

## CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO DEL ANTICLINAL DE ZAPLA (PROVINCIA DE JUJUY)

Por A. NIENIEWSKI y E. WLEKLINSKI

### INTRODUCCIÓN

Las primeras informaciones sobre el anticlinal de Zapla aparecieron en la publicación de Brackebusch (7) *Estudios sobre la formación petrolífera de Jujuy*, del año 1883. Recién después de casi 40 años otros autores se ocupan de esta unidad en un intento de contribuir al esclarecimiento de las condiciones estratigráficas del norte argentino. Entre los trabajos más importantes se pueden citar los de Bonarelli (6), Ferruglio (10 y 11), Frenguelli (12), Hagerman (13), Schlagintweit (18 y 19), Harrington (14 y 15) y Sgrosso (20).

El descubrimiento de un importante yacimiento de hierro es causa de que el anticlinal sea objeto de nuevos y numerosos estudios. Mientras que los primeros trabajos trataban principalmente de la estratigrafía regional, a partir de aquel acontecimiento los geólogos realizan sus levantamientos considerando no sólo aquella sino también cuestiones estructurales y económicas relacionadas con el yacimiento.

Dos trabajos han sido publicados de acuerdo con esta tendencia; uno de V. Angelelli (2), quien se ocupa con amplitud de la geología y génesis del yacimiento ferrífero de Zapla, y el segundo de G. Cecioni (8), el que agrega observaciones aisladas sobre el anticlinal. Permanecen inéditos, además, otros trabajos realizados por geólogos de la Dirección General de Fabricaciones Militares, como V. Angelelli y A. Zardini (3), M. H. Tabachi (21), L. A. Barrionuevo (15), H. A. Devito (9) y finalmente los autores del presente estudio (17 y 23). El resultado de los levantamientos efectuados por los citados geólogos a lo largo del anticlinal de Zapla, en una extensión de 80 km, se presenta en el mapa compilado por los autores (fig. 1).

Las planchetas del Instituto Geográfico Militar a escala 1 : 50.000

cubren solamente la parte central del anticlinal, debiéndose efectuar levantamientos del resto en forma en general expeditiva.

El anticlinal de Zapla debe su importancia al hecho de ser el portador del yacimiento ferrífero que al presente se explota en la mina « 9 de Octubre ». El límite de este yacimiento es más o menos conocido y ha sido señalado en el mapa, aparte de que hemos agregado datos de índole estratigráfica, estructural y económica sobre este importante tema.

No se debe considerar este trabajo como una monografía, por las razones apuntadas, sino solamente como un aporte al conocimiento de la geología del anticlinal. Los autores presentan esta publicación en forma conjunta por haber trabajado simultáneamente en el terreno y por haber discutido juntos los problemas.

#### MORFOLOGÍA

En la parte austral de la gran cuenca que se extiende sobre los límites de las provincias de Salta y Jujuy, de sedimentación reciente, emerge el anticlinal de Zapla dividiendo a aquélla en los valles de Jujuy y de San Pedro. El anticlinal coincide en su morfología con el cordón más occidental de las sierras subandinas, integrado por las sierras de Puesto Viejo, de Zapla y la zona de C° Labrado, que se destacan bien en el terreno. La separación en los cordones ha sido efectuada por la acción erosiva de los ríos : Río Grande de Jujuy, Río Capillas-Negro y Río Candelaria, con su curso al E.

Las alturas culminantes de los distintos relieves son : el Morro de Puesto Viejo, de 1.010 m, el cerro Centinela en la Sierra de Zapla, que alcanza los 2330 m, y el C° Labrado en la zona del mismo nombre, con 2520 metros de altura. El eje del anticlinal pasa por esas elevaciones, lo que indudablemente indica que la morfología del cordón tiene su significado estructural.

Los ríos en el terreno estudiado tienen un curso general al E hacia el río San Francisco, y es dable notar que la línea divisoria entre la cuenca de este río y la del Río Grande de Jujuy corre paralelamente y muy próxima al último de los nombrados hasta la altura de la ciudad de Jujuy, desde donde desvía al E, para pasar por el C° Centinela.

Cursos de agua permanente son más abundantes en el Norte y disminuyen hacia el Sur. Desde la parte austral de la Sierra de Zapla hacia el sur y en toda la Sierra de Puesto Viejo — la parte con relieve menos marcado — el agua falta en absoluto durante la época de sequía. Las cañadas en el S son más suaves y menos profundas que en el N.

La sierra de Puesto Viejo comienza en la confluencia del río de las Cañadas con el río Lavayén, levantándose primero suave y luego brus-

camente hasta la parte central que culmina en una meseta; al norte esta meseta pasa a la llanura de San Juancito para terminar en la angostura del Río Grande.

La parte central y elevada de la Sierra de Puesto Viejo queda circunscripta por las terrazas del antiguo río de Jujuy en forma de un gran arco. La parte oriental del arco tiene un gran desarrollo y está fragmentada por la erosión posterior en grupos irregulares de cerros aislados que se extienden hasta las vecindades de San Pedro. La meseta tiene suave inclinación general al E mientras que al W termina en paredes abruptas de hasta 20 metros; como consecuencia de estas mayores pendientes, debidas a factores estructurales, el costado occidental de la sierra es menos monótono.

Dos líneas de cerros con típicas formas de «cuestas» — con pendientes fuertes en el lado opuesto al del buzamiento — son visibles. El filo exterior, Totoral, que limita un pequeño valle estructural — Cañada Ancha — dobla cerca de la ruta n° 34 y al noroeste bordea la meseta.

Al N, E y S la meseta descende con pendiente abrupta a dos cañadas convergentes, de Agua Dulce y de la Senda a Lavayén, y al valle del río Lavayén; la faja casi horizontal entre ambas cañadas está recorrida por otras, que llegan hasta la meseta. Todas las cañadas drenan los productos de los numerosos manantiales existentes en el borde oriental de la meseta; en esta forma las aguas, sumamente mineralizadas, depositan su contenido en carbonatos en la parte inferior de su curso formando «saladillos», en los que al perder su contenido de anhídrido carbónico dan origen a la tosca.

Al cruzar el Río Grande y penetrar en la Sierra de Zapla, se observa un leve ascenso del terreno con la consiguiente aparición de un relieve más desarrollado y morfología más interesante. Se relaciona esto con la elevación del eje del anticlinal, que dió como resultado que las series antiguas aparezcan en la superficie. Al mismo tiempo, la mayor intensidad de los movimientos orogénicos se nota en las pendientes fuertes, reflejo de buzamientos también fuertes. A diferencia del suave relieve visto hasta ahora, aparecen en esta zona una serie de elevaciones dispuestas en forma de cadenas longitudinales, que puede decirse que indican diferentes formaciones en el terreno y cuyas formas dependen de los caracteres litológicos. Entre ellas se encuentran valles longitudinales, en los estratos blandos, que se enlazan por medio de abras. Atravesando la sierra de W a E se ve que las cadenas alcanzan alturas cada vez mayores, arribándose con dificultad al filo principal, con su culminación, el C° Centinela. Siguiendo la misma dirección, al descender por el faldeo opuesto se observa semejante desarrollo del relieve.

En ambas pendientes nacen cerca del filo principal numerosos arroyos casi equidistantes que con sus hondas quebradas fraccionan en

CUADRO ESTRATIGRAFICO DE LOS SEDIMENTOS DEL ANTICLINAL DE ZAPLA

N° de la serie	Nombre de la serie	Según Schlagintweit	Según Harrington	
			Clasificación	Fósiles
1.	Conglomerado Cuaternario	Cuaternario		
Discordancia				
2.	Terciario Subandino	Terciario subandino		
		H i a t o		
3.	Margas Multicolores	Eo-Terciario ?		
4.	Hor. Calcáreo-Dolomítico	Cretácico		
Discordancia				
5.	Serie Mendieta	Devónico	Devónico	<i>Chonetes falklandicus</i> M. et S.
			H i a t o	
6.	Areniscas Amarillentas	Gotlándico	Silárico medio (Wenlockiano)	<i>Clarkeia antisensis</i> (d'Orb.) <i>Graptolites</i>
			H i a t o	
7.	Tilitas		Ordovícico medio (Llandeiliiano)	<i>Lingula</i> sp. <i>Calymenella zaplensis</i> Harr. y Leanza (M.S.)
8.	Areniscas Cuarcíticas	Ordovícico		
9.	Esquistos con areniscas y cuarcitas	(grupo 9, 8, 7, 6)	Ordovícico inferior (Skiddaviano-Llanvirniano)	<i>Hoekaspis schlagintweiti</i> Harr. y Leanza <i>Thysanopyge argentina</i> Kayser

trozos las citadas cadenas; este modo de erosión origina las típicas formas, visibles desde lejos, de « hog backs » y de « cuestras », las últimas preferiblemente en el ala oriental, en los estratos duros de areniscas cuarcíticas.

El filo central de la Sierra de Zapla baja al N en la dirección del río Capillas-Negro; al cruzar el río, las formas descritas se mantienen solamente en la pendiente occidental de la zona del C° Labrado. El macizo de este último está integrado en realidad por otros tres cerros dispuestos aproximadamente en triángulo: el cerro del mismo nombre, un cerro de 2.486 metros de altura (sin nombre), y la Loma de la Piedra Pintada; todo el macizo está bordeado al W por un largo y elevado filo montañoso de rumbo NW-SE que al N del río Corral de Piedras comienza a torcer gradualmente hacia el E hasta formar un arco simétrico que lo envuelve por completo en su parte norte. La pendiente externa de este reborde tiene una inclinación entre 25° y 40°, pero la pendiente interna cae abruptamente, a veces con desniveles hasta de cien metros.

