en el río Caraparí (Tapia, 1985) y en la quebrada de Yacuy (Marquez, 1978). Estos depósitos se asignan al Carbonífero superior-Pérmico inferior, en base principalmente a su contenido de polen (Salfity y otros, 1987; di Pasquo y Azcuy, 1997).

### 3.3. PÉRMICO INFERIOR-TRIÁSICO SUPERIOR

#### 3.3.1. GRUPO CUEVO (8)

Schlatter y Nederloff (1966) definieron el Grupo Cuevo, sobre la base de afloramientos en Bolivia, para abarcar las Formaciones Cangapi, Vitiacua e Ipaguazú, de más antigua a más moderna. En las Sierras Subandinas orientales, la Formación Ipaguazú está ausente y, entre las Formaciones Cangapi y Vitiacua, se distingue la Formación Caraparí, la cual se incorpora en esta memoria al Grupo Cuevo. Debido a que el espesor de algunas de estas formaciones no permite discriminarlas a escala 1:250.000, se mapea el Grupo Cuevo indiferenciado, pero las formaciones integrantes se describen separadamente. Estratos del Grupo Cuevo están expuestos en los anticlinales Nogalito y Pescado (230 m de espesor sobre el río Bermejo; Starck *et al.*, 1993) y en los anticlinales Acambuco y del extremo septentrional de la sierra de Tartagal (400 m de espesor en el perfil del río Caraparí; Tapia, 1985). Las unidades del Grupo Cuevo han sido biseladas de norte a sur por la discordancia en la base del Grupo Orán y han sido totalmente eliminadas en localidades cercanas al borde austral de la Hoja.

**Formación Cangapi.** Mauri y otros (1956) denominaron Formación Cangapi a estratos previamente designados como Areniscas Inferiores. La localidad tipo está en las Sierras Subandinas de Bolivia. Los dos tercios inferiores de esta formación consisten en estratos de arenisca gris, de grano fino y mediano, macizas o con laminación horizontal. El tercio superior, por su parte, se caracteriza por una arenisca castaña y naranja, de grano fino y mediano, dispuesta en bancos de varios metros de espesor, con estratificación diagonal de gran escala de origen eólico. El espesor de esta formación alcanza 130 m sobre el río Bermejo (Tomezzoli, 1996), 250

m en el río Caraparí y 120 m en la quebrada de Yacuy (Marquez, 1978). La base es una discordancia de bajo ángulo sobre la cual se asientan los estratos de la Formación San Telmo. Su techo es una concordancia sobre la cual se dispone la Formación Caraparí en el río Caraparí y la Formación Vitiacua en otras áreas. La edad de la Formación Cangapi es pérmica inferior (Tomezzoli, 1996).

**Formación Caraparí.** La Formación Caraparí tiene su localidad tipo donde el río Caraparí sale de la sierra de Tartagal, 200 m aguas abajo del dique Itiyuro. Esta formación consiste de arenisca blanquecina y roja, de grano mediano y grueso, en estratos medianos, con laminación horizontal y ondulitas de oleaje alternando con pelita roja maciza. Localmente se intercalan nódulos de arenisca calcárea gris oscura. Estos depósitos se atribuyen a ambientes eólico, lacustre y de barreal. La Formación Caraparí se dispone en contacto neto sobre bancos de arenisca de la Formación Cangapi, y su techo es transicional a la Formación Vitiacua; su espesor es de 80 m en el río Caraparí (Marquez, 1978).

**Formación Vitiacua.** Mather (1922) definió la Formación Vitiacua para estratos calcáreos anteriormente conocidos como Horizonte Calcáreo Dolomítico (Bonarelli, 1913). La localidad tipo de esta unidad está en la sierra de San Antonio, inmediatamente al este del río Grande de Tarija. Esta formación está compuesta por: (a) dolomía gris clara, en estratos delgados, finamente laminados, con grietas de desecación; (b) brecha calcárea intraformacional; (c) arenisca gris, de grano mediano, con estratificación en artesa, y (d) escasas intercalaciones de pelita morada y verde, maciza. El espesor de la Formación Vitiacua es de 32 m en el anticlinal Pescado (Tomezzoli, 1996) y de 15 m en el río Caraparí (Marquez, 1978). La fauna hallada en estratos de la Formación Vitiacua en Bolivia sugiere al menos la existencia de una plataforma marina somera donde alternaron épocas de mar abierto y restringido (Marquez, 1978; L. Alvarez, 1999, com. pers.). Esta unidad se apoya en concordancia sobre estratos de la Formación Cangapi en las Sierras Subandinas occidentales, y sobre la Formación Caraparí en las Sierras Subandinas orientales; su techo es una concordancia neta sobre la cual se dispone la Formación Ipaguazú. La edad de la Formación Vitiacua abarca el lapso Pérmico medio-superior a Triásico inferior (Tomezzoli, 1996; Sempere *et al.*, 1992).

**Formación Ipaguazú.** La Formación Ipaguazú fue definida por Padula y Reyes (1958) con localidad tipo en las Sierras Subandinas de Bolivia. La Formación Ipaguazú consiste en una arenisca castaña, de grano fino, con estratificación en artesa, alternando con intercalaciones de pelita y, localmente, con intercalaciones de yeso en el tramo basal. Estos depósitos representan una sedimentación en ambientes de barreal y fluviales distales. El espesor de esta unidad es de 80 m en el anticlinal Pescado (Starck *et al.*, 1993). Esta unidad se dispone en concordancia neta sobre la Formación Vitiacua, y el techo es una discordancia de bajo ángulo sobre la cual se asientan los estratos del Grupo Tacurú. La edad de la Formación Ipaguazú es triásica media-superior (Tomezzoli, 1996).

### 3.4 JURÁSICO

#### 3.4.1. GRUPO TACURÚ (9)

Padula y Reyes (1958) definieron el Grupo Tacurú para rocas sedimentarias aflorantes en Bolivia, donde comprende las Formaciones Surutú, Cajones y Bororigua, de más antigua a más joven. Los estratos del Grupo Tacurú que afloran en Argentina en los flancos occidentales de los anticlinales Nogalito y Pescado, y en los flancos del anticlinal Acambuco, extremo septentrional de la sierra de San Antonio, son equivalentes de la Formación Bororigua (Reyes, 1978).

Los afloramientos del Grupo Tacurú consisten en una arenisca castaña rojiza, de grano mediano, con grietas de desecación, estratificación en artesa y estratificación diagonal de gran escala de origen eólico. Su base es una discordancia de bajo ángulo sobre la cual se disponen los estratos del Grupo Cuevo, y su techo es una discordancia de bajo ángulo por encima de la cual se asientan los estratos de las Formaciones Garganta y Tranquitas. El espesor del Grupo Tacurú es de 130 m en el anticlinal Pescado (Starck *et al.*, 1993) acunándose hacia el sur hasta desaparecer por erosión cerca del límite austral de la Hoja Tartagal (Starck *et al.*, 1993). Escasos restos de peces y de ostrácodos sugieren que el Grupo Tacurú tiene una edad jurásica o cretácica inferior; Tomezzoli (1996) lo asignó al Jurásico en base a consideraciones regionales y paleogeográficas.

### 3.5. MIOCENO-PLEISTOCENO INFERIOR

Bonarelli (1913) dividió el Cenozoico en tres unidades: Areniscas Superiores, Terciario Subandino y Jujeño. Schlagintweit (1938) denominó Formación Tranquitas a las Areniscas Superiores. Estudios posteriores demostraron que la unidad de Areniscas Superiores comprende dos paquetes de estratos discordantes entre sí (Fuentes, 1972); el más antiguo está constituido por depósitos de borde de cuenca del Grupo Salta y el más joven corresponde a la Formación Tranquitas. En el área de la Hoja, depósitos atribuidos al Grupo Salta afloran localmente en la sierra de Tartagal, en la quebrada de Galarza (Formación Tartagal; Vera, 1987), con una extensión que no permite su mapeo a escala 1:250.000. La Formación Tranquitas, por el contrario, está extensamente representada en la Hoja Tartagal. Mauri (1950) incluyó el Jujeño en el Terciario Subandino. Russo (1975) definió el Grupo Orán para referirse a la columna sedimentaria discordante sobre capas del Grupo Salta y más antiguas, la cual está cubierta en discordancia por depósitos del Cuaternario. El Grupo Chaco es sinónimo de Grupo Orán en Bolivia y en el subsuelo de la llanura Chaqueña.

En esta memoria se emplea Grupo Orán según Russo (1975) y se redefine el Terciario Subandino de Mauri (1950) como Subgrupo Terciario Subandino (n.n.). Así, en el área de la Hoja, el Grupo Orán comprende la Formación Tranquitas (y su equivalente la Formación Garganta) y el Subgrupo Terciario Subandino. La Formación Tranquitas es equivalente a la Formación Candado (White, 1923) expuesta en el núcleo del anticlinal Aguas Blancas.

En el tramo austral de las Sierras Subandinas, en el sector sudeste de la provincia de Salta y noreste de la provincia de Tucumán, el Grupo Orán ha sido subdividido de acuerdo a un esquema litoestratigráfico. Así ocurre que algunas de las unidades definidas, por ejemplo las Formaciones Guanaco y Piquete, son marcadamente diacrónicas y la equivalencia temporal con las unidades del Grupo Orán en la Hoja Tartagal no es evidente. El cuadro de correlación adjunto resume las unidades lito- y aloestratigráficas del Grupo Orán.

#### 3.5.1 GRUPO ORÁN

El espesor del Grupo Orán varía entre 7,2 km en el río Iruya, cerca del ángulo sudoccidental de la Hoja Tartagal (Hernández *et al.*, 1996), y 6,2 km en la estructura de la Porcelana, sector austral de la sierra de San Antonio (Mosquera, 1999).

### 3.5.1.1. Formación Tranquitas (10)

La Formación Tranquitas aflora extensamente en la Hoja, en el flanco occidental del anticlinal Pescado, en los bloques colgante y yacente de la falla Pintascaya-Desecho Chico, en las culminaciones anticlinales de la sierra de San Antonio y en el flanco occidental de la sierra de Tartagal. Excelentes exposiciones se encuentran en Bolivia, frente al puente de Aguas Blancas, en la quebrada de Galarza y en los cortes de camino de acceso al yacimiento Ramos de Pluspetrol S.A. La Formación Tranquitas es equiparable con las Formaciones Petaca y Yecua en Bolivia (Reyes, 1978).