Estas características del relieve hacen muy difícil y a veces imposible, el acceso a la zona. Las laderas del macizo propiamente dicho son más suaves, aunque los arroyos las cortan con profundas cañadas. Al E del macizo se nota una cuenca longitudinal que se ensancha al N hasta alcanzar algunos kilómetros a la altura del río Corral de Piedras, mientras que al S pasa a la cañada del A° Lagunillas, que desemboca en el río Negro. Esta depresión longitudinal está bordeada al E por un filo no muy elevado que más al N (fuera del mapa) es conocido con el nombre de Rangel, y que baja hacia el oriente con pendiente suave en dirección al valle San Pedro-Ledesma.

Para completar la descripción morfológica, se debe recalcar el importante papel que desempeñan las aguas, especialmente abundantes durante el estío; los arroyos, corriendo por cañadones profundos, originando saltos de agua y pequeños valles estrechos, colgantes, seccionan el terreno haciéndolo casi inaccesible e impartiendo un carácter salvaje.

Por fin hay que mencionar el terreno comprendido entre el macizo del C° Labrado y la ciudad de Jujuy, cuyo ancho alcanza a unos 20 km. Su morfología es diferente de la del anticlinal recién descrito debido a distintas condiciones estratigráficas y tectónicas. Comprende esta zona varios filos de rumbo perpendicular al del recorrido del anticlinal, que llegan a una altura de 2000 m.

#### ESTRATIGRAFÍA

El anticlinal de Zapla, integrado morfológicamente por tres partes diferentes, forma una sola unidad estratigráfica en todo su recorrido

de 80 km, desde el río Lavayén hasta el río Candelaria. Al N de este río las facies de las formaciones paleozoicas cambian por completo no encontrándose más el yacimiento ferrífero, razones por las cuales en esta zona se dió por terminada la exploración.

El estudio se ha limitado, en consecuencia, a esta unidad, sin examinarse las condiciones estratigráficas del Cordón Oriental ni de las unidades subandinas laterales. De los trabajos de Hagerman (13) y Schlagintweit (18 y 19) se desprende que las facies de los sedimentos de Zapla se extienden al S y al E del anticlinal; pero esto es válido sólo en lo referente a los estratos por arriba de las Areniscas Cuarcíticas (Ordovícico).

Los fundamentos de una división estratigráfica, establecidos por Bonarelli (6), han sido más tarde precisados por Hagerman; el esquema estratigráfico de Schlagintweit es, sin embargo, más completo y es el que para nosotros servía como base.

Las modificaciones introducidas por Angelelli (2) en dicho esquema han sido realizadas en base a las determinaciones de trilobites efectuadas por los doctores Harrington y Leanza y se refieren al potente conjunto de estratos «DL» de Schlagintweit, el que ha sido llevado al Silúrico (Gotlándico). La corrección mencionada, introduciendo el concepto de las «Areniscas Amarillentas», coincide con las características litológicas y morfológicas y resulta de gran utilidad en el terreno.

Los estudios más recientes de Harrington, comunicados verbalmente por gentileza del autor, modifican nuevamente la división de Schlagintweit. Las tilitas, hasta ahora pertenecientes al Silúrico, las agrega al Ordovícico (Llandeiliano); después de un hiatus situado encima de las Tilitas, separa la parte inferior de las Areniscas Amarillentas de Angelelli, que atribuye al Silúrico (Wenlockiano), de la parte superior de las mismas areniscas que clasifica ya como Devónico inferior.

La separación de la serie de Areniscas Amarillentas en dos pisos se basa solamente en los fósiles, ya que desde el punto de vista litológico no tiene confirmación clara; por consiguiente en este trabajo se trata la serie de Areniscas Amarillentas como una unidad litológica, muy útil a los fines de correlación.

Teniendo en cuenta todo lo expuesto se ha confeccionado el siguiente esquema estratigráfico de todas las series que integran el anticlinal de Zapla.

#### ORDOVÍCICO

Hasta ahora se encuentra poca mención en la literatura sobre esta serie, especialmente sus partes inferiores y medias, al tratar las Sierras Subandinas. Así Hagerman (13) escribe que es probable que en las peñas inaccesibles de las sierras de Santa Bárbara afloren rocas todavía más antiguas de (Z), es decir de la serie fosilífera del Ordovícico. Esta supo.

sición ha sido confirmada por Schlagintweit, quien en el A° Acherar (departamento Santa Bárbara) encontró el Horizonte Glacial de Zapla encima de las Areniscas Cuarcíticas.

Este último autor hace más amplia mención de los estratos debajo de las Areniscas Cuarcíticas y divide toda la serie Ordovícica en 4 grupos (6, 7, 8, 9).

Cecioni (8), en su reciente publicación menciona en pocas palabras : « la formación ordovícica, con una serie amarillenta, areno-arcillosa, sobre la cual descansan calizas de conchillas, areniscas con *Scolithus*, areniscas cuarcíticas y, finalmente, areniscas sacaroides », que no es suficiente para hacer correlación con la división nuestra.

Mientras tanto las series ordovícicas tienen una gran propagación formando el núcleo del anticlinal de Zapla a lo largo de 40 km y de un ancho de 15 km en la zona del C° Labrador, por lo que consideramos conveniente dedicarles mayor atención.

Por este gran desarrollo de los estratos ordovícicos el anticlinal de Zapla se distingue de las otras unidades subandinas integradas por sedimentos más jóvenes.

El Ordovícico del anticlinal de Zapla se puede dividir en 3 series, originadas en diferentes ambientes de sedimentación; éstas son desde abajo hacia arriba :

Serie 9 : Complejo areno-arcilloso	—	Espesor desconocido
Serie 8 : Areniscas cuarcíticas	— »	hasta 300 m.
Serie 7 : Tilitas	— »	hasta 40 m.

No se puede establecer la potencia de la serie 9 por la razón que su piso no aflora en ningún lugar de la zona en estudio.

Harrington clasifica la serie 9 como Ordovícico inferior (Skiddaviano y Llanvirniano) y las series 8 y 7 como Ordovícico Medio (Llandeilano).

*Esquistos con areniscas y cuarcitas. Serie 9.* — Los afloramientos de esta serie son esporádicos y sólo en el río Corral de Piedras se encuentra un perfil completo desde los estratos más antiguos hasta las Areniscas Cuarcíticas; lamentablemente no ha sido posible levantar este perfil por cuanto no se disponía del tiempo necesario para superar la casi inaccesibilidad del lugar. Se encontraron escasos fósiles mal conservados que no permiten establecer la posición stratigráfica, por lo que la división adoptada ha sido hecha sólo en base a los caracteres litológicos.

Podemos distinguir así, de abajo hacia arriba, los siguientes pisos :

4. Areniscas Cuarcíticas y Esquistos Verdes.
3. Areniscas y Esquistos Colorados.
2. Areniscas Cuarcíticas.
1. Esquistos Grises.

Todos los pisos se caracterizan por la variabilidad del material depositado concordantemente en el sentido vertical. No se observan grandes paquetes de estratos homogéneos como en las series de Areniscas Cuar-cíticas y Areniscas Amarillentas, sino por el contrario, los bancos de arcillas se intercalan entre bancos de areniscas y cuarcitas. En todos los pisos se encuentran capitas calcáreas lenticulares de pocos centímetros de espesor compuestas de fragmentos de conchillas, principalmente *Lingula* indet. Estas características nos hablan de frecuentes y bruscos cambios de sedimentación que causaron la extinción de los fósiles como consecuencia de oscilaciones del fondo del mar y la cercanía del continente. El aspecto de estos depósitos recuerda parcialmente a los sedimentos de « flysch ».

Los pisos más profundos 4 y 3 están integrados por el mismo material y difieren entre sí solamente por sus colores.

*Piso 4* : Es el piso más antiguo de la región estudiada, no habiéndose encontrado su yacente por lo que se desconoce su espesor, pero se aprecia la parte visible a más o menos trescientos metros.

A partir de la base, los estratos se componen de paquetes de esquistos muy arenosos con intercalaciones de areniscas y cuarcitas, de espesores variables desde pocos centímetros hasta algunos metros ; el cemento de las areniscas es arcilloso, de color gris y gris oscuro. A menudo se encuentran bancos de areniscas glauconíticas.

Las intercalaciones de las cuarcitas raramente sobrepasan el espesor de 1 metro ; sus colores varían desde gris hasta amarillo y rosado.

Los esquistos tienen esquistosidad desarrollada en mayor o menor grado ; a menudo el pasaje a las areniscas pasa desapercibido porque a pesar del aumento del material arenoso subsiste el aspecto esquistoso. Los colores son en general gris y gris oscuro con tintes verdes, especialmente hacia el techo.

Los afloramientos mejores y más completos se encuentran en el río Corral de Piedras, en un largo trecho de su cauce, como asimismo en el curso superior del A° Zanjón, en el río Capillas poco más abajo de la desembocadura del A° Lagunillas y en el A° Grande, donde aflora solamente la parte superior del piso.

Además de los fósiles, encontrados en las capitas calcáreas de conchillas, se observaron trilobites indet.

*Piso 3* : Se diferencia de los pisos delimitantes por su color rojo, que le hace tan característico en el terreno que sirve como un horizonte guía, a pesar de su escaso espesor de 20-50 metros. Los estratos del piso 4 al pasar al piso 3 cambian paulatinamente el color gris verdoso en violáceo y finalmente en rojo.