Zunino (1944) distinguió dos miembros en la Formación Tranquitas aflorante en la sierra de Tartagal: Serie Gris Neta, más antiguo, y Serie Gris de Transición, más joven. La Serie Gris Neta principalmente comprende una arenisca amarillenta y castaña, calcárea, de grano fino y mediano, en estratos gruesos de hasta 10 m de potencia, separados por delgadas intercalaciones de pelita gris oscura. La Serie Gris de Transición, por su parte, comprende arenisca castaña y rojiza, de grano fino, en estratos gruesos (<2 m) y medianos, con intercalaciones de pelita roja y verde, organizados en una sucesión estrato- y granocreciente.

Esta subdivisión en dos miembros es válida para la mayor parte de los afloramientos de la Formación Tranquitas en la Hoja Tartagal. En afloramientos ubicados en el extremo sur de la sierra de Tartagal, sin embargo, se han distinguido cuatro miembros, a saber: Serie Abigarrada, Areniscas Calcáreas, Serie Polícroma y Serie Azulada, de más antiguo a más joven. Esta subdivisión se basa principalmente en cambios de color y no de litología.

En las Sierras Subandinas orientales, en la base de la Formación Tranquitas se distingue el Conglomerado Galarza, una unidad definida con poca precisión y marcadamente diacrónica, pero que indica al perforista la base del Subgrupo Terciario Subandino. En la localidad tipo en la quebrada de Galarza, el Conglomerado Galarza es una brecha sedimentaria de unos 10 m de espesor, con rodados de pedernal y escasos rodados de rocas del Paleozoico en una matriz de arenisca sabulítica calcárea. En la sierra de San Antonio, yacimiento San Pedrito, el Conglomerado Galarza es una arenisca conglomerádica con rodados de pedernal. Las brechas del Conglomerado Galarza representan derrubio derivado de la Formación Vitiacua del Grupo Cuevo. El resto de la secuencia de la Formación

Tranquitas corresponde a ambientes fluviales y de barreal.

El espesor de la Formación Tranquitas aumenta de unos 500 m a la latitud de Aguaray hasta 750 m a la latitud de Coronel Cornejo, en la sierra de Tartagal (Pereyra, 1964). Su base es una discordancia regional de bajo ángulo que bisela progresivamente, de norte a sur, estratos de los Grupos Cuevo y Mandiyutí. El Conglomerado Galarza apoya en discordancia sobre capas de la Formación Tartagal (homologada al Grupo Salta; Vera, 1987) en la quebrada de Galarza, sobre estratos de la Formación San Telmo en la sierra de San Antonio y sobre estratos del Grupo Cuevo en el subsuelo del yacimiento Madrejonas (Reyes, 1978). El techo de la Formación Tranquitas es una discordancia que coincide con una superficie de inundación y la separa del Subgrupo Terciario Subandino. Arigós (1945) y Arigós y Vilela (1949) informaron la presencia de restos de reptiles y de mamíferos del Mioceno-Plioceno en el Conglomerado Galarza. La edad de las capas superiores de la Formación Tranquitas ha sido estimada en aproximadamente 16 Ma por magnetoestratigrafía (Hernández *et al.*, 1996).

### 3.5.1.2. Formación Garganta (11)

Hacia el ángulo noroeste de la Hoja Tartagal, las capas de la Formación Tranquitas pasan a estratos correlativos de la Formación Garganta; estos depósitos están bien expuestos en el anticlinal Pescado, sobre el río Bermejo y el río Salado, en Bolivia. La Formación Garganta consiste de arenisca rojiza, de grano fino, caracterizada por estratificación diagonal de gran escala atribuida a una sedimentación eólica. La base de la Formación Garganta es una discordancia regional de bajo ángulo sobre depósitos de los Grupos Cuevo y Macharetí, y el techo es una concordancia neta sobre la cual apoyan los estratos del Subgrupo Terciario Subandino. El espesor de la Formación Garganta es del orden de 500 m y su edad es Mioceno, por extrapolación de dataciones en bancos de la Formación Tranquitas (q.v.).

### 3.5.2. SUBGRUPO TERCIARIO SUBANDINO (12; N.N.)

El Subgrupo Terciario Subandino ha sido subdividido según dos esquemas estratigráficos contrastantes. Inicialmente, Mauri (1950) lo subdividió en Inferior (sin tobas) y Superior, con varios niveles de tobas blancas y grises. Posteriormente,

Russo (1975) agregó un término Medio, a expensas del miembro Superior de Mauri (1950), quedando, entonces, un término Medio caracterizado por tobas grises, y un término Superior caracterizado por tobas blancas y capas de conglomerado. Dado que la división se hizo sobre la base de niveles de tobas, se trata de unidades cronoestratigráficas.

La Comisión Geológica No. 6 de Yacimientos Petrolíferos Fiscales S.E. adoptó para el Subgrupo Terciario Subandino de las Sierras Subandinas occidentales, la nomenclatura aloestratigráfica definida por Vergani y Starck (1989) en el valle de Lerma: Megasecuencia Calchaquense, más antigua, Megasecuencia Araucanense y Megasecuencia Jujeño, más joven. Esta nomenclatura no es recomendable por dos motivos. El primero es que sugiere una equivalencia cronoestratigráfica que no existe con las áreas tipo del Calchaquense, Araucanense y Jujeño en el sur de la provincia de Salta (Reynolds *et al.*, 1997) y el segundo motivo es que la terminación "ense" es propia de unidades cronoestratigráficas. La nomenclatura de la Comisión Geológica No. 6 introdujo, además, las siguientes unidades menores, de más antigua a más joven: Primer Ciclo Progradante, Segundo Ciclo Progradante, Estratos de La Maroma, Tercer Ciclo Progradante, Cuarto Ciclo Progradante y Estratos del Simbolar (cf. Hernández *et al.*, 1996). Recientemente Hernández y Reynolds (1995), efectuaron una revisión del mapeo de la Comisión Geológica No. 6 de Yacimientos Petrolíferos Fiscales, y simplificaron la nomenclatura del Terciario Subandino a Primer, Segundo y Tercer Ciclos Progradantes y Formación El Simbolar. El uso de una nomenclatura aloestratigráfica es de larga data en las Sierras Subandinas septentrionales, ya que Russo (1975) definió el Grupo Orán en base a discordancias de carácter regional. Cada Ciclo Progradante es una sucesión groseramente estrato- y granocreciente que pasa de pelita y arenisca fina en la base a arenisca mediana y localmente conglomerádica en el techo, y está limitado por superficies de inundación aluvial.

Los estratos del Subgrupo Terciario Subandino aflorante en las Sierras Subandinas occidentales fueron mapeados empleando la nomenclatura aloestratigráfica de Hernández y Reynolds (1995). En contraste, los depósitos del Subgrupo Terciario Subandino aflorante en las Sierras Subandinas orientales han sido mapeados de dos maneras: en la sierra de San Antonio se emplea la subdivisión cronoestratigráfica en Inferior, Medio y Superior, mientras que en la sierra de Tartagal se los ha

mapeado en forma indiferenciada. El uso de estos diferentes esquemas de nomenclatura estratigráfica respeta la imposición de la costumbre y se adecua a la información cartográfica disponible.

## SIERRAS SUBANDINAS OCCIDENTALES

### 3.5.2.1. Primer Ciclo Progradante (13)

Estratos del Primer Ciclo Progradante afloran en el bloque colgante de la falla Pintascaya-Desecho Chico y en ambos flancos del amplio sinclinal inmediatamente al este de esta falla. Los depósitos de este ciclo conforman una sucesión granocreciente que se inicia con pelita rojiza de barreal y culmina con estratos de arenisca de origen fluvial. La edad de este ciclo, por magnetoestratigrafía, está comprendida aproximadamente entre 16 y 11,9 Ma, lapso que corresponde al Mioceno Medio (Hernández y Reynolds, 1995; Aramayo Flores y Alonso, 1997). La sedimentación de estos depósitos ocurrió en una cuenca de antepaís, al este del frente de deformación.

La base y el techo del Primer Ciclo Progradante son superficies de inundación netas que lo separan de la Formación Tranquitas, por debajo, y del Segundo Ciclo Progradante, por encima. La edad del techo es de aproximadamente 12 Ma (cf. Aramayo Flores y Alonso, 1997). El espesor de este ciclo es de 500 m en el río Iruya (Hernández *et al.*, 1996).

### 3.5.2.2. Segundo Ciclo Progradante (14)

Estratos del Segundo Ciclo Progradante afloran en el bloque colgante de la falla Pintascaya-Desecho Chico, en ambos flancos del amplio sinclinal inmediatamente al este de esta falla, y en el flanco oriental del anticlinal de Aguas Blancas. Los depósitos de este ciclo conforman una sucesión granocreciente que se inicia con pelita rojiza de barreal y culmina con estratos de arenisca de origen fluvial. La edad de este ciclo está comprendida aproximadamente entre 11,9 y 5,5 Ma (Mioceno Medio y Superior), en base a magnetoestratigrafía (Hernández y Reynolds, 1995; Aramayo Flores y Alonso, 1997). El tramo superior del Segundo Ciclo Progradante incluye los Estratos de La Maroma, depósitos fluviales de ríos moderadamente caudalosos y con restos de paleoflora, lo cual sugiere un clima relativamente húmedo. Un importante nivel guía, un banco de

toba granatífera datado en 8,6 Ma (Viramonte *et al.*, 1994; Hernández y Reynolds, 1995; Aramayo Flores y Alonso, 1997) se intercala en el tercio superior del Segundo Ciclo Progradante. La sedimentación de estos depósitos tuvo lugar en una cuenca de antepaís y acompañó el avance del frente de deformación y el desarrollo del anticlinal Pescado.

La base y el techo del Segundo Ciclo Progradante son superficies de inundación netas que lo separan del Primer Ciclo Progradante, por debajo, y del Tercer Ciclo Progradante, por encima. La edad del techo es de aproximadamente 4 Ma (cf. Aramayo Flores y Alonso, 1997). El espesor de este ciclo es de 500 m en el río Iruya (Hernández *et al.*, 1996).

### 3.5.2.3. Tercer Ciclo Progradante (15)

Estratos del Tercer Ciclo Progradante afloran adosados a la falla del Pescado y en el núcleo del sinclinal inmediatamente al este de la falla Pintascaya-Desecho Chico. Los depósitos de este ciclo conforman una sucesión granocreciente que se inicia con pelita rojiza de barreal y culmina con estratos de arenisca y arenisca conglomerádica y escasos bancos de conglomerado de origen fluvial. Los clastos de grava provienen de estratos del Precámbrico y Paleozoico inferior. La edad de este ciclo está comprendida aproximadamente entre 5,5 y 1,6 Ma, en base a magnetoestratigrafía (Hernández y Reynolds, 1995). La acumulación de estos depósitos acompañó el plegamiento de las Sierras Subandinas; por ello se les denomina “estratos sincrecimiento”.