Se encuentran a menudo capas de cuarcitas de espesor hasta de 0,5 m, abundantes en caños de *Scolithus*. El material que integra el piso es



arenoso; las areniscas de la parte inferior, blandas, de grano muy fino y con cemento arcillo-ferruginoso, afloran en bancos gruesos. Por arriba los granos aumentan en tamaño, la estratificación es más marcada y la cantidad de mica fina, ya considerable, aumenta aún más.

En el techo se encuentra un banco muy característico de 3 m de arenisca dura, compacta y con estructura laminar por la gran abundancia de mica fina en los planos de estratificación. Debajo de este banco descansan areniscas de pocos metros de espesor que se caracterizan por su estratificación entrecruzada. De la estratificación laminar (*topset beds*) y de la entrecruzada (*foreset beds*) se deduce que las areniscas han sido depositadas en un ambiente de delta.

Las areniscas de la parte inferior se asemejan a esquistos arenosos, que al golpe de martillo se disgregan fácilmente en pequeños pedazos.

Un examen microscópico demostró que los granos, redondeados, son menores que 0,1 mm y forman el 30 % del material; algunos de estos granos, compuestos de diferentes individuos, presentan extinción ondulada, lo que indica origen metamórfico. Son numerosas además hojuelas de hidrobiotita, muscovita y clorita con escaso cemento de composición arcillo-ferruginosa <sup>4</sup>.

Los estratos de este piso se caracterizan a menudo por la presencia de caños verticales de diámetro de 1 cm que en los planos de estratificación se notan como manchas de color ceniza, regularmente dispuestas. Se supone que las algas marinas han producido estas formas.

También en este piso se intercalan capitas de calizas de conchillas con restos de Braquiópodos (en su mayoría *Lingula*). La circunstancia de constituir, por su coloración rojo vivo, un verdadero horizonte guía, ha facilitado en varios lugares como la angostura del río Capillas-Negro, A° Moral, A° Grande, la cumbre del C° Labrador, la interpretación de las estructuras.

*Piso 2* : Se lo separó de los pisos 3 y 1 por ser de aspecto totalmente diferente. Lo integran bancos gruesos de areniscas cuarcíticas de grano fino y medio y de colores claros, los que forman peñas y paredones a pique que se parten en grandes bloques. Algunos bancos abundan en caños de *Scolithus*.

Estratos de este piso se encuentran en la cumbre del C° Labrador y en el A° Zanjón, pero es difícil concluir algo sobre su espesor, el cual sobrepasa las dos decenas de metros.

Se puede mencionar que en este piso se ha encontrado un banco de areniscas arcósicas en una orilla del río Capillas-Negro, cerca de la desembocadura del arroyo Zanjón.

<sup>4</sup> El examen microscópico de los cortes delgados ha sido realizado con la colaboración del doctor M. E. Teruggi, del Museo de Ciencias Naturales « Bernardino Rivadavia ».

*Piso 1* : Se destaca de los pisos delimitantes por sus características litológicas y morfológicas. Está constituido en gran proporción por esquistos arcillosos que fácilmente sucumben a la erosión, formándose en ellos, por esta razón, pequeños valles longitudinales. Son de color gris hasta gris oscuro y también verde con un matiz pardo; tienen fractura concoidal y su composición es más o menos arenosa, con un pequeño contenido de finas hojuelas de mica y a veces concreciones ferruginosas.

En la parte superior se encuentran areniscas arcillosas blandas, gris-verdosas y bancos de cuarcitas de color de miel, que alcanzan una potencia de 0,5 m. Por la acción de la intemperie, algunos de los bancos adoptan formas características, debido a la presencia de numerosas impresiones de ramitas de plantas marinas que se cruzan en varias direcciones y producen en efecto una superficie arrugada y tosca. Windhausen (22, 88) menciona una forma de este tipo, *Arthrophycus harlani* Hall, del Silúrico de las Sierras Bonaerenses.

En el A° Grande se encontraron intercalaciones de esquistos duros, pardos, que en los planos de estratificación llevan impresiones de diferentes formas, entre otras unas semejantes a cortos clavitos. Tienen cierto parecido con los « hieroglifos » característicos del « flysch » de los Cárpatos, producidos por el arrastre de animales.

En la parte superior, al igual que en los otros pisos ya descriptos, se observan capas calcáreas delgadas y oscuras, con gran cantidad de restos de *Lingula* sp. y de trilobites indet. En casi todos los pisos del Ordovícico se puede encontrar *Cruziana fureifera* d'Orb. (*Bilobites*), pero sobre todo un banco de la parte superior de esta serie se distingue por su riqueza en dicho fósil, constituyendo así un horizonte característico.

Se asemeja este piso a la serie de las Areniscas Amarillentas, por lo que fácilmente podría ser confundido con ésta, de la que se distingue por su menor contenido de material arenoso, micáceo y de piritita.

El espesor del piso varía entre 60 y 100 metros. Se lo encuentra en la cuenca longitudinal del C° Zapla, en los arroyos del ala oriental del anticlinal, en los arroyos Matos, Zanjón, río Capillas-Negro (Vuelta Azul) y en la vertiente occidental del C° Labrador.

*Areniscas cuarcíticas. Serie 8.* — Es la serie más característica del anticlinal, constituida por un potente complejo de areniscas cuarcíticas cuya potencia llega a los trescientos metros. Descansan concordantemente encima de la serie anterior y como consecuencia de haber resistido más a la desintegración atmosférica y dado su gran espesor, las areniscas ejercen una influencia preponderante en la morfología al formar las cumbres y altas peñas.

El complejo se compone de bancos hasta de 3 metros de espesor de areniscas cuarcíticas ásperas al tacto, duras y de aspecto sacaroide; son

de grano mediano y color gris claro, blanquecino, y entre sus bancos se intercalan capas de pocos centímetros de arcillas arenosas de color gris oscuro. Las areniscas tienen a veces matices rojos en la parte superior debido a la presencia de óxido de hierro filtrado del horizonte ferrífero sobrepuesto.

La composición de las areniscas es homogénea, con granos de cuarzo vidrioso, bien redondeados y seleccionados, de tamaño hasta 0,5 mm. En el techo los granos son más grandes y menos seleccionados, lo que indica un cambio de las condiciones de sedimentación.

Los bancos presentan tres sistemas de diaclasas a lo largo de los cuales se disgregan en bloques formando grandes derrumbes en las cañadas y paredones a pique hasta 50 m; gracias a su rigidez y gran espesor este complejo se ha acomodado a la estructura, quedando chato en las adyacencias del eje anticlinal y sufriendo fracturas y fallas en sus flancos.

En estos bancos de areniscas se encuentran, en ciertos niveles, abundantes caños de *Scolithus*. Las capas arcillosas, por su parte, están llenas de fragmentos de *Lingula*; además Angelelli menciona otro fósil, *Nuculites* sp.

Las Areniscas Cuarcíticas tienen gran propagación, aflorando a lo largo de 50 km del anticlinal. En la zona del C° Labrador bordean la serie 9, mientras que la Sierra de Zapla está casi totalmente constituida por ellas. Los afloramientos desaparecen 7 km al N del río Grande y después de 20 km reaparecen en un recorrido de 5 kilómetros en la Sierra de Puesto Viejo, cerca del pueblo del mismo nombre.

Las características litológicas son las mismas en todo este recorrido, pero en cuanto a su espesor, se puede observar que son muy potentes (300 m) en el ala occidental de la Sierra de Zapla y comienzan a disminuir hacia el N y el E. En efecto, en la pendiente oriental de la sierra tiene sólo 150 metros, mientras que en la zona de C° Labrado mide 200 m y en la Vuelta Azul solamente 80 metros. Acerca de la potencia en las cercanías de Puesto Viejo no es posible decir nada porque solamente afloran 50 metros de la parte superior. En los sitios de menor espesor se nota un adelgazamiento de los bancos.

*La Tilitas. Serie 7.* — El horizonte glaci-marino de Zapla, en el techo de las Areniscas Cuarcíticas, ha sido detenidamente descrito por Schlagintweit (19), y reconocido por centenares de kilómetros hasta Bolivia central. El material que integra las Tilitas se compone de granos gruesos de cuarzo bien redondeados, hasta de dos centímetros de diámetro, y de granos pequeños, angulosos, también de cuarzo. El cemento es arcilloso. A menudo se encuentran pedazos de diferentes tamaños, angulosos o muy bien redondeados, de granito claro, gneis, basalto y cuarcitas.

En el arroyo Grande se encontró un errático con típicas estrías, de un tamaño de  $\frac{1}{2}$  m<sup>3</sup>. La mayor parte del material está integrado por granos de cuarzo bien redondos, seleccionados — de origen eólico — por lo que no se aprecia el típico aspecto de tilita. Los colores son gris y gris oscuro y la consolidación del material es mala, sin estratificación.

Desde Zapla hasta el río Capillas-Negro se observan dos horizontes glaciales separados por areniscas cuarcíticas en bancos gruesos, a menudo con ripple marks, análogas a las de la serie 8, que alcanzan unos 25 metros. Encima de las areniscas cuarcíticas descansan esquistos de pocos metros de espesor, de color gris (a la intemperie son de colores claros), en capas delgadas que se destacan por la alteración de los colores.

Al norte del río Capillas-Negro y en la Sierra de Puesto Viejo, se encontró solamente un horizonte glacial con espesores de 12 y 5 metros respectivamente. Al norte del río Corral de Piedras el horizonte glacial desaparece o aflora en forma de lentes aislados. En el ala oriental de la Sierra de Zapla la potencia es muy variable, faltando a veces la serie completamente. Siguiendo hacia el S, los espesores mensurados son los siguientes: río Capillas-Negro, 8 m; A° Grande, 20 m; A° Garrapatal, pocos metros; en el A° Trozada se acuña y desaparece parcialmente.

En general la deposición de las tilitas es completa, aunque en algunos lugares faltan. Los datos no son suficientes para decidir si faltan por la posterior erosión, aunque el cambio de espesores observado en el ala oriental señala tal posibilidad.

*Ciclo de sedimentación.* Es difícil hacer deducciones ciertas sobre el origen y la deposición de los sedimentos ordovícicos en base a las observaciones en el terreno, que constituye solamente una parte pequeña del antiguo geosinclinal. Además, las características de la sedimentación han sido borradas por movimientos tectónicos y por ciclos de erosión posteriores. Cecioni (8) supone que el continente del cual se formaron los sedimentos ordovícicos se hallaba al E del gran geosinclinal en el que se depositaron los estratos de la región en estudio y en general de todo el Cordón Oriental. Confirmaría esta suposición el cambio brusco que se observa en los estratos de la serie 9 en relación a la deposición tranquila de la misma en el Cordón Oriental; también lo comprobarían las areniscas intercaladas entre los dos horizontes glaciales en el W del anticlinal, no depositadas en el E del mismo como consecuencia de la regresión del mar, vinculada con la repetición del período glacial.

Durante la deposición de la serie 8 el ambiente de sedimentación ha sido más tranquilo, con una continua deposición del material arenoso bien seleccionado, redondeado y de grano mediano. Los movimientos tectónicos se interrumpieron y esto causó una época de tranquilidad en la deposición en un mar poco profundo; quizá como consecuencia de los

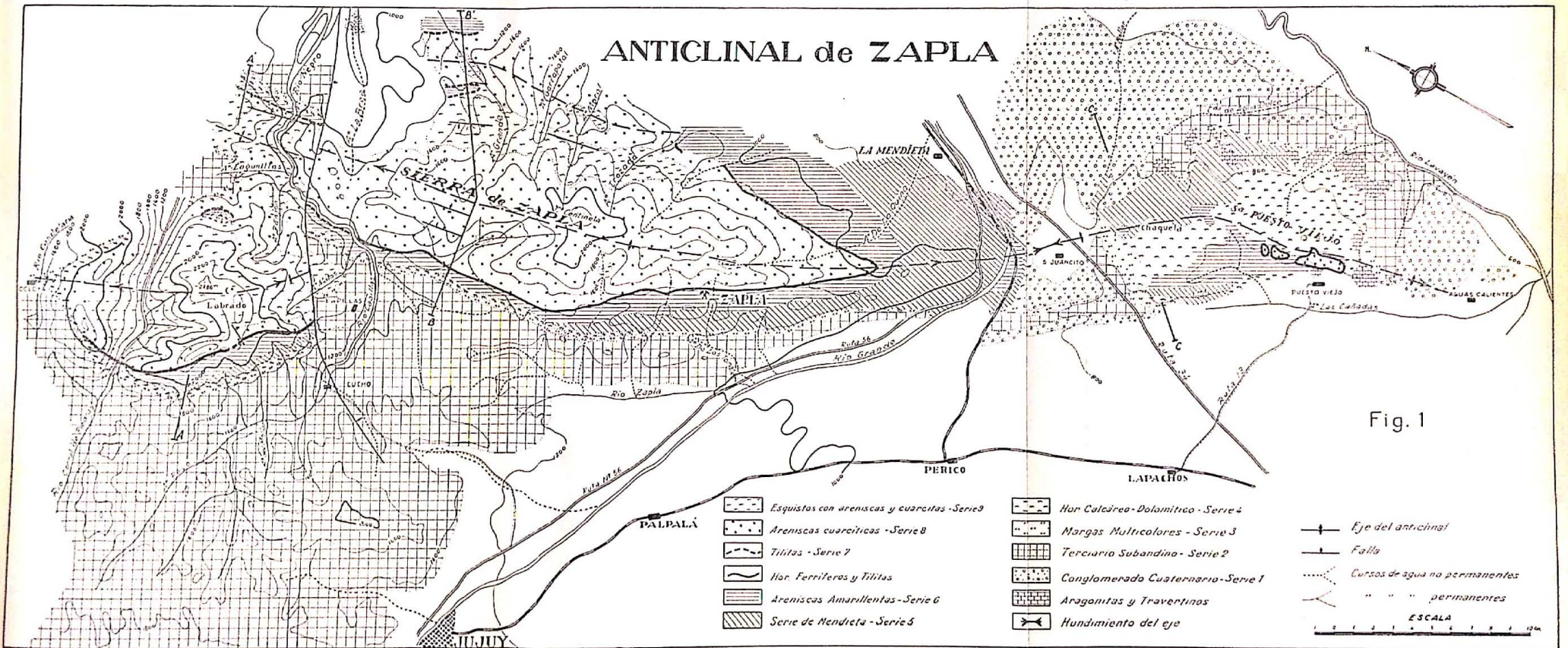


Fig. 1. — Mapa geológico de la Sierra de Zapla

movimientos han sido originadas nuevas elevaciones que aportaron con amplitud el material arenoso.

Al final de la deposición del Ordovícico — según la división de Harrington — tuvo lugar un nuevo cambio en el ambiente de sedimentación, como resultado del cual en lugar de los sedimentos marinos del shelf se acumularon depósitos glaci-marinos.

*Areniscas Amarillentas. Serie G.* — Encima de las tilitas descansa el potente complejo areno-arcilloso-micáceo, blando, bastante uniforme en su composición, que Angelelli (1) ha denominado Areniscas Amarillentas, aunque el aspecto justificaría más bien el nombre de esquistos.

La característica más general de la serie es el color gris oscuro con matiz verdoso, que por la acción de los agentes atmosféricos cambia a una coloración más clara, amarillenta, característica a la que debe su nombre.

Los estratos de la serie son desmenuzables, disgregándose en formas esferoidales. La estratificación no es buena pero mejora en la parte arenosa de la base, donde los bancos alcanzan uno o dos metros y a veces más.

Un corte delgado publicado por Angelelli caracteriza bien su composición como : « sedimento arenoso de grano fino (0,05 mm de diámetro), constituido en su casi totalidad por granos de cuarzo de contornos irregulares, angulosos, con finas láminas de muscovita, de piritita hasta 5 por ciento y con cemento arcilloso ».

La presencia de piritita y de materia orgánica (color oscuro) indica un ambiente con poca circulación de agua en condiciones anaeróbicas. Por falta de oxígeno y en presencia de bacterias y de óxidos férricos en estado coloidal se originaron la piritita y otros minerales ferrosos como turingita y siderita, que frecuentemente aparecen en diferentes niveles de la serie. El cambio de color de la serie en la superficie, como lo indica Angelelli, se debe a la destrucción de la materia orgánica y a la oxidación de los minerales ferrosos.

La parte inferior de la serie — más arenosa — se caracteriza por un amplio aporte del material ferruginoso, que culmina en la deposición de dos yacimientos hematíticos. Además las areniscas que delimitan esos bancos ferríferos se caracterizan por un elevado contenido de hierro, especialmente bajo la forma de turingita y de concreciones hematíticas.

La parte arenosa del techo, aproximadamente 50 metros, se destaca también por un mayor contenido de hierro en forma de concreciones e impregnaciones ferruginosas; se observó también una capita (banda), con concreciones concoidales verdosas, hasta de dos milímetros de diámetro. Se las encontró en el mismo nivel en tres lugares en un recorrido de 13 km, 2 en Puesto Viejo y uno en el corte del río Grande. En el último lugar las areniscas son compactas y duras, de color oscuro; capas de 0,20 m se intercalan con capas de concreciones más duras del mismo material.

Un corte delgado de las concreciones demostró granos de cuarzo algo redondos e irregulares, de un tamaño de hasta 0,2 mm y en proporción de 35 por ciento con pajuelas de muscovita y las concreciones (oolitas) de turingita, que a menudo incluyen granos de cuarzo. El cemento está constituido por granos de siderita, redondos y pequeños, por una masa clorítica que se altera en siderita, pajuelas de sericita, granos pequeños de cuarzo anguloso, sílice amorfa y granitos de material opaco.

Un corte delgado efectuado en las concreciones duras muestra varias bandas de pequeños cristales de cuarzo, con pajuelas de muscovita y fajas pardas ferruginosas, probablemente una siderita muy alterada. Los granos de cuarzo tienen 0,04 mm de diámetro y extinción ondulada, formando un cemento compacto que caracteriza a estas areniscas.

En Puesto Viejo la parte superior de la serie tiene un desarrollo diferente, observado también en otro lugar 10 km al N (Cueva del Tigre). La integran areniscas arcillosas, muy micáceas y blandas, de color rosado, que alcanzan a unos 15 m de espesor; en el primer lugar están cubiertos por el Horizonte Calcáreo-Dolomítico, en el segundo por areniscas violáceas de la Serie 5.

Un corte delgado revela pequeños y angulosos granos de cuarzo de 0,05 mm, algunos con extinción ondulada, que constituyen el 50 % del material, largas y abundantes pajuelas de muscovita, clorita muy alterada, de bordes difusos; el cemento es arcilloso-ferruginoso, con pequeñas pajuelas de sericita.

Los afloramientos de la serie 6 son continuos desde algo al S de Ocloya en el N hasta El Tabacal, 7 km al N del río Grande, donde se hunden bajo la serie de Mendieta. Reaparecen en el corte del río Grande y más al S en la Sierra de Puesto Viejo en un recorrido de 10 km en la falda occidental. Además, afloramientos pequeños se encuentran en tres lugares cerca del eje del anticlinal.