La base del Tercer Ciclo Progradante es una superficie de inundación neta que lo separan del Segundo Ciclo Progradante y su techo es una discordancia regional de bajo ángulo que lo separa de la Formación El Simbolar. El espesor de este ciclo es de unos 2 km (Hernández *et al.*, 1996).

### 3.5.2.4. Formación El Simbolar (16)

La Formación El Simbolar se refiere a depósitos previamente denominados Estratos del Simbolar y Formación Simbolar (cf. Hernández *et al.*, 1996; Aramayo y Alonso, 1997). La Formación El Simbolar consiste predominantemente en estratos potentes de conglomerado de grano grueso, acumulados en abanicos aluviales, aflorantes al sudeste del

anticlinal Pescado, entre las fallas Pescado y N28E. El espesor de esta formación alcanza 400 m (Hernández *et al.*, 1996); su base es, en parte, una discordancia regional de bajo ángulo y, en parte, la falla N28E. Su techo es una discordancia regional de ángulo bajo a moderado por encima de la cual se disponen las capas del Pleistoceno superior-Holoceno. Su edad está comprendida aproximadamente entre 1,6 y 0,25 Ma, en base a magnetoestratigrafía (Hernández y Reynolds, 1995). Los abanicos aluviales ocuparon la depresión resultante del plegamiento de los anticlinales Pescado y Pintascaya.

Mosquera (1999) empleó el nombre informal “formación El Simbolar” para referirse a depósitos en las Sierras Subandinas orientales acumulados en depresiones formadas por la estructuración de las sierras de San Antonio y Aguarague. Estos estratos se acumularon en cuencas diferentes y separadas de la cuenca de la Formación El Simbolar.

## SIERRAS SUBANDINAS ORIENTALES

En la mayor parte del área de las Sierras Subandinas orientales los estratos del Subgrupo Terciario Subandino afloran escasamente bajo una cubierta de depósitos del Cuaternario, y no ha sido posible distinguir unidades menores en esa potente secuencia. Excepcionalmente, en las serranías de Campo Durán y en el extremo sur de la sierra de San Antonio, existe información cartográfica para dividir el Subgrupo Terciario Subandino en Inferior, Medio y Superior. La litología dominante en los tres miembros es arenisca beige, de grano fino y mediano, en estratos medianos y gruesos, alternando con pelita rojiza y con intercalaciones de tobas. Los bancos de arenisca son mayormente macizos y suelen tener techos y bases irregulares. Estos depósitos en su mayor parte corresponden a ríos efímeros.

### 3.5.2.5. Terciario Subandino Inferior (17)

Esta unidad consiste en bancos alternantes de arenisca beige, de grano fino, y pelita rojiza, en estratos medianos y gruesos. La base es una superficie de inundación regional que la separa de la Formación Tranquitas y el techo se ubica en la base del 1er. Grupo de Tobas Grises (Hernández y Reynolds, 1995). El espesor de este miembro es de 1,5 a 2 km.

### 3.5.2.6. Terciario Subandino Medio (18)

Esta unidad consiste en bancos alternantes de arenisca beige, de grano fino, y pelita rojiza, en estratos medianos y gruesos. La base se ubica en la base del 1er. Grupo de Tobas Grises; su techo está entre el 3er. y 4to. Grupo de Tobas Grises (Hernández y Reynolds, 1995). El espesor de este miembro es de 1,5 a 2,2 km.

### 3.5.2.7. Terciario Subandino Superior (19)

Esta unidad consiste en bancos alternantes de arenisca beige, de grano fino, y pelita rojiza, en estratos medianos y gruesos; en general el tamaño de grano de los depósitos es mayor que en las dos divisiones anteriores y localmente incluye bancos de conglomerado (por ejemplo, en el tramo inferior de la quebrada de Galarza). La base se ubica entre el 3er. y 4to. Grupo de Tobas Grises (Hernández y Reynolds, 1995; Aramayo Flores y Alonso, 1997). El espesor de este miembro es de 1,5 a 2 km.

## 3.6. PLEISTOCENO SUPERIOR-HOLOCENO

Bajo este epígrafe se describen los depósitos del Pleistoceno superior y Holoceno dispuestos en discordancia de bajo y alto ángulo sobre capas del Grupo Orán. La edad máxima de la base de esta unidad es aproximadamente de 0,25 Ma, basado en magnetoestratigrafía (Hernández y Reynolds, 1995). Las unidades definidas para el Pleistoceno superior-Holoceno se basan principalmente en criterios geomorfológicos. En algunos sitios, cañadones naturales y calicatas artificiales permiten obtener información estratigráfica para los 5 a 10 m superiores del relleno cuaternario de la cuenca de antepaís, y en otros, pozos de agua y pruebas preliminares de sismica de reflexión han permitido estudiar la estratigrafía hasta profundidades de varias decenas de metros.

### 3.6.1. DEPÓSITOS INDIFERENCIADOS (20)

Esta división comprende principalmente el regolito que cubre gran parte de las áreas bajas intere intraserranas. El espesor del regolito localmente supera los 5 m y puede sostener suelos. Los principales tipos de suelo son (Nadir y Chafatinos, 1990): a) Gleysoles en las planicies fluviales, b) Planosoles

en terrazas y conos detríticos antiguos sobre la margen del río Tarija y c) Phaeozem en valles intermontanos. Por otra parte, se incluyen en esta división depósitos de conos de deyección y de abanicos aluviales cuya extensión areal no permite el mapeo a la escala 1:250.000.

### 3.6.2. DEPÓSITOS DE PIE DE MONTE (21)

Esta unidad agrupa los depósitos de abanicos aluviales coalescentes al pie de la sierra de Tartagal y de la sierra de Campo Durán. El transporte de detrito es de noroeste a sudeste. La faja de este piedemonte es angosta en el valle estructural que separa las sierras de Campo Durán y de Tartagal, y se ensancha hacia el sur. Cortes profundos como en Zanja Honda exponen depósitos fluviales aterrizados en estratos de arena gravosa y grava gruesa que forman unidades de 3 a 5 m de potencia. El espesor de los depósitos de piedemonte cerca del pie de sierra (zona de máxima flexión del antepaís andino) se estima en 140 m en base a un pozo de agua cerca de Gral. Ballivian. El borde noroccidental y occidental de esta unidad es neto contra afloramientos del Subgrupo Terciario Subandino en la sierra de Campo Durán. Suelos de tipo Luvisol crómico se desarrollan sobre los depósitos del pie de monte (Nadir y Chafatinos, 1994).

### 3.6.3. DEPÓSITOS DE ABANICOS ALUVIALES ANTIGUOS DEL CARAPARÍ-ITIIYURO (22)

Esta unidad agrupa los depósitos de un gran abanico aluvial con ápice donde el río Caraparí sale de la sierra de Campo Durán y que se extiende hacia el este y sudeste, hasta más allá del borde oriental de la Hoja. Los depósitos superficiales consisten en arena y limo que en partes están retrabajados y redistribuidos por el viento formando médanos bajos. En imagen satelital se observan numerosos paleocauces distribuidores que derivan en bañados y están separados por interfluvios. Depósitos de esta unidad recubren el tramo distal de la unidad 21 (Depósitos de pie de monte). En su margen septentrional esta unidad linda con la unidad 21 y con un abanico aluvial con ápice en Bolivia (Depósitos de abanicos aluviales del Norte, unidad 25). Suelos del tipo Vertisol y Xerosol se desarrollan en el ámbito de esta unidad.

### 3.6.4. DEPÓSITOS DE ABANICOS ALUVIALES MODERNOS DEL CARAPARÍ-ITIIYURO (23)

Esta unidad agrupa los depósitos arenosos de un gran abanico aluvial con ápice donde el río Caraparí sale de la sierra de Campo Durán y que se extiende hacia el sudeste y sur, hasta el borde oriental de la Hoja. Suelos comunes en esta región son los Luvisoles, Vertisoles y Xerosoles (Nadir y Chafatinos, 1994). En imagen satelital se observan numerosos paleocauces y el cauce actual del Caraparí-Itiyuro, cuyas aguas actualmente se insumen hacia la mitad de su recorrido. Hacia el sur esta unidad linda con los Depósitos de abanicos aluviales del Bermejo (unidad 24); el contacto neto y la localización de cuerpos de agua sobre el contacto, en la desembocadura de los cursos activos del Itiyuro, sugieren contemporaneidad y probable interdigitación de estos dos sistemas. Hacia el oeste esta unidad linda con los depósitos de piedemonte con un contacto difuso que sugiere interdigitación. El límite occidental de esta unidad está marcado por el bañado El Tacuruzal.

### 3.6.5. DEPÓSITOS DE ABANICOS ALUVIALES DEL BERMEJO (24)

Esta unidad agrupa los depósitos más antiguos del abanico aluvial del Bermejo, representado por paleocauces orientados de oeste-sudoeste a este-noreste que se extienden más allá del borde oriental de la Hoja. El ápice de este abanico, donde el río Bermejo actual sale de la sierra de Tartagal, así como los depósitos más modernos de este abanico, se encuentran fuera de los límites de la Hoja Tartagal. Los cauces abandonados son de sinuosidad baja a moderada; los meandros pueden albergar madrejones luego de la temporada de lluvias. Registros de pozos de agua y pruebas de sísmica de reflexión de poca profundidad indican que aproximadamente un 90 % del espesor de este depósito consiste de arena fina y mediana bien seleccionada, y el 10 % restante en niveles de gravilla y arena con gravilla y de delgados bancos de arcilla y limo. En superficie, el retrabajo eólico ha dado lugar a la formación de médanos libres y de acumulaciones de arena a la sombra de arbustos. A lo largo del borde septentrional de esta unidad, en la cañada La Colorada, se forman numerosos madrejones en paleocauces meandriformes, en los cuales se acumula fango.

### 3.6.6. DEPÓSITOS DE ABANICOS ALUVIALES DEL NORTE (25)

Esta división agrupa los depósitos distales de un abanico aluvial con ápice en Bolivia. Numerosos paleocauces distribuidores corren de noroeste a sudeste, entrando en la Argentina, y luego viran al este para finalmente desaparecer en un bañado situado en el ángulo nororiental de la Hoja Tartagal. Estos paleocauces están rellenos con arena fina y fango. El límite meridional de esta unidad aproximadamente coincide con la quebrada Zanja Honda.

### 3.6.7. DEPÓSITOS DE CAUCES FLUVIALES ACTIVOS (26)

Esta división incluye la grava, arena y escaso fango que rellenan los cauces de los ríos actualmente activos de acuerdo a una escala temporal de décadas, así como los depósitos en meandros actualmente inactivos pero inmediatamente adyacentes a otros activos. Este caso es particularmente importante en el río Bermejo. También se agrupan en esta unidad los depósitos aterrizados en los valles de los ríos Bermejo, Pescado y Caraparí, compuestos por grava y arena. En esta Hoja se mapeó la unidad 26 sólo para los ríos Pescado y Bermejo dado el detalle que ofrece la planimetría del IGM. La imagen satelital permite mapear esta unidad para, por ejemplo, los ríos Seco y Caraparí. Además, el curso actual del río Bermejo está muy desplazado respecto de la cartografía IGM.

## 4. TECTÓNICA

La Hoja abarca dos áreas de marcado contraste estructural, como son las Sierras Subandinas y la llanura Chaqueña. En la llanura Chaqueña la potente pila sedimentaria del Proterozoico superior al Cuaternario muestra una deformación que varía de suave, en las capas más antiguas, a nula, en el Cuaternario. Las Sierras Subandinas, por el contrario forman parte de la faja plegada y corrida del orógeno andino, y en ellas la deformación es fuerte y compleja. Las estructuras de primer orden son pliegues y fallas inversas con vergencia hacia el este y rumbo NNE-SSO. A continuación se describen, de oeste a este, las principales estructuras (Figura 2); la información ha sido tomada en gran parte de Robbiano y Vistalli (1976) y de Aramayo Flores (1999).

**Anticlinal Nogalito.** Es un pliegue con núcleo en estratos del Grupo Mandiyutí, expuesto parcialmente en el rincón noroccidental de la Hoja; su eje buza hacia el noreste y tiene cierre en Bolivia. El anticlinal está cortado oblicuamente por la falla inversa India Muerta que suprimió gran parte del flanco oriental.

**Anticlinal Pescado.** Es un amplio pliegue levemente volcado hacia el este, con núcleo en estratos del Devónico; su flanco oriental está truncado por la falla de Pescado.

**Falla de Pescado.** Corrimiento de envergadura regional. En el bloque colgante, de norte a sur, bisela progresivamente estratos del Terciario, del Pérmico inferior-Triásico superior y del Paleozoico superior, y los superpone a capas de la Formación El Simbolar y del Tercer Ciclo Progradante expuestas en el bloque basal.

**Falla N28E.** Falla inversa con vergencia hacia el oeste, de corto rechazo, que en parte sigue la base de la Formación El Simbolar y la separa del Tercer Ciclo Progradante.

**Falla Pintascaya-Desecho Chico.** Corrimiento de traza ondulada con vergencia hacia el este. En su tramo septentrional, esta falla superpone capas del Paleozoico superior a capas de la Formación Tranquitas, en el flanco occidental del sinclinal del Remanso. En su tramo austral superpone bancos de la Formación Tranquitas sobre estratos del Tercer Ciclo Progradante. En el bloque colgante, esta falla corta estratigráficamente hacia arriba capas de los Grupos Macharetí y Mandiyutí hasta alojarse en la Formación Tranquitas.

**Sinclinal del Remanso.** Pliegue de extensión regional con buzamiento suave hacia el NNE, conformado en superficie enteramente por bancos del Grupo Orán. La falla Pintascaya-Desecho Chico bisela de norte a sur el flanco occidental de este sinclinal.

**Anticlinal Aguas Blancas.** Pliegue amplio con núcleo en capas de la Formación Tranquitas. Este pliegue tiene corta extensión en la Hoja pues está truncado en el sur por la falla El Carpintero; hacia el norte entra en Bolivia. Su flanco oriental está cortado por la falla Bermejo.

**Anticlinales Chango Norte-Ramos, San Pedrito y Acambuco.** Cumbres braquianticlinales de un tren estructural que conforma la sierra de San Antonio y que tiene hundimiento septentrional en Bolivia y austral cerca del borde austral de la Hoja Tartagal, donde se desarrolla la estructura de La Porcelana. La conexión entre las estructuras de Acambuco y San Pedrito se caracterizan por una fuerte deflexión hacia el este que ha sido atribuida a un control por falla OSO-ESE en el basamento.

**Anticlinal Yaguani.** Pliegue situado al este del anticlinal Chango Norte-Ramos y separado de aquel por el sinclinal Yaguani. El flanco oriental del anticlinal Yaguani está cortado por la falla Río Seco.

**Falla Río Seco.** Corrimiento de extensión regional desarrollado fuera de secuencia hace 2-1,5 millones de años (Mosquera, 1999).

**Falla Las Lagunas.** Corrimiento antitético de alivio de esfuerzo.

**Anticlinales Aguaragüe y Yacuy Norte.** Cumbres braquianticlinales que conforman el tren estructural de la sierra de Tartagal o de Aguaragüe. Ambas estructuras son marcadamente asimétricas y tienen sus flancos orientales truncados por la falla inversa Aguaragüe. El extremo meridional de este pliegue muestra una fuerte deflexión hacia el oeste atribuido a la influencia de fallas del Rift Cretácico (Mosquera, 1999).

**Falla Aguaragüe.** Corrimiento que se extiende de norte a sur desde Bolivia hasta casi el borde austral de la Hoja Tartagal. Está expuesto en superficie al norte de la latitud de Tartagal y, en su tramo septentrional, al este del anticlinal Yacuy Norte; trae a la superficie capas de la Formación Tupambi y las sobrepone al Cuaternario pedemontano. Al sur de la latitud de Tartagal este corrimiento pasa a ser una cuña estructural limitada por un nivel de despegue en el Silúrico y otro superior en la base del Subgrupo Santa Bárbara (Mosquera, 1999).

**Anticlinal de Campo Durán-Madrejones.** conformado en superficie por las capas más jóvenes del Subgrupo Terciario Subandino.

**Falla de Campo Durán.** En profundidad, este corrimiento conforma una cuña estructural con un nivel de despegue inferior en el Silúrico y otro superior en la Formación Los Monos (Mosquera, 1999).

La estructuración del área correspondiente a la Hoja Tartagal es el resultado de cinco principales episodios de deformación tectónica, los cuales están registrados como discordancias regionales en los afloramientos. Estos episodios tuvieron lugar en: (a) el Devónico tardío-Carbonífero temprano; (b) el Pérmico temprano-Triásico inferior; (c) el Triásico-Jurásico; (d) el Paleógeno y (e) el Neógeno. Las discordancias asociadas con los primeros cuatro episodios son todas de bajo ángulo, como se aprecia claramente en el anticlinal Pescado, donde las capas del Devónico al Terciario inferior están aproximadamente paralelas. Las discordancias reflejan movimientos epeirogénicos y de bloques fallados.

La estructuración de las Sierras Subandinas está vinculada principalmente al acortamiento asociado al ascenso de los Andes, en el Neógeno. La deformación del Neógeno involucra al basamento paleozoico. En general, los planos de las fallas inversas tienen inclinaciones fuertes en superficie y se aplanan en profundidad hacia el oeste, haciéndose paralelos a la estratificación, y coalescen en planos de despegue regionales, subhorizontales, alojados en pelitas del Silúrico y del Devónico. Los pliegues son asimétricos, con el flanco occidental tendido y el flanco oriental más empinado. Los anticlinales son apretados y los sinclinales son abiertos. Se pueden distinguir tres niveles estructurales según la respuesta a los esfuerzos compresivos (Mombrú y Aramayo Flores, 1986). El nivel más profundo está conformado por un paquete macizo de bancos de arenisca del Devónico, el cual resistió a la compresión plegándose suavemente. El nivel central corresponde a pelitas del Devónico y es el que absorbió la compresión con un comportamiento dúctil. El nivel superior, comprende estratos del Paleozoico superior a Terciario que se deformaron en pliegues apretados y concéntricos.

Mombrú y Aramayo Flores (1986) postularon que el estilo de plegamiento en la sierra de Tartagal se desvía del patrón general en zonas donde el espesor del nivel dúctil es muy potente. En esas zonas los pliegues adoptan una geometría en cajón, con ambos flancos empinados y hasta rebatidos. El anticlinal de Aguaragüe, en la sierra de Tartagal, tiene este estilo. Los perfiles estructurales que acompañan el mapa fueron elaborados en base a varias fuentes. El tramo A-A', está basado en Mingramm (1982) para la estructura profunda y fue ajustado a la cartografía geológica de superficie. Los tramos B-B' y C-C' están principalmente basados en las líneas sísmicas en Mosquera (1999).

## 5. GEOMORFOLOGÍA

La geomorfología del área cubierta por la Hoja Tartagal está caracterizada por el contraste entre las Sierras Subandinas, en el oeste, y la amplia llanura Chaco-Salteña, en el este (Igarzábal, 1991). El nexa entre estas dos regiones es una angosta franja de piedemonte al pie de las sierras de Tartagal y de Campo Durán (Figura 3).

### *Ambiente serrano*

El relieve de las Sierras Subandinas, con cordones paralelos separados por amplios valles subsecuentes, guarda estrecha relación con la estructura geológica generada por la orogénesis andina: las cumbres coinciden con las crestas de anticlinales y los valles con sinclinales o con sectores deprimidos ubicados al pie de la serranías levantadas por corrimientos.

El ambiente serrano en su mayor parte está cubierto por un denso tapiz vegetal que lo protege de una incisión por el escurrimiento superficial. Por otra parte, el clima húmedo tropical y la condición friable de las areniscas del Subgrupo Terciario Subandino, que cubre gran parte del área, favorecen la meteorización química y el desarrollo de un potente regolito que en faldeos de fuerte pendiente es propenso a ser removido por deslizamientos, reptación y flujos densos.

Los deslizamientos aportan importantes volúmenes de detrito a los cauces fluviales y colmatan la capacidad de transporte de sedimento de los ríos. La mayor parte de los deslizamientos observados en la región son de origen natural; las intensas precipitaciones estivales ocurridas en años recientes han favorecido estos fenómenos. Los deslizamientos generados por la desestabilización de laderas como consecuencia del emplazamiento de caminos u otras obras de infraestructura realizadas para distintas actividades extractivas de la zona, son subordinados. Son numerosas las cicatrices de deslizamientos en los faldeos de los cordones montañosos de esta zona. En algunos casos, una vez producido el deslizamiento, el sector afectado es colonizado por nuevas especies vegetales, lográndose un cierto grado de estabilización. En sectores de menor pendiente la reptación del suelo puede ser importante. Los deslizamientos ocurren en todo el ambiente serrano pero son particularmente comunes en el tramo de la sierra de Tartagal entre las quebradas del río Tartagal y de Galarza, donde afloran estratos de la Forma-

ción Tranquitas (Vistalli y Gómez, 1985).