La serie tiene su máximo desarrollo a la altura del paralelo de Zapla, donde alcanza un espesor de 600 metros. En ambas direcciones, a lo largo del eje anticlinal de Zapla, ese espesor va disminuyendo: en Puesto Viejo tiene 300 m y en río Corral de Piedras 250 m. En el A° Grande se puede seguir la serie a lo largo de 3 km; una probable explicación de este fenómeno estaría en los pliegues secundarios del ala oriental. Cerca de Ocloya y en Puesto Viejo, cerca del eje del anticlinal, se observa una repentina disminución de la serie hasta su desaparición, descansando el Hor. Cal.-Dol. encima de las Areniscas Cuarcíticas. Este fenómeno se explica por la erosión post-devónica o quizá por el relieve ordovícico; en Puesto Viejo — en los afloramientos más australes — se encuentra la sucesión de todos los estratos, desde los horizontes ferri-feros hasta las areniscas arcillosas, rosadas, en el techo, siendo el espesor de toda la serie solamente 140 metros.

Las partes arenosas en el techo de la serie pasan paulatinamente a areniscas blanquecinas duras. En este nivel se encuentra en Zapla una faja fosilífera de la que Angelelli cita :

*Pleurotomaria* (?) sp. indt.

*Phacops* (?) n. sp.

*Calymene angelellii* Harr. et Leanza n. sp. (inéd.).

*Nautiloidea* gen. et sp. indet.

*Atrypina* (?) sp. indet.

*Phacopidae* gen. et sp. indet.

En el mismo lugar hemos encontrado graptolites.

*Horizontes Ferríferos.* La posición estratigráfica del yacimiento ferrífero ha sido descripta con las Areniscas Amarillentas. Muchos estudios se han realizado para determinar su extensión, como resultado de los cuales se lo ha circunscripto en el anticlinal de Zapla, en un recorrido de 66 km a largo del eje. En el faldeo occidental de la zona del C° Labrado y de la Sierra de Zapla los afloramientos siguen en forma continuada desde 2 km al N del río Corral de Piedras hasta 7 km al N del río Grande. En la pendiente oriental, cerca del A° de la Quina, el yacimiento aflora en un recorrido de 10 km ininterrumpidamente; más al N sus afloramientos son rudimentarios, en forma de lentes, sin importancia económica. En la Sierra de Puesto Viejo, cerca del pueblo del mismo nombre, el yacimiento aflora poco al W del eje del anticlinal sobre una distancia de 5 km.

Para dilucidar la cuestión de la deposición completa de los sedimentos ferríferos en el ala oriental, sería conveniente recurrir á los datos proporcionados por las perforaciones efectuadas en busca de formaciones petrolíferas.

En el W los horizontes ferríferos buzan fuertemente pero se desconocen sus límites; al S el yacimiento probablemente continúa, porque ha sido encontrado en el A° Unchimé de la Cresta del Gallo, 30 km al SE de Puesto Viejo. Al N, cerca de Ocloya, el yacimiento desaparece completamente.

La mención de Schlagintweit (19) sobre « las areniscas micáceas verdosas y coloradas, siendo un banco (1-2 m) muy ferruginoso » encima de las Tilitas, no es una probable continuación del yacimiento hasta el río Baritú (Salta) ?

En resumen, nada más se puede decir por el momento, aparte de señalar el hecho de que los sedimentos ferríferos se depositaron en una larga faja en la dirección N-S. En lo que atañe a su ancho, de los afloramientos rudimentarios en el ala oriental se puede deducir que no es grande y alcanza unos diez kilómetros o algo más. Los diferentes autores que han escrito sobre la Sierra de Santa Bárbara no mencionan la existencia de



areniscas ferríferas, lo que comprobaría la poca anchura de dicha faja.

Inmediatamente encima de las Tilitas descansa el Horizonte Principal compuesto de 1 a 4 bancos hematíticos intercalados con areniscas ferruginosas. En algunos lugares sobre las Tilitas se encuentran areniscas ferruginosas de un espesor hasta de 5 metros.

Los bancos hematíticos tienen un carácter lentiforme y su ley en hierro oscila entre amplios límites, alcanzando la suma de los espesores de 1 a 4 m. La potencia del Horizonte Principal es diferente en distintos lugares: zona de Labrado 4-7 metros; Zapla 4-6 m y en Puesto Viejo 5-10 m.

El Horizonte Secundario descansa encima del Principal, separado de éste por distancias de 10-15, 18 y 30 metros respectivamente, en los lugares mencionados, siendo sus espesores respectivos en los mismos sitios de 1, 1-2,50 y 0,7-7 metros; en Puesto Viejo lo integran dos bancos, a veces tres, separados por areniscas amarillentas con manchas ferruginosas. Los bancos del Horizonte Secundario se diferencian del Principal por sus menores leyes en hierro, pasando a veces a areniscas ferruginosas.

La observación macroscópica no permite diferenciar exactamente los bancos hematíticos de las areniscas ferruginosas y las últimas de las areniscas amarillentas en las intercalaciones porque existen pasajes graduales de unos a otros.

La potencia total del piso con ambos horizontes ferríferos alcanza en la zona del C° Labrado a 20 m, en Zapla 25 m y en Puesto Viejo 45 m.

Puesto que la mena ha sido descripta detenidamente por Angelelli, en base a gran cantidad de análisis químicos, cortes delgados y pulidos, habiendo resultado de dichos estudios conclusiones concretas respecto a su origen, no se repite tal descripción en este trabajo.

El Horizonte Principal por su mayor ley en hierro ha sido objeto de estudios económicos y actualmente se lo explota en la mina «9 de de Octubre», Zapla. Su difusión está marcada en el mapa figura 1. Según su tenor en hierro se lo puede dividir en cuatro zonas:

Zonas	Ley		Reservas
	Hierro %	Res. Ins. %	
1. C° Labrado.....	42	31	7,5 millones
2. Desde río Capillas hasta la mina «9 de Octubre».....	35	—	14,5 »
3. Mina «9 de Octubre» hasta 8 km al sur..	40-50	20-25	6,5 »
4. Puesto Viejo.....	30-38	35-14	70,0 »
Total aproximado...			100,0 millones

En la deposición de los horizontes ferríferos se destaca el amplio aporte de material ferruginoso bajo la forma de hematita, turingita, pirita y siderita. Buscando las rocas originarias (parent rocks) de estos sedimentos se puede referir al Ordovícico, parte del cual también es rico en contenido de hierro.

La suposición de G. Cecioni (8) de que las riolitas proporcionaron los minerales ferruginosos, no parece suficientemente justificada. El autor menciona solamente un lugar en el A° Garrapatal, donde encontró las riolitas, pero, desafortunadamente, no indica su posición ni su forma estructural.

En el mismo arroyo se ha encontrado, en el nivel de las Tilitas, un pequeño dique de una roca oscura vidriosa, hallada también en las Areniscas Amarillentas por Angelelli en Zapla. Asimismo Schlagintweit (18) menciona diques de rocas lamprofíricas que atraviesan las areniscas de la serie de Mendieta y filones-capas o algunos diques de las mismas rocas en los estratos de Zc, según Hagerman (13) en las sierras del departamento de Santa Bárbara.

#### SERIE DE MENDIETA

Bajo este nombre involucramos para su descripción a estratos serie 5) de la región comprendidos entre las Areniscas Amarillentas y el Hor. Calc.-Dol.

El más completo desarrollo de esta serie se encontró a lo largo del camino a la mina « 9 de Octubre », en Zapla; por esta razón se tomará este perfil como típico para compararlo con los perfiles incompletos de otros lugares o donde se noten ciertas diferencias de facies.

Dicha serie se puede dividir desde abajo en los siguientes pisos:

	Espesores	
	Zapla	Puesto Viejo
a) Areniscas blanquecinas .....	hasta 120 m	hasta 60 m
b) » violáceas .....	» 50 »	» 70 »
c) » rojizas.....	» 150 »	—

a) Las areniscas blanquecinas afloran en bancos cuya potencia máxima alcanza a 0,50 m. Son duras, con cemento silíceo de grano pequeño; tienen colores claros, blancuzcos y abundante mica muy finamente distribuída en los planos de estratificación. Las partes superficiales expuestas a la acción de los agentes climáticos se rompen en bloques irregulares con aristas agudas, formando peñas escarpadas como el C° Aserradero en Zapla.

En el techo aparece un paquete de estratos areno-esquistosos, com-

puesto de areniscas finas, compactas, con pequeñas laminillas de mica dispuestas en bancos delgados, a menudo hasta casi laminares, de color gris, que alternan con esquistos grises o gris-oscuros. En la superficie adquieren tonos amarillentos. El espesor de este paquete llega hasta 20-25 m.

b) Las areniscas violáceas, casi cuarcíticas, son semejantes a las anteriores pero se destacan precisamente por su característico color violáceo.

c) Las areniscas rojizas siguen a las areniscas violáceas con cambio gradual de sus características. El tamaño de los granos no es más uniforme y a menudo se encuentran bancos conglomerádicos con granos de hasta 3 mm. La estratificación no es clara, con bancos que alcanzan hasta 1 m de espesor. Son blandas, desmenuzables, con cemento ferruginoso y fácilmente disgregables.

En el faldeo oriental de la Sierra de Zapla, en los arroyos La Brea y Garrapatal, el desarrollo de la serie es algo diferente. En A° Garrapatal, encima de los típicos esquistos de las Areniscas Amarillentas, descansa concordantemente un paquete de estratos de un espesor de 30 m, integrado por esquistos cuyo color varía de gris a gris-oscuro con delgadas intercalaciones de areniscas finas compactas, a veces cuarcíticas, de color de miel. Pasa gradualmente a las areniscas algo violáceas, generalmente rojizas, que alcanzan un espesor de 150 m y más, con una brecha en su techo, que corresponde al conglomerado basal del Hor. Cal.-Dol.

Las areniscas que se encuentran a lo largo de la ruta nacional n° 56 son semejantes a las de Garrapatal, como también a las areniscas rojas del piso c) de Zapla, con la diferencia que tienen mejor estratificación y se desintegran en bloques con aristas agudas.

Resulta entonces que estas areniscas rojizas de tres lugares: Garrapatal, camino n° 56 y perfil de Zapla, son análogas a las areniscas violáceas que describe Bonarelli (6) en la angostura del Río Grande con pocas diferencias faciales.

En el A° La Brea, sobre la serie de las Areniscas Amarillentas, descansan las areniscas rojizas, idénticas a las que se encuentran en el A° Garrapatal. En el A° Grande se halla esta serie reducida hasta 20-30 m de espesor.

También en la zona de C° Labrado afloran discontinuamente las areniscas blanquecinas, tanto que las hallamos en el A° Labrado, mientras que un poco al S alcanzan ya un espesor de 50 m. Los pisos b) y c) tienen semejante desarrollo al de Garrapatal. En partes se nota estratificación entrecruzada.

En la Sierra de Puesto Viejo, la serie alcanza un espesor de 80-20 m. Las areniscas blanquecinas son más blandas por su mayor contenido arcilloso; son semejantes a las areniscas amarillentas, pero más duras.

En el cerro Mojón 14 se observan abundantes concreciones ferruginosas, de forma esferoidal o cilíndrica, hasta de 10 cm de largo. Bonarelli (6) menciona formas semejantes a *Cilindrites* (?) de Mandiyutí de la misma serie (Bolivia meridional).

En el filo de Totoral, al N de Puesto Viejo, las areniscas blanquecinas pasan a areniscas pálidas, violáceas y bandeadas. Se las puede correlacionar con el paquete areno-esquistoso que se halla en Zapla. Forman bancos gruesos, habiendo partes esquistosas laminares de  $\pm 2$  mm de espesor, de colores violáceos en tonos claros y fuertes alternadamente.

A su vez pasan a las areniscas violáceas, duras, casi cuarcíticas, homogéneas, de grano fino y uniforme. En partes, como en el A° Mollar, donde las barrancas alcanzan 20 m de altura, se ven gruesos bancos de areniscas esquistosas de 2-3 m de potencia, compuestas de material arenomíceo en láminas muy finas de color violáceo y gris-oscuro. Estos bancos tienen estratificación entrecruzada y diaclasas verticales, de rumbo igual al del eje anticlinal.

En la angostura del Río Grande, las Areniscas Amarillentas pasan por sendobrechas a las areniscas violáceas con una disminución del contenido en mica. Aproximadamente en la mitad de las areniscas violáceas se intercala una capa de concreciones ferruginosas, esferoidales, oscuras, que notó también T. Hagerman (13). Es posible que su observación se refiera a otro nivel con concreciones oolíticas con núcleos de granos de arena. Se hicieron dos cortes delgados de estas concreciones; uno se describe como una arenisca con bandas alternantes de cuarzo fino y grueso de 1 mm de diámetro, este último bien redondeado. El cemento está constituido por granos pequeños y abundantes de siderita, alternándose en óxido de hierro, que rodean pajuelas de muscovita y granos de clorita de diferentes tamaños. El segundo corte presenta una masa de clorita con abundantes granos de siderita, fracturados y oxidados en las fracturas; en parte se observan oolitas cloríticas con siderita fracturada y, a veces, con cuarzo anguloso dentro de la siderita. De esta descripción se desprende que la composición de las concreciones es semejante a la de la capa con concreciones oolíticas del techo de las Areniscas Amarillentas, anteriormente tratadas.

La serie, que alcanza espesores de hasta 130 m, está bien desarrollada en ambas alas del anticlinal, desde la angostura del Río Grande hasta los afloramientos ferríferos en Puesto Viejo. En la parte central de la sierra, cerca del eje anticlinal, el espesor oscila entre 10 y 15 m. La serie, con espesores reducidos, fué destruída casi por completo por la erosión y, en consecuencia, el Hor. Cal.-Dol., se halla en visible discordancia con ella.

En cuanto a la edad de la Serie 5, hay que volver a los estudios de Bonarelli (6) y de Feraglio (11 y 12). El primero por el hallazgo de

*Orthis* (?) *laticostata* d'Orb., en las areniscas de Mendieta (Angostura del Río Grande) correlacionó la Serie 5 con el Devónico de Bolivia. Además relaciona esta serie con las areniscas de Huamapampa y la Serie 6 abajo con los esquistos de Icla, como la parte inferior del Devónico en el Norte Argentino.

Feruglio (10) relaciona su capa fosilífera en el A° Moralito del Morro Quemado con la serie de Icla o Eo-Devónico Superior. Esta capa procede de « areniscas cuarcíticas intercaladas a esquistos arcilloso-micáceos, grises y negruzcos, debajo de las areniscas cuarcíticas rojo-violáceas ». En el precedente párrafo sobre las Areniscas Amarillentas ya se mencionó una capa fosilífera en su techo, encontrada en Zapla y en la Angostura del Río Grande. Probablemente se trata del mismo nivel con la diferencia que Bonarelli lo menciona como perteneciente a la serie de Huamapampa mientras que Feruglio lo refiere a la serie de Icla. Se ve entonces que el límite entre la serie 6 y 5 es difícil de fijar en base al contenido del material arenoso y de su color.

El mismo autor (10) encontró en el mencionado A° Moralito « encima de areniscas cuarzo-micáceas de color rojo-violáceo una serie de areniscas rojas con brecha en discordancia en su base », a las que considera como Areniscas Inferiores de edad permo-triásica de Bonarelli. Este lugar sería entonces el único del anticlinal de Zapla, aunque afuera de la zona estudiada, donde se encuentran las Areniscas Inferiores. M. H. Tabacchi (21) menciona también Areniscas Inferiores, es decir las areniscas rojas que descansan encima de las areniscas violáceas en el camino que conduce a la mina « 9 de Octubre », pero la falta del conglomerado basal pone en duda tal clasificación. *El ciclo de sedimentación*, de los depósitos que están encima de las Tilitas abarca la serie 6 y 5 durante los períodos Silúrico-Devónico. Según Arigós y Vilela (4) el Devónico de las cubetas subandinas se extendió hasta el Río Metán en Salta con gradual disminución del espesor desde Bolivia al S. Mientras en la región estudiada no se nota tal regularidad y la potencia de ambas series alcanza: 500 m en la zona de C° Labrador, 900 m en Zapla y 300 o menos en la Sierra de Puesto Viejo.

La falta de cambios de facies en la serie 6 a lo largo de toda su gran extensión implica un ambiente de sedimentación uniforme en esta serie esquistosa, aunque concurren 2 ó 3 niveles arenosos, causados por suaves elevaciones del continente durante los movimientos caledónicos. Posiblemente por semejantes oscilaciones de pequeña amplitud los depósitos ferruginosos en estado poco endurecido han sido expuestos a la intemperie y así finalmente, por cambios diagenéticos, se originó la presente composición hematítica de la mena.

El ambiente de sedimentación durante la serie 6 se asemeja al de la serie 9, piso 1. La deposición de las Areniscas Amarillentas indica típi-

cas condiciones palustres con abundante pirita y restos orgánicos. Las confirman la presencia de graptolites, de concreciones oolíticas, de la turingita, de la siderita, que se originan a poca profundidad en el fondo de un mar chato y extenso, sin circulación de agua y en condiciones que favorecen la reducción.

Al fin de la serie 6 se marca un cambio gradual del ambiente de sedimentación y comienza la serie 5, arenosa. La gran cuenca de las Areniscas Amarillentas se divide en partes; surgen bahías por oscilaciones del fondo del mar y se notan cambios de facies a lo largo de la costa de gran desarrollo. Hacia arriba el material es más grueso y menos uniforme y a veces se encuentra estratificación entrecruzada.

En general los depósitos demuestran características del « flysch », que comienza con los sedimentos finos de la serie 6 y termina en las gruesas areniscas rojizas; la parte molásica falta. El mismo orden de sucesión existe en las series ordovícicas. Las Areniscas Amarillentas reúnen las condiciones para ser la roca madre petrolífera, en tanto que las areniscas de arriba podrían resultar un excelente depósito para el petróleo.

Los suaves movimientos orogénicos caledónicos plegaron los sedimentos de la serie 6 y 5 a consecuencia de la erosión post-devónica una parte ha sido barrida; pero es difícil distinguir los lugares donde no han sido depositados de los que han sido erosionados.

Al N del río Corral de Piedras la falta de la Serie 6 y 5 se explica por la erosión y así el Hor. Cal.-Dol., descansa encima de las Areniscas Cuarcíticas con un conglomerado basal, compuesto de areniscas de la serie 5. En el río Capillas la falta de la serie 5 resultó probablemente por el relieve del fondo del mar. La deposición fragmentaria (25 m) en el A° Grande se atribuye también a la erosión, porque en el techo se observó una brecha sedimentaria debajo del Hor. Cal.-Dol.; la misma se refiere al A° Garrapatal.