En el ambiente serrano, la red hidrográfica se caracteriza por afluentes de corto recorrido que confluyen en los colectores principales. Un ejemplo de este diseño es el río Seco, que corre entre las sierras de San Antonio y de Tartagal, y desagua hacia el sur en la cuenca del río Bermejo. Por otra parte, la sierra de Tartagal está cortada por el curso antecedente del río Caraparí, que desagua hacia el este.

#### *Ambiente de pie de monte*

El ambiente de pie de monte es el resultado de la coalescencia de conos de deyección y aluviales. En la Hoja Tartagal, este ambiente se desarrolla en (a) la cuenca interserrana de los valles de los ríos Bermejo y Tarija, sobre el límite con Bolivia, entre las sierras Subandinas occidentales y la sierra de San Antonio, (b) en la cuenca interserrana del río Seco inferior, entre la sierra de San Antonio y la sierra de Tartagal, y (c) en la región extraserrana a lo largo del flanco oriental de la sierra de Tartagal. En las cuencas interserranas el ambiente de pie de monte es arealmente restringido, principalmente conformado por conos de deyección que descienden a los colectores troncales. El ambiente de pie de monte oriental, por su parte, es el resultado de la coalescencia de abanicos aluviales y conos de deyección alimentados por numerosos cursos de agua efímeros que descienden por el flanco oriental de la sierra de Tartagal.

En las cuencas interserranas, el ambiente de pie de monte ha sido solo levemente modificado por la acción del hombre. El oriental, en cambio, ha sido fuertemente modificado por la acción antrópica en los últimos años, como consecuencia de la ampliación de las áreas de cultivos, acompañada de desmontes y la ocupación de terrenos en zonas más altas. La mayoría de los cursos fluviales que cruzan el pie de monte han sufrido importantes reajustes en sus radios hidráulicos. El río Tartagal y el arroyo Galarza, por ejemplo, durante muchos años tuvieron una sección transversal reducida, acorde al caudal que normalmente escurría por la misma; en años recientes, sin embargo, sus caudales se incrementaron significativamente, lo cual condujo al crecimiento de la sección transversal de los cauces y su profundización. Estos cambios obligaron a realizar inversiones significativas en obras de protección con la finalidad de estabilizar sus cauces. En el caso del río Tartagal que cruza la ciudad de Tartagal, el tramo que pasa por el área urbanizada fue prote-

gido con losetas de hormigón para evitar que el río continuara con la profundización y el ensanchamiento del cauce, ya que ello puso en peligro a muchas viviendas y diferentes obras de infraestructura.

El tramo inferior del río Tartagal fue canalizado y controlado con otro sistema diferente al previamente señalado. Para evitar que el agua continuara con la profundización del cauce, se construyeron muros longitudinales en ambos márgenes conjuntamente con azudes complementarios para el control de fondo del cauce. Estas obras se realizaron con gaviones industrializados (malla hexagonal doble torsión), lo cual permitió proteger un amplio sector del cauce con un resultado apropiado mediante una obra de bajo costo y de bajo impacto ambiental, debido a que en la actualidad está totalmente cubierta de vegetación. En contraposición, el sector protegido con losetas de hormigón tuvo serios problemas en diferentes oportunidades, lo que dio lugar a reparaciones costosas y no permitió como en el caso anterior que se desarrollara la vegetación.

El arroyo Galarza, por su parte, corre paralelo a la ruta nacional número 34 en su tramo inferior. En varias oportunidades, durante crecidas, la ruta fue localmente erosionada. Para protegerla se construyeron muros laterales y saltos disipadores con gaviones industrializados para evitar que la erosión retrocedente continuara con la profundización del lecho.

#### *Ambiente de llanura*

El sector oriental de la Hoja Tartagal abarca parte de la llanura Chaco-Salteña, una subdivisión local de la llanura Chaco-Pampeana. La llanura Chaco-Salteña es, en rigor, una planicie de muy bajo gradiente que llega hasta las cercanías del río Paraná, formada por la coalescencia de los extensos abanicos aluviales del Caraparí-Itiyuro, Pilcomayo y Bermejo. En la llanura Chaco-Salteña el factor más importante es la actividad fluvial, a la que sigue la acción antrópica evidenciada en diferentes formas y con distintas intensidades, pero en todos los casos ocasionando profundas modificaciones al relieve y ambiente. Estos cursos con nacientes en diferentes sectores de las serranías del oeste desembocan en la planicie oriental, luego de un cierto recorrido por la misma, el que varía de acuerdo con los caudales disponibles.

En el área de estudio alcanza significativa importancia el tramo final del río Caraparí o Itiyuro al formar un extenso cono aluvial con una serie de bra-

zos abandonados los cuales evidencian una migración del cauce a lo largo de los años. En el terreno se observan canales no funcionales, en algunos casos cubiertos en forma parcial por nueva vegetación, lo cual demuestra la carencia de actividad fluvial. Normalmente el río Caraparí pierde su caudal por infiltración en un sector donde resulta fácil delimitar el cauce actual, que contrasta con los restantes brazos abandonados o bien con aquellos canales que ocasionalmente llevan agua durante los años de mayores lluvias. Del análisis de las imágenes satelitarias disponibles, se puede observar que el río Caraparí ocasionalmente alcanza con sus aguas al sector donde el río Bermejo tiene influencia desde el punto de vista fluvial y, por ende, morfogenético. Los restantes cursos de agua que provienen de las serranías del oeste se pierden en la zona boscosa formando, en algunos casos, conos aluviales de material de grano fino.

El factor antrópico en el ambiente de llanura constituye un elemento morfogenético muy importante, ya que es el motor de una degradación sistemática y acelerada del relieve y de los recursos naturales ligados al suelo, lo cual da lugar a un proceso creciente de desertización. La sistemática extracción de madera sin reforestación, los incendios forestales, la apertura de picadas y caminos, los desmontes y abandonos de campos, el sobrepastoreo, son algunos de los factores antrópicos que contribuyen a la pérdida continua de suelos y a la desertización. Las picadas, los caminos vecinales y ciertos límites de áreas de cultivo ejercen un control local sobre el drenaje superficial, favoreciendo el encauzamiento en direcciones preferenciales.

## 6. HISTORIA GEOLÓGICA

Los estratos más antiguos aflorantes son del Devónico y se acumularon en una plataforma continental marina adosada al cratón sudamericano. Los microfósiles indican ambientes de sedimentación de altas paleolatitudes que se extendieron a través de Sudamérica central hasta el África septentrional (Ottone, 1996). A fines del Devónico y principios del Carbonífero, la compresión asociada con la orogénesis Chánica produjo el fallamiento en bloques del sustrato Devónico y un generalizado ascenso que dio lugar a la emersión y erosión subaérea de esos depósitos. En el Carbonífero temprano, el mar transgredió nuevamente la región de la Hoja Tartagal. Esta inundación ocurrió en tiempos de la

glaciación continental que ocupó grandes áreas en los actuales Andes Centrales. El mar permitió el balsaje por témpanos de detrito glaciígeno y la subsidencia posterior a la orogénesis Chánica permitió su preservación como depósitos de plataforma nerítica (Grupo Macharetí). Estas condiciones, con avances y retrocesos de las calotas glaciarias, persistieron hasta el Pérmico (Grupo Mandiyutí). Una regresión glacioeustática dio lugar a la discordancia que separa los Grupos Macharetí y Mandiyutí.

La segunda deformación significativa ocurrió en el Pérmico temprano, y está reflejada por la discordancia en la base del Grupo Cuevo. El bajo ángulo de la discordancia indica que se debió a un ascenso epeirogénico que condujo a la emersión regional. Las condiciones ambientales fueron predominantemente continentales y de clima árido y semiárido, a juzgar por el extenso desarrollo de campos de médanos (Formación Cangapi) y de barreales (Formación Ipaguazú). No obstante, una ingresión marina cerca del límite Pérmico-Triásico permitió el depósito de las calizas de la Formación Vitiacua. Otro evento de ascenso epeirogénico habría ocurrido entre el Triásico y el Jurásico, el cual habría dado lugar a la discordancia de bajo ángulo en la base del Grupo Tacurú, cuyos depósitos reflejan el desarrollo de campos de médanos.

La tercera deformación tuvo lugar en el Paleógeno tardío-Neógeno temprano y está reflejada en la discordancia de bajo ángulo en la base de la Formación Tranquitas. La discordancia refleja un movimiento epeirogénico con alabeo hacia el norte. Esta etapa de la evolución geológica se asocia con el inicio de la cuenca de antepaís andino, cuando el cratón sudamericano fue flexionado por la carga litostática de la Puna, primero, y de la Cordillera Oriental, más tarde, en el Mioceno temprano y medio. El ascenso de la Cordillera Oriental corresponde aproximadamente con la fase diastrófica Quechua. El área de la Hoja estaba al este del frente de corrimiento, enteramente en la cuenca de antepaís. Esta época corresponde a la sedimentación del Primer Ciclo Progradante y parte del Segundo Ciclo Progradante. Para el Mioceno tardío (alrededor de 8 Ma) el frente de deformación ocupó el área de la Hoja. La sedimentación del tramo superior del Segundo Ciclo Progradante y del Tercer Ciclo Progradante es contemporánea con el desarrollo inicial de las estructuras anticlinales de Nogalito y Pescado, y la estructuración de la falla de Pintascaya-Desecho Chico. Los depósitos de estos ciclos se conocen como "estratos sincrecimiento"

(Hernández *et al.*, 1996). Los estratos acumulados en la cuenca de antepaís fueron progresivamente incorporados en la faja plegada y corrida, al tiempo que el eje de la cuenca migraba hacia el este. Hacia fines del Terciario la tasa de acortamiento disminuyó y los depósitos de la Formación El Simbolar rellenaron la depresión al este del anticlinal Pescado.

El acortamiento continuó durante el Cuaternario tardío pero el sistema sedimentario que originó los depósitos del Subgrupo Terciario Subandino dejó de estar activo. Ríos antecedentes cortaron las estructuras anticlinales y los bloques de falla elevados, y conos de deyección cubrieron los faldeos de estas mismas estructuras.

La evolución geológica del área correspondiente a la Hoja Tartagal se resume en los dos cuadros adjuntos.

## 7. RECURSOS MINERALES

La actividad económica del área correspondiente a la Hoja Tartagal está vinculada a los minerales industriales, petróleo y gas (Figura 5).

### 7.1. YACIMIENTOS DE MINERALES INDUSTRIALES

La explotación legal de calizas y áridos se remonta a las décadas del 50' y 60'. Las canteras de caliza están en la Formación Vitiacua, de edad triásica, y se nuclearon en el entorno del actual Dique Itiyuro. La producción de cal era para consumo local. Como consecuencia de la construcción del mencionado dique, muchas de ellas quedaron aisladas o inundadas por las aguas del embalse, y suspendieron la producción. Después de treinta años algunas de las mismas canteras fueron nuevamente denunciadas (Cantera La Esperanza) pero en la actualidad no existe ninguna explotación.