Como ya se mencionó, en P. Viejo han sido barridos aproximadamente 100 m de la serie 5 cerca del eje anticlinal. Más al S, cerca de los afloramientos ferríferos de Puesto Viejo, la serie 5 falta completamente y la serie 6 está reducida hasta 140 m; en ambos casos probablemente por relieve del fondo del mar.

#### HORIZONTE CALCÁREO-DOLOMÍTICO

El desarrollo de esta serie (serie 4) en la sierra de Zapla ha sido bien estudiado por Schlagintweit (18) y quedan por agregar solamente algunos detalles que se refieren a otras partes del anticlinal.

También existen sobre la misma estudios de varios autores, entre los

cuales se destaca Bonarelli (6), quien establecía su edad como Triásica-Liásica, mientras que Schlagintweit mantiene la edad Cretácica.

La serie se distingue bien de las otras aunque su desarrollo varía de lugar en lugar tanto en lo que se refiere a su composición como a su potencia, que oscila entre 20 a 60 m y en partes desaparece completamente. En general se le puede dividir en dos pisos según Hagerman (13) Xi y Xs o areniscas y calcáreos, cada uno de 20 m de espesor.

Las areniscas comienzan con un conglomerado basal que no siempre está presente, alcanzando un espesor de 1-6 m; al N del Río Corral de Piedras, está compuesto de rodados subangulares de diferente tamaño, hasta el de la cabeza del hombre, con cemento calcáreo. Los rodados de las areniscas finas son compactos y de color violáceo, gris y colorado. Una forma diferente — una brecha sedimentaria — del conglomerado basal se encuentra en la pendiente oriental de la Sierra de Zapla (La Brea, Grande, Garrapatal) y en la Sierra de Puesto Viejo. El material es del mismo origen de las areniscas violáceas y cuarcíticas — pero es anguloso. La deposición de este conglomerado basal a lo largo de todo el anticlinal indica un hiatus entre la serie 4 y 5 durante el cual se depositaron Areniscas Inferiores en otros lugares.

Las areniscas calcáreas alcanzan espesores que varían desde pocos metros hasta 20 m en Calera al N de Zapla; son de colores rosado-blanquecinos a veces violáceos (P. Viejo). Tienen aspecto sacaroide, son ásperas al tacto, desmenuzables, sin o con escaso cemento y por consiguiente muy permeables. Contienen granos de cuarzo de tamaño mediano a grueso, bien redondeados.

Las areniscas calcáreas amarillentas al aumentar gradualmente su contenido en oolitas calcáreas pasan a calcáreos amarillentos, en los cuales el contenido de cuarzo no baja de 15 %. Afloran en bancos gruesos de 0,5 hasta 3 m; aunque el color amarillento predomina, los colores cambian a veces a claros, marrones y rojizos. Frecuentemente se notan bandas de margas claras y areniscas.

En Puesto Viejo, cerca de los cuerpos ferríferos se nota un mayor desarrollo del piso calcáreo. Encima de la brecha basal gris, compuesta de trozos angulosos de 1 a 10 cm se encuentran areniscas rosadas de escaso espesor. Sigue una laja con *Pucalithus* de color rojo y de 80 cm de espesor. Encima se encuentran areniscas calcáreas amarillentas, duras y compactas, con variable contenido de cuarzo que se presenta en granos bien redondos y con una película calcárea. Hacia arriba las oolitas son más abundantes y pasan en calcáreos marrones, más potentes, claros, compactos, sin estratificación. Se intercalan hasta 5 lajas de *Pucalithus*.

Un corte delgado de una arenisca calcárea amarillenta presenta granos angulosos de cuarzo de 0,1 mm de diámetro, que constituyen el 50%.

en una masa de carbonato de calcio; se observan además pajuelas de muscovita escasos granos de feldespato, turmalina, zircón y oolitas calcáreas.

Otro corte de un calcáreo marrón está constituido por oolitas con una película de limonita, de diámetro 0,2-1 mm, probablemente de restos de algas. A veces las oolitas, dentro de las capas concéntricas, tienen manchas de óxido de hierro. Granos de cuarzo de hasta 0,3 mm constituyen del 10 al 15 % del corte.

La difusión de la serie a lo largo del anticlinal no es continua por haberse depositado en lagunas costaneras. Según Schlagintweit aproximadamente 40 km al N en las Sierras de Calilegua la serie alcanza 200 m. En la zona de C° Labrado y la parte septentrional de la Sierra de Zapla el espesor es de 50 m, pero aumenta mucho al N de Ocloya. Al S gradualmente disminuye y cerca de la mina de Zapla desaparece en una extensión de 25 km. Al S de la ruta n° 34 aflora en forma rudimentaria como « Xi » a lo largo de 6 km. Al E. de los cuerpos ferríferos donde la serie forma una meseta el espesor llega hasta 40 m y 50 m con buen desarrollo de Xs.

En la Sierra de Puesto Viejo se encontraron abundantes gasterópodos en la serie alrededor de los cuerpos ferríferos, al N del cuerpo 4 en un calcáreo rojizo, en la lomita austral del Totoral y en los cuerpos del Cuerpo 2 en las areniscas calcáreas, violáceas.

*Manto basáltico.* En el techo de esta serie, en una parte de la zona estudiada, se encuentra un manto de una roca básica. La roca tiene textura porfírica y un aspecto amigdaloides, de color negro, con manchas pardas; a menudo está muy descompuesta y tiene guías y oquedades llenos de calcedonia en la periferia y calcita cristalina o aragonita en el centro.

Los cortes delgados demuestran fenocristales idiomorfos de un piroxeno titanífero (augita o diopsita), pseudomorfos de iddingsita y serpentina proveniente de la alteración de la olivina, que dan a la caja un aspecto moteado. La pasta está constituida por pequeños granos y prismas de piroxeno, óxido de hierro, iddingsita, en una base ligeramente anisótropa, que no se ha podido identificar al microscopio.

La extensión de la capa abarca una superficie bastante grande, desde La Calera cerca de Zapla y Vuelta Azul en el Río Negro hasta al S de Ocloya, donde el anticlinal se hunde. El espesor de este manto varía desde algunos metros hasta un máximo de 15 metros.

#### MARGAS MULTICOLORES

Esta serie (serie 3) no tiene tan buen desarrollo como en las regiones al E y S en el departamento de Santa Bárbara, donde en Potrero tiene 600 m de potencia :



Según Hagerman (13) se pueden distinguir tres pisos :

- a) Margas coloradas superiores.
- b) Margas verdes.
- c) Margas coloradas inferiores.

En el río Negro cerca de Vuelta Azul tiene un mejor y completo desarrollo alcanzando aproximadamente 200 m. Con el piso *a*, 75 m; piso *b*, 65 m; y piso *c*, 60 m. En general faltan las Margas verdes en la zona de C° Labrado y la Sierra de Zapla. En la Sierra de Puesto Viejo se observan los pisos inferiores. En cuanto a las Margas coloradas superiores no han sido encontradas.

La difusión de la serie es más grande que la del Hor. Cal.-Dolomítico. Sigue a continuación de ambas alas del anticlinal y está erosionada solamente en la pendiente occidental de la Sierra de Puesto Viejo.

Su espesor en la zona de C° Labrado alcanza 80-100 m. En la Sierra de Puesto Viejo la potencia de la serie oscila entre 50 y 100 m.

En el material que compone la serie se distinguen margas, arcillas blandas y duras, delgados bancos de calcáreo y bancos de *Pucalithus*. Las margas contienen de 10 a 20 % de pequeños granos de cuarzo. En el corte del ferrocarril en San Juancito se ven bancos de calcáreo pardo oolítico con intercalaciones de material arcilloso, con capas blandas y duras, esquitosas, de 1 a 10 cm. Los bancos de *Pucalithus* de color amarillento, abundan con espesores hasta 40 cm con la superficie inferior dentada. Un corte delgado de estas capas presenta un calcáreo de granos oolíticos con una película limonítica en masa de carbonato de calcio con pocos granos angulosos de cuarzo de 0,1 mm y pequeños granos de hematita.

La gran abundancia de bancos con *Pucalithus* con bandas onduladas es característico de las margas verdes; afloran en bancos generalmente con mayor buzamiento que los demás estratos de la serie, en forma de cáscaras o lajas esferoidales de aspecto brechoso, hasta 0,8 m de espesor. Twenhofel (Principles of sedimentation), los llama « arrecifes coralinos de algas calcáreas ». Plantas verdes, en especial algas, que abundan en aguas salobres y frescas, crecen rápidamente, tomando el necesario anhídrico carbónico de las aguas y transformando el bicarbonato de calcio en carbonato que precipita y forma concreciones reniformes cubriendo las hojas, tallos, etc. El aspecto brechoso quizás se puede interpretar como el resultado de los cambios epigenéticos por el carbonato de magnesio.

Las Margas Multicolores al N de la ruta n° 34, se apoyan directamente sobre las areniscas violáceas, donde falta la serie 4. En la angostura del Río Grande las margas coloradas inferiores descansan en discordancia visible sobre la serie de Mendieta.

### TERCIARIO SUBANDINO

Afloramientos de la serie (serie 2) rodean el anticlinal desde el río Candelaria en el N hasta el río Lavayén en el S. En la parte inferior se encuentran las Areniscas Superiores de Bonarelli que forman la primer línea de las elevaciones de las sierras, cuando falta el Conglomerado Cuaternario. En general es difícil fijar el límite entre esta serie y las Margas coloradas superiores, porque las últimas en Río Negro-Vuelta Azul, paulatinamente aumentan el contenido de arena y pasan a las areniscas finas de color ladrillo, blandas, en bancos gruesos, con cemento arcilloso o calcáreo.