La extracción legal de áridos inicialmente se nucleó en la zona del Río Carapary, si bien la mayor parte de los ríos y arroyos que cruzan el piedemonte son potenciales fuentes de áridos. Ha habido una explotación ininterrumpida que alcanza para abastecer parcialmente el mercado local, con una venta en bruto del material rocoso. El marco minero legal de esta actividad se estableció recién en la década de los 80'. En la actualidad existen varias canteras de áridos denunciadas y activas, tanto en la zona del río Carapary (Canteras Carapary, Carapary I, Aguay) como en el sector sudoccidental de la hoja, en el río

Pescado. Existen varias explotaciones ilegales en las proximidades de los principales centros urbanos a lo largo de la ruta nacional 34, como por ejemplo en Tartagal y Ballivian, y algunas explotaciones en terrenos privados.

Hay depósitos de arcilla en niveles del Cuaternario. A la fecha la explotación de arcillas es mayormente clandestina, y se nuclea en torno a las poblaciones más importantes. Su aprovechamiento se limita a la fabricación de ladrillos. Un recurso con interesantes perspectivas futuras es un depósito de sulfato y carbonato de sodio que ha sido denunciado en el año 1998. Este depósito corresponde a la Mina Campo Blanco, ubicada en las proximidades del paraje Tobantirenda, y aún no se encuentra en explotación. La figura 4 muestra la distribución de los depósitos de arcilla, áridos y calizas de la Formación Vitiacua.

### 7.2. PETRÓLEO Y GAS.

La explotación de hidrocarburos es la actividad económica de mayor importancia. La actividad petrolera en esta región se inició en 1906, cuando D. Francisco Tobar perforó cinco pozos en la quebrada de Galarza, sierra de Tartagal, y descubrió el yacimiento que bautizó "República Argentina". En 1924, Yacimientos Petrolíferos Fiscales S.E. compró los derechos de la mina y la rebautizó "Vespucio". Años más tarde, Yacimientos Petrolíferos Fiscales S.E. descubrió los yacimientos Tranquitas y Río Pescado. Todos los yacimientos mencionados produjeron importantes volúmenes de hidrocarburos, y algunos de ellos se encuentran actualmente en operación. En la década del 20', la Standard Oil Company descubrió los yacimientos San Pedro, Ramos, Lomitas, Aguas Blancas y Cerro Tartagal. Los volúmenes de hidrocarburos recuperados en esos primeros años de actividad permitieron la construcción de dos refinerías, una ubicada en Campamento Vespucio (Yacimientos Petrolíferos Fiscales) y otra en Manuel Elordi (SOC).

En 1957 se descubrió el primer yacimiento de gas y condensado de la Argentina, yacimiento Campo Durán, al que le siguió el de Madrejones. La puesta en producción de estas dos grandes trampas estructurales condujo a la construcción de la refinería de Campo Durán y del gasoducto que une ese complejo industrial con el centro del país y Buenos Aires, así como la del poliducto paralelo.

A fines de 1970, Yacimientos Petrolíferos Fiscales S.E. realizó una serie de perforaciones en la

# HOJA TARTAGAL

## SINTESIS DE LA EVOLUCION GEOLOGICA

EDAD	UNIDAD/ HIATO	ACONTECIMIENTO	
		SEDIMENTACION/ EROSION	TECTONICA
Cuaternario	Depósitos aluviales	Erosión del relieve actual. Sedimentación post-crecimiento de pliegues.	Neotectónica y diseño del relieve actual.
Plioceno	Grupo Orán	Sedimentación sin-crecimiento de pliegues. Abanicos aluviales, ríos y barreales ocupan la peneplanicie.	Pliegues, y fallas asociadas, de Pescado, Aguarague y otros. Avance del frente de plegamiento. Cuenca de antepaís andino y cuencas de piggy-back asociadas.
Mioceno	hiato	Erosión de una peneplanicie.	Elevación epeirogénica regional y alabeo.
Jurásico	Grupo Tacurú	Campos de médanos.	Subsidencia lenta (?).
	hiato		Elevación epeirogénica regional.
Triásico	Grupo Cuevo	Domina sedimentación continental, eólica y de barreal; posible ingresión marina con la Formación Vitiacua.	Subsidencia lenta (?).
Pérmico	hiato		Plegamiento y elevación orogénica regional.
Carbonífero	Grupo Mandiyutí	Inundación marina de la plataforma intracontinental y prolongado englazamiento de la cuenca.	Subsidencia normal.
	Grupo Macharetí		Subsidencia rápida.
	hiato		Elevación epeirogénica con fallamiento en bloques.
Devónico	Unidad Cordillerano	Inundación marina de la plataforma pericratónica.	Subsidencia normal.

Subcuenca Lomas de Olmedo. Ellas condujeron al descubrimiento de un nuevo nivel productor en la Formación Yacoraite, de edad cretácica. Este yacimiento aportó nuevos volúmenes de petróleos de mayor densidad a los conocidos hasta la fecha, similar al que proviene de los yacimientos Martínez del Tineo, Puesto Guardián, Vinalar Norte y Puesto Climaco, todos ellos fuera de la Hoja Tartagal, al sur del Río Bermejo. Para la misma época, Yacimientos Petrolíferos Fiscales S.E. comenzó una exploración profunda en las sierras de San Antonio, Itaú y Tartagal y descubrió gas y condensado de los yacimientos Ramos, Aguaragüe, Yacuy y Tranquitas, en reservorios de edad devónica. Los últimos descubrimientos de relevancia en la exploración hidrocarburífera se concretaron luego de la privatización de la Cuenca Noroeste; entre ellos están los yacimientos Aguaragüe Profundo, San Pedrito, Ñacatimbay, Porcelana, Campo Durán Somero y Chango Norte.

La figura 4 muestra la distribución de los campos petroleros en el área de la Hoja Tartagal.

#### Cuencas petroleras del NOA.

El subsuelo de la Hoja Tartagal abarca rocas reservorio y generadoras de hidrocarburos de edades diversas. Ello es debido a que esta región ha sido un persistente depocentro durante gran parte del Fanerozoico, con una acumulación de más de 10 km de espesor de sedimentos, alojados en cuencas parcialmente superpuestas, a saber, las cuencas Devónica, Carbonífera, Cretácica y Terciaria. Todas estas cuencas tienen áreas productivas en el ámbito geográfico de las Sierras Subandinas.

#### Cuenca Devónica

El límite occidental de la Cuenca Devónica coincide con el frente externo de la Cordillera Oriental, mientras que hacia el este se extiende por el antepaís andino. En 1976, una etapa exploratoria con el objetivo de investigar horizontes devónicos profundos condujo al descubrimiento de los yacimientos de Ramos y Aguaragüe, productivos de las Formaciones Los Monos, Santa Rosa, Kirusillas y Ramos. La Formación Santa Rosa fue alcanzada a profundidades que varían entre 2800 y 4000 mbbp y produce caudales importantes de condensado y gas.

*Roca madre.* Pelítas grises oscuras de la Formación Los Monos son las rocas generadoras más importantes de la Cuenca Devónica. Su carácter oleogenético ha sido confirmado por estudios

geoquímicos realizados en los anticlinales de Ramos y Aguaragüe; se caracterizan por generar hidrocarburos livianos debido a su maduración a grandes profundidades. Por su parte, pelitas en la Formación Kirusillas (Silúrico) habría generado únicamente gas, según los análisis realizados en el yacimiento Ramos. En los sinclinales, la pesada carga litostática de los depósitos del Terciario ha hecho que las pelitas se quemen o entren en la ventana de gas (Mingramm, 1982).

*Roca reservorio.* Las rocas del Silúrico-Devónico con características de reservorio son las areniscas cuarcíticas de las Formaciones Santa Rosa y Ramos, cuya permeabilidad es consecuencia de fisuración en posiciones crestales de los pliegues. Este es el caso de los yacimientos Ramos, Aguaragüe y Aguas Blancas.

*Trampas.* Las trampas son de tipo estructural, desarrolladas en el Oligoceno.

#### Cuenca Carbonífera

La Cuenca Carbonífera está limitada hacia el oeste por el frente de fallas que eleva la Cordillera Oriental y se extiende hacia el noreste por el subsuelo de la llanura Chaqueña. La tarea exploratoria entre 1926 y 1930 condujo al descubrimiento de los yacimientos de Lomitas, Aguas Blancas, Vespucio y Tranquitas. Más tarde, entre 1951 y 1962, la exploración a profundidades mayores condujo al descubrimiento de los yacimientos Campo Durán, Madrejones, Icuá, Jollín y Tonono, en las Sierras Subandinas Orientales y llanura Chaqueña.

*Roca madre.* La generación de hidrocarburos principalmente se debe a intervalos pelíticos y pelitas bituminosas en las Formaciones Itacuamí, Tupambi y San Telmo.

*Roca reservorio.* Las areniscas de las Formaciones Tupambí, Tarija y Las Peñas poseen buena porosidad primaria, y son los principales reservorios. Se extrae petróleo de niveles poco profundos, entre 500 y 1000 mbbp, y condensados a profundidades entre 2700 y 4050 mbbp.