En la Sierra de Puesto Viejo (Senda a Lavayén), el límite es más pronunciado. Las « Areniscas Superiores », rojizas, de grano mediano, desmenuzables o duras, margosas o sin carbonato de calcio, afloran en bancos gruesos de hasta 1 m y a la intemperie adquieren coloración rojo ladrillo. Un corte delgado de esta parte muestra granos de cuarzo de tamaño uniforme, redondeados, de 0,3 mm de diámetro, pequeños y grandes granos de calcedonia con una película limonítica, escasa plagioclasa y hematita de 0,1 mm. El cemento parece ser ópalo que se transforma a calcedonia.

En la zona de C<sup>o</sup> Labrado estas areniscas de color rojo vivo alcanzan un espesor de 200-300 m, mientras que en el S su potencia se reduce a unos 20 ó 30 metros. Las « Areniscas Superiores » pasan en un blando complejo de arenas, arcillas y conglomerados de colores claros en el norte; en la sierra de Puesto Viejo se encuentran arenas, arcillas y margas de color castaño.

Los estratos en la parte superior de la serie se encuentran ya fuera de la zona en cuestión y no han sido estudiados. La serie tiene su mayor desarrollo en la parte NW del anticlinal entre el C<sup>o</sup> Labrado y la misma ciudad de Jujuy. Alcanza un espesor de más de 1.000 metros, abarcando una gran área fuertemente plegada por fuerzas perpendiculares a las que originaron el anticlinal de Zapla.

En la Sierra de Puesto Viejo cerca de la desembocadura de Agua Dulce, la serie cubre mayor superficie y el espesor puede alcanzar hasta algunos centenares de metros. A lo largo del río Lavayén se forman paredones a pique que alcanzan hasta 15 metros.

*El Ciclo de Sedimentación.* — A la deposición devónica siguen suaves movimientos orogénicos, y el relieve así expuesto ha sido erosionado, en los lugares anteriormente mencionados. En la zona estudiada, encima de un relieve llano y chato, probablemente no existió ninguna deposición durante un largo período hasta la del Hor. Calc.-Dolomítico. Estos depósitos faltan en un recorrido de 25 km al S de Zapla, pero al S y N gradualmente aumentan sus espesores.

Las Margas Multicolores yacen concordantemente encima del Hor. Cal.-Dol.; las transgresiones invaden nuevos terrenos al W y el área de la angostura del río Grande de Jujuy, donde las márgenes coloradas inferiores descansan en discordancia angular sobre la serie de Mendieta.

Según Schlagintweit (18), las series 4 y 3 se depositan en lagunas, en base de los gasterópodos y los insectos, que vivían en aguas dulces y cerca de la tierra.

Al comienzo de la deposición de la serie 4 el material es arenoso, de tamaño mediano hasta grueso y de colores rosados. Gradualmente aumentan las precipitaciones del carbonato de calcio en forma de oolitas, de restos orgánicos y a veces de bancos con *Pucalithus*. La presencia de las oolitas indica un ambiente de agua con poca profundidad, con mucha actividad de ondas y preferiblemente caliente. Un factor adicional desconocido es necesario para originarlas, quizás las algas en nuestro caso. Simultáneamente disminuye el contenido del material clástico, como también su tamaño alcanzando los granos 0,1 mm. Intercalaciones de capas de arcilla indican una deposición de material todavía más fino. En el techo de la serie aumenta el contenido arenoso, evidenciándose así un pasaje paulatino a las « Areniscas Superiores ».

Según Hagerman (13) existe una discordancia regional entre las Margas Multicolores y las « Areniscas Superiores » y. Schlagintweit (18) encontraba un límite muy neto y pronunciado. En la región estudiada no se ha logrado observar esta discordancia sino un pasaje paulatino de una serie a otra (Vuelta Azul).

Los depósitos del Terciario Subandino abarcan una superficie mayor que las Margas Multicolores. Las « Areniscas Superiores » tienen en el N un mayor desarrollo y son hasta 10 veces más potentes que en la Sierra de Puesto Viejo.

En la Sierra de Puesto Viejo y también en la Sierra de Zapla se nota una discordancia visible entre esta serie y el Conglomerado Cuaternario. La deposición del último ocurrió después de los movimientos orogénicos del período Plioceno-Cuaternario.

#### CONGLOMERADO CUATERNARIO

Es un conglomerado calcáreo (serie 1) que cubre la Sierra de Puesto Viejo en sus estribaciones S, E y N y continúa a ambos lados de la Sierra de Zapla. Al E de la Sierra de Puesto Viejo tiene un gran desarrollo, formando los irregulares cerros que se extienden hasta San Pedro. Según algunos autores, se trata de los Estratos Jujeños, pero en nuestra opinión es el Conglomerado Cuaternario que corresponde a la designación (S) de Hagerman (13). A lo largo de la senda

a Lavayén se nota en su suelo un potente banco basal, compacto, duro, de cemento calcáreo, que alcanza unos 7 m y aun más.

En otros lugares hay vestigios de este banco basal y en general se nota solamente un conglomerado no-endurecido que ha sido fácilmente erosionado y forma cerros aislados. Está compuesto de limo margoso, blanco o marrón, que no cementa los grandes rodados.

Los rodados del Conglomerado Cuartenario son originarios de las mismas sierras y están compuestos de areniscas cuarcíticas grises, areniscas violáceas y de *Pucalithus*. Son subangulares y su tamaño varía de 0,5 cm hasta 50 cm. Cerca de los afloramientos de la serie de Mendieta predominan rodados de las areniscas violáceas. Al N de la ruta n° 34 se encuentran además claros « clay balls » de una arcilla verde. Cerca de la desembocadura de la cañada del Agua Dulce se encuentran trozos de arenisca colorada, margosa, semejantes a las « Areniscas Superiores ».

El conglomerado basal está en visible discordancia sobre el Terciario Subandino, mientras que en el N de la Sierra de Puesto Viejo descansa sobre las series más antiguas.

La serie ha sido depositada en terrazas fluviales, después de los movimientos orogénicos, como se desprende de lo observado, pues el conglomerado basal buza ligeramente al SE, independientemente del anticlinal. El conglomerado está unos 30-60 m por encima del actual valle de Jujuy y de S. Pedro. Las aguas cargadas con abundante material de arrastre y de carácter torrencial, han cambiado la fisiografía de la Sierra de Puesto Viejo en su parte periférica.

*Aragonitas y Travertinos.* — Un importante papel en la morfología de la Sierra de Puesto Viejo desempeñan los bancos de aragonita y travertino, que abundan al S de la ruta n° 34, en ambas alas del anticlinal, pero especialmente en el ala oriental; en general corresponden a la difusión del Hor. Calc.-Dol. Forman cerros aislados dentro de la meseta calcárea, cubriendo con capas horizontales y preservando de la intemperie las series 3 y 2. Además forman « terrazas » de lados abruptos en diferentes niveles de la sierra, bancos verticales y con un buzamiento de 30° E. Al presente se originan toscas o conglomerados calcáreos en los techos amplios y chatos de las numerosas cañadas existentes en el ala oriental, conocidas con el nombre de « Saladillos ».

El espesor de los bancos es de 1-2 m y en total alcanzan 20 m de espesor. En los bancos horizontales la aragonita alterna con el travertino, mientras que los bancos verticales e inclinados están compuestos casi en su totalidad por aragonita. En la cantera situada bajo la cumbre de Cerro Blanco, los bancos son verticales; en el centro se encuentra aragonita pura, blanca, con un espesor de 6 m; a ambos lados aragonita colorada de 1,5 m de potencia. Hacia las márgenes la calidad es aun inferior.

A menudo la aragonita y el travertino se depositaron impregnando el material de las margas coloradas y verdes o dándoles a su esqueleto un relleno calcáreo. Se encuentran pasajes paulatinos desde impregnaciones de margas hasta aragonitas con tonos claros de mármol colorado y «ónix verde»; en ambos casos se trata de aragonita con sus nombres populares.

En la cantera de «ónix verde» (agotada en 1948), se explotaba piedra de ornamentación. El banco horizontal de aragonita verde, se hallaba encima de un cerrillo de 30 m de altura. En el techo había bancos de travertino, algo margoso, de 4 m de espesor; arriba y abajo una capa de aragonita fibrosa de 0,4 m, encapada, dos metros de «ónix verde» con huecos en la parte basal; el «ónix verde» claro, diluído, compacto, de fractura concoidal y brillo vítreo.

En un corte delgado de la aragonita colorada de la cantera «Río Grande», se observan bandas puras de prismas alargados, alternando con bandas ricas en cuarzo, de grano irregular, de tamaño de 0,1 mm con una película limonítica; hay escasos granos de hematita, hallándose la masa aragonítica manchada en partes por limonita.

Las numerosas vertientes de la Sierra de Puesto Viejo son la causa de los grandes bancos de aragonitas travertinos. Probablemente en la última fase de los movimientos orogénicos andinos se han originado grietas en las puntas de máximo esfuerzo o sea donde el eje anticlinal cambia tres veces su rumbo en el recorrido desde el C° Blanco hasta el C° Quemado, que al mismo tiempo corresponde a la mayor potencia del Hor. Calc.-Dolomítico. Las vertientes, al pasar por el calcáreo en su camino a la superficie, quitan el anhídrico carbónico y depositan carbonato de calcio, como aragonita, en las grietas, y como travertino y aragonita, en los lechos de las cañadas