*Trampas.* Las mismas pelitas generadoras, y las diamictitas de la Formación Tarija, actúan de sello. El entrapamiento es en general estructural. Los anticlinales son elongados y guardan una dirección sur-suroeste a nor-noreste, en actitud coincidente con el rumbo de los cordones serranos. Conviene destacar que el carácter del entrapamiento estructural se repite en profundidad para láminas corridas sucesivas. Si bien hay desplazamientos variables entre las

**Cuadro 1: RESUMEN DE INDICIOS Y OCURRENCIAS MINERALES**

Nº INDICIO	SUSTANCIA	NOMBRE	LOCALIDAD	COORDENADAS		HOJA 1:100.000	LITOLOGIA	UNIDAD CARTOGRAFICA	EDAD	MINERALOGIA	LABORES MINERAS
				X	Y						
1	áridos	Juan 1	Río Pescado	22° 58' 26''	64°21' 19''	2363-13	áridos	27	Cenozoico	Thenardita	cantera
2	áridos	Cumi	Río Pescado	22°56' 53''	64°22' 30''	2363-13	áridos	27	Cenozoico		cantera
3	áridos	Carapary	Río Carapary	22°06' 13''	63°41' 54''	2363-2	áridos	27	Cenozoico		cantera
4	áridos	Carapary I	Río Carapary	22°06' 46''	63°42' 12''	2363-2	áridos	27	Cenozoico		cantera
5	áridos	Aguay	qda. Aguay	22°18' 57''	63°44' 29''	2363-2	áridos	27	Cenozoico		cantera
6	sulfato	C. Blanco	Tobantirenda	22°09' 45''	63°42' 47''	2363-8	evaporita	8	Cenozoico		manual
7	petról.,gas	Ñacatimbay	Aguaray	22°17' 36''	63°41' 37''	2363-2	arenisca	7	Pz.sup		perforaciones
8	petról.,gas	C. Durán	C. Durán	22°10' 09''	63°38' 40''	2363-2	arenisca	4	Pz.sup		perforaciones
9	petról.,gas	Madrejones	Prof. S.	22°01' 45''	63°37' 21''	2363-2	arenisca	4	Pz.sup		perforaciones
10	petról.,gas	Ipaguazú	Mazza	22°02' 01''	63°32' 38''	2363-2	arenisca	4	Pz.sup		perforaciones
11	petról.,gas	Jollín	Jollín	22°06' 46''	63°16' 28''	2363-9	arenisca	4	Pz.sup		perforaciones
12	petról.,gas	Tonono	Tonono	22°16' 15''	63°18' 48''	2363-3	arenisca	4	Pz.sup		perforaciones
13	petról.,gas	Balbuena	Balbuena	22°48' 49''	63°01' 42''	2363-9	diamictita	4	Pz.sup		perforaciones
14	petról.,gas	Río Pescado	Río Pescado	22°55' 48''	64°26' 06''	2363-13	arenisca	4	Pz.sup-Dv		perforaciones
15	petról.,gas	Ch. Norte	Sa. Alto Río Seco	22°57' 43''	64°10' 43''	2363-7	arenisca	4	Pz.sup-Dv		perforaciones
16	petról.,gas	L.Porcelana	Sa. Alto Río Seco	22°48' 49''	64°08' 45''	2363-7	arenisca	4	Pz.sup-Dv		perforaciones
17	petról.,gas	Ramos	Sa. Alto Río Seco	22°42' 03''	64°05' 35''	2363-7	arenisca	4	Pz.sup-Dv		perforaciones
18	petról.,gas	Aguaragüe	Sa. Alto Río Seco	22°38' 07''	63°58' 28''	2363-7	arenisca	4	Pz.sup-Dv		perforaciones
19	petról.,gas	Tranquitas	C. Vespucio-Gral.Mosconi	22°39' 00''	63°52' 16''	2363-8	arenisca	4 -10	Pz.sup-Dv		perforaciones
20	petról.,gas	Lomitas	Tartagal	22°35' 41''	63°51' 28''	2363-8	arenisca	4 -7	Pz.sup-Dv		perforaciones
21	petról.,gas	Cuchara	Co. S. Pedro	22°30' 08''	63°51' 10''	2363-8	arenisca	k	Pz.sup-Dv		perforaciones
22	petról.,gas	S. Pedrito	Acambuco	22°21' 03''	63°59' 55''	2363-1	arenisca	4	Pz.sup-Dv		perforaciones
23	petról.,gas	Acambuco	C. Macueta	22°13' 32''	63°56' 45''	2363-1	arenisca	4	Pz.sup-Dv		perforaciones
24	petról.,gas	Macueta	qda. Yacuy	22°01' 44''	63°53' 51''	2363-8	arenisca	4	Pz.sup-Dv		perforaciones

crestas anticlinales profundas y las superficiales, guardan en general una relación vertical que se traduce en la presencia de yacimientos superpuestos. A nivel individual, cada alineación constituye un tren de estructuras anticlinales separadas por sillars, a consecuencia de las inflexiones del eje regional. A ello se relacionan las distintas trampas. Los yacimientos de Campo Durán-Madrejones, Ramos y Acambuco son importantes productores.

### Cuenca Cretácica

La Cuenca Cretácica se extiende sobre gran parte de las provincias de Salta, Jujuy, Tucumán y Formosa. En ella se reconocen varios depocentros o subcuencas: Alemaña, Metán, Tres Cruces y Lomas de Olmedo, separadas por altos internos y umbrales que paulatinamente fueron perdiendo influencia hasta quedar totalmente soterrados. La subcuenca Lomas de Olmedo entra parcialmente en el sector suroriental de la Hoja Tartagal. El sector occidental de la cuenca se caracteriza por estar mayormente aflorado, mientras que el oriental subyace a los sedimentos Terciarios postpaleocenos, encontrándose mejor preservados desde el punto de vista petrolero.

*Roca madre.* El principal horizonte productor de hidrocarburos está en arcilits y carbonatos de baja energía de la Formación Yacoraite. Las edades de generación y expulsión de los hidrocarburos posiblemente varíen considerablemente entre las distintas áreas, ya que la cuenca presenta historias de subsidencia diferenciadas, gradientes geotérmicos variables y una evolución tectónica posterior a la sedimentación, muy compleja y distinta.

*Roca reservorio.* Los reservorios son areniscas con porosidad intergranular, calizas fisuradas y calizas oolíticas. Otros niveles reservorios existen en arcilits calcáreas fisuradas de la Formación Maíz Gordo y en vulcanitas andesíticas de edad cretácica superior. Ciertos intervalos de las areniscas de la Formación Lecho son excelentes reservorios.

*Trampas.* Los yacimientos descubiertos obedecen a distintos tipos de entrapamientos tanto estructurales, como combinaciones de éstos con trampas sedimentarias, (yacimientos Caimancito, Martínez del Tineo, Puesto Guardián, El Vinalar, todos ellos fuera de la hoja), anticlinales fisurados, hemianticlinales, espolones; todos los casos mencionados están relacionados con el ambiente del

Chaco Salteño. El factor estratigráfico del entrapamiento está dado en algunos casos por lenticularidad en arenas, en otros por diagénesis diferencial y, en otros, por disolución en carbonatos. La estratigrafía del Grupo Salta, salvo en las áreas proximales, contienen niveles pelíticos que actúan como sellos efectivos. No obstante, dado el medio sedimentario lacustre que caracterizó a la Formación Yacoraite, ésta posee secciones de arcilits y carbonatos impermeables, interdigitados con los reservorios confiriendo un buen sello. La Formación Olmedo suprayacente ofrece un buen sello por la presencia de arcilits y evaporitas.

La Cuenca Cretácica no ha dado aun yacimientos productivos en el área de la Hoja Tartagal. El único lugar donde se atravesó a la Formación Yacoraite y que constituye un horizonte productivo es un hallazgo reciente y corresponde al yacimiento Chango Norte.

## EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN

La actividad exploratoria y de desarrollo durante fines de la década del 90' ha sido muy importante tanto en la corrida de líneas sísmicas, como en la perforación de pozos en vista a confirmar y/o ampliar las reservas hidrocarburíferas. Los pozos Campo Durán 15, 38, 41 y 45 fueron intervenidos para evaluar el potencial hidrocarburífero de niveles someros (Formaciones San Telmo y Las Peñas), que se comportaran como productivos a partir del descubrimiento de los pozos Ñacatimbay x-1001 y Campo Durán Sur x-1001. Anteriormente los mencionados pozos producían de las Formaciones Tarija y Tupambí, y en la actualidad aportan un nuevo yacimiento que permitió incrementar notablemente las reservas.

## 8. SITIOS DE INTERÉS GEOLÓGICO

Se proponen tres Sitios de Interés Geológico (ver detalles de ubicación y descripción en el Repositorio del SEGEMAR):

1) Los Grupos Mandiyutí y Cuevo en el río Caraparí. Extremo septentrional de la sierra de Tartagal. Este sitio se destaca por los excelentes afloramientos a lo largo del río Caraparí, y contiene el perfil tipo de la Formación Caraparí. Entre el puente sobre el río Caraparí y el dique Itiyuro, el perfil expone el tramo superior de la Formación Las Peñas y una completa exposición de las Formaciones San

Telmo y Caraparí. Sobre el camino y al oeste del dique Itiyuro aflora la Formación Vitiacua.

2) Perfil del Grupo Macharetí en la quebrada de Iquirá. Sierra de Tartagal, inmediatamente al oeste de Aguaray. Los afloramientos están restringidos a la quebrada del arroyo Iquirá, y el perfil expone las Formaciones Tupambi, Itacuamí y Tarija. Este sitio se destaca por ser uno de los escasos lugares donde afloran las Formaciones

Tupambi e Itacuamí en las Sierras Subandinas orientales.

3) El Conglomerado Galarza en la quebrada de Galarza. Sierra de Tartagal, inmediatamente al oeste de Campamento Vespucio. Excepcional afloramiento de la Formación Tranquitas en la quebrada de Galarza y sobre el camino. Este sitio se destaca por mostrar el mejor afloramiento del Conglomerado Galarza.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Ahlfeld, F. y L. Branisa, 1960. Geología de Bolivia. Instituto Boliviano del Petróleo, Editorial Don Bosco, 150 p., La Paz.
- Aramayo Flores, F., 1999. Estructura de las Sierras Subandinas del noroeste argentino. Relatorio, 14<sup>o</sup> Congreso Geológico Argentino, Salta (en prensa). Completar
- Aramayo Flores, F. y J. Alonso, 1997. Cronoestratigrafía para el Proyecto Embarcación. Tecpetrol S.A.-UTE Aguaraquí, 5 p. (inédito).
- Arigós, L.E., 1945. Estudio estratigráfico y tectónico de una sección de la Sierra de Aguaraque entre quebrada Yacuy y quebrada Tres Quebradas, provincia de Salta. Tesis Doctoral, Museo de La Plata, N<sup>o</sup>. 65, 104 p. (inédito), La Plata.
- Arigós, L.E. y C.R. Vilela, 1949. Consideraciones geológicas sobre las Sierras Subandinas en la región de Tartagal (provincia de Salta). Revista de la Asociación Geológica Argentina, 4: 77-132, Buenos Aires.
- Barbagallo, J.A., 1986. Estudio de las sedimentitas neopaleozoicas correspondientes a las Formaciones Itacuamí y Tarija en el arroyo Tuyuntí, provincia de Salta. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires, 46 p. (inédito), Buenos Aires.
- Bonarelli, G., 1913. Las Sierras Subandinas del Alto Aguaraquí y los yacimientos petrolíferos del distrito minero de Tartagal, Depto. de Orán, provincia de Salta. Anales del Ministerio de Agricultura, Sección Geología, Mineralogía y Minería, 8(4), 96 p., Buenos Aires.
- Código Argentino de Estratigrafía, 1992. Asociación Geológica Argentina, Serie "B" (Didáctica y Complementaria), 64 p., Buenos Aires.
- Del Papa, C., C. Galli, R. Hernández, L. Alvarez, M. Santiago y A. Schulz, 1998. Paleoambientes de la Formación San Telmo (Grupo Mandiyutí, Carbonífero-Pérmico) en el río Caraparí, provincia de Salta, Argentina. Actas 7<sup>o</sup> Reunión Argentina de Sedimentología, 164-174, Salta.
- di Pasquo, M. y C.L. Azcuy, 1997. Palinomorfos reabajados en el Carbonífero tardío de la Cuenca Tarija (Argentina) y su aplicación a la datación de eventos diástróficos. Revista Universidade Guarulhos, Geociencias II: 28-42, Brasil.
- Fuertes, A., 1972. Presencia de los términos superiores del Grupo Salta (Formación Santa Bárbara) al norte de la dorsal de Michicola. Yacimientos Petrolíferos Fiscales S.E., 23 p. (inédito).
- González Bonorino, G. y E. Llambias, 1996. Geologic and paleogeographic development of southern South America (excluding Brazil) in the late Proterozoic and early Paleozoic. En: M. Moullade y A.E.M. Nairn (Eds.), The Phanerozoic Geology of the World I, The Palaeozoic, B., p. 265-338. Elsevier, Amsterdam.
- Hernández, R.M. y J. Reynolds, 1995. Estratigrafía del Terciario Subandino aplicada a los prospectos estructurales de hidrocarburos. Informe de XR S.R.L. para la UTE Aguaraque, 72 p. (inédito).
- Hernández, R.M., J. Reynolds y A. Disalvo, 1996. Análisis tectosedimentario y ubicación geocronológica del Grupo Orán en el río Iruya. Boletín de Informaciones Petroleras, Año XII, 45: 80-93.
- Igarzábal, A.P., 1991. Morfología de las provincias de Salta y Jujuy. Revista del Instituto de Geología y Minería, 8: 97-121, Universidad Nacional de Jujuy.
- Jakúllica, D., 1951. Estudio geológico del curso superior del río Bermejo y sus afluentes principales, Departamentos de Orán y Santa Victoria. Yacimientos Petrolíferos Fiscales S.E., 63 p. (inédito).
- López Gamundi, O., 1986. Sedimentología de la Formación Tarija, Carbonífero de la sierra de Aguaraquí, provincia de Salta. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 41: 334-355.
- López Paulsen, O., M. López Pugliesi, R. Suárez Soruco y J. Oller Veramendi, 1992. Estratigrafía, facies, ambientes y tectónicas fanerozoicas, en un sector de la Cordillera de los Andes. Sucre, Chuquisaca, 30 p., Santa Cruz, Bolivia.
- Márquez, J., 1978. Geología de la sierra de Aguaraquí entre los ríos Caraparí y Yacuy (provincia de Salta). Tesis de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires, 43 p. (inédito), Buenos Aires.
- Mather, K.F., 1922. Front ranges of the Andes between Santa Cruz and Embarcación. Bulletin Geological Society of America, 33: 703-764.
- Mauri, E., 1950. Tranquitas Sud. Yacimientos Petrolíferos Fiscales S.E., 33 p. (inédito).
- Mauri, E., E. Padula y J. Aldazosa, 1956. Yacimientos de petróleo y gas en Bolivia. Actas 20<sup>o</sup> Congreso Geológico Internacional. Simposio de Yacimientos de Petróleo y Gas en América del Sur y Antillas, 4, México.
- Mingramm, A., 1982. Geology and hydrocarbons of the thrust belt between Río Bermejo and Río Pescado (Salta). Shell Hydrocarbons B.V., Report 37, 28 p. (inédito).
- Mingramm, A., A. Russo, A. Pozzo y L. Cazau, 1979.

- Sierras Subandinas. En: Geología Regional Argentina, p. 95-137. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba.
- Mombrú, C. y Aramayo Flores, F., 1986. Geología del Yacimiento Aguarañe. Boletín de Informaciones Petroleras, Año III, 6: 53-64.
- Mosquera, A., 1999. Evolución temporal de la deformación en las Sierras Subandinas orientales. Actas Congreso de Hidrocarburos, p. 563-578, Mar del Plata.
- Nadir, A. y T. Chafatinos, 1990. Los suelos del N.O.A. (Salta y Jujuy). Universidad Nacional de Salta-CIUNSA, 86 p., Salta.
- Ottone, E.G., 1996. Devonian palynomorphs from the Los Monos Formation, Tarija Basin, Argentina. *Palynology*, 20: 105-155.
- Padula, E. y F. Reyes, 1958. Contribución al léxico estratigráfico de las Sierras Subandinas. *Revista Técnica Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos*, 1(1): 9-70.
- Pereyra, C., 1964. Contribución al conocimiento geológico de la parte sur de la Sierra de Aguarañe (provincia de Salta). *Yacimientos Petrolíferos Fiscales, Informe 1575*, 90 p. (inédito).
- Reyes, F.C., 1978. Algunas consideraciones sobre la posible edad geológica del cambio de pendiente regional en las Sierras Subandinas del noroeste argentino y sudeste de Bolivia. Universidad Nacional de Jujuy, Instituto de Ciencias Geológicas, *Revista 3*: 7-25, Jujuy.
- Reynolds, J.H., V.A. Ramos, T.E. Jordan y R.M. Hernández, 1997. Diachronism of regional Neogene stratigraphy in the Andean foreland, NW Argentina: arguments for retiring the Calchaquense and Araucanense terminology. *Geological Society of America, Abstracts with Programs*, v. 29(6), p-A-228.
- Robbiano, J. y M.C. Vistalli, 1976. Fotogeología de las sierras de Aguarañe, Macueta, Itaú, San Antonio y aledaños, departamento San Martín, Salta. *Yacimientos Petrolíferos Fiscales S.E.*, Buenos Aires, 54 p. (inédito).
- Russo, A., 1975. Consideraciones sobre la estratigrafía del Terciario en el noroeste argentino. *Yacimientos Petrolíferos Fiscales S.E.*, 13 p. (inédito).
- Salfity, J., C.L. Azcuy, O. López Gamundi, D.A. Valencio y J.F. Vilas, 1987. Cuenca Tarija. En: Archangelsky, S. (Ed.), *El Sistema Carbonífero en la República Argentina*, p. 15-39. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba.
- Schlagintweit, O., 1938. Una reunión de geólogos de YPF y el problema de la terminología estratigráfica. *Boletín de Informaciones Petroleras*, 15: 31-95.
- Schlatter, L. y M. Nederloff, 1966. Bosquejo de la geología y paleogeografía de Bolivia. *Servicio Geológico de Bolivia, Boletín 8*, p. 149, Bolivia.
- Schulz, A., M. Santiago, R. Hernández, C. Galli, L. Alvarez y C. del Papa, 1999. Modelo estratigráfico del Carbonífero en el sector sur de la Cuenca de Tarija. *Actas Congreso de Hidrocarburos*, p. 695-711.
- Sempere, T., E. Aguilera, J. Doubinger, P. Janvier, J. Lobo, J. Ollier y S. Wenz, 1992. La Formation de Vitiacua (Permien moyen à supérieur-Trias ?inférieur, Bolivie du Sud): stratigraphie, palynologie et paléontologie. *Neues Jahrbuch Geol Paläont Abh.* 185: 239-253. Stuttgart, Juli.
- Starck, D., E. Gallardo y A. Schulz, 1993. Neopaleozoic stratigraphy of the Sierras Subandinas Occidentales and Cordillera Oriental, Argentina. *Comptes Rendus XII International Congress on the Carboniferous-Permian*, 2: 353-372, Buenos Aires.
- Tapia, E.J., 1985. Estudio de las sedimentitas neopaleozoicas en el río Caraparí, provincia de Salta. Trabajo Final de Licenciatura, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 92 p. (inédito), Buenos Aires.
- Tomezzoli, R.N., 1996. Estratigrafía del Grupo Cuevo (Pérmico-Triásico Inferior) y del Grupo Tacurú (Jurásico) en las márgenes del río Bermejo (Orán, Salta y Tarija, Bolivia). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 51: 37-50.
- Vera, J. A., 1987. Estratigrafía y tectónica de la comarca comprendida entre las quebradas Zanja Honda y Galarza - Departamento San Martín, provincia de Salta. Tesis Prof., Universidad Nacional de Salta, 68 p. (inédito), Salta.
- Vergani, G. y D. Starck, 1989. Aspectos estructurales del valle de Lerma, al sur de la ciudad de Salta. *Boletín de Informaciones Petroleras*, 38: 59-75.
- Viramonte, J.G., J.H. Reynolds, C. del Papa y A. Disalvo, 1994. The Corte Blanco garnetiferous tuff: A distinctive late Miocene marker bed in northwestern Argentina applied to magnetic polarity stratigraphy in the Río Yacones, Salta Province. *Earth and Planetary Science Letters*, 121: 519-531.
- Vistalli, M.C., 1989. Cuenca siluro-devónica del noroeste. En: Chebli, G. y L. Spalletti (Eds.), *Cuencas sedimentarias argentinas. Instituto Superior de Correlación Geológica, Serie Correlación*, 6: 19-42. Univ. Nac. de Tucumán.
- Vistalli, M.C. y J.C. Gómez, 1985. Fotointerpretación en las cuencas hídricas del río Tartagal y los arroyos Gritón, Lomitas y Galarza. Sierra de Aguarañe, provincia de Salta. *Yacimientos Petrolíferos Fis-*

cales S.E., Buenos Aires, 12 p. (inédito).

White, K.D., 1923. Detailed reconnaissance of the Candado Range and the Tarija Valley between the Pescado River and the mouth of the Itaú River, with supplementary data on the San Telmo Range, SE Bolivia and NW Argenti-

na. Standard Oil Company of Bolivia, 34 p. (inédito).

Zunino, J., 1944. La estructura de la sierra de Aguarañe desde el paralelo 22° hasta la estación Cornejo. Yacimientos Petrolíferos Fiscales S.E., 55 p. (inédito), Buenos Aires.

### **AGRADECIMIENTOS:**

Se agradece a Mateo Turic y Roberto Campillo (YPF S.A.), a Eduardo Carrara y Fernando Aramayo Flores (Tecpetrol S.A.) y Eduardo Pezzi y Daniel Starck (Pan American Energy) por haber gentilmente facilitado la cartografía geológica de base para el mapeo de las Sierras Subandinas en la Hoja Tartagal. Se agradece a F. Aramayo Flores y R.M. Hernández por la lectura crítica de esta Memoria. Se agradece a D. Starck por las estimulantes conversaciones frente a los afloramientos. Se agradece a Julio Arias (Secretaría de Minería, Industria y Recursos Energéticos de la Provincia de Salta) por el material utilizado en el capítulo Geología Económica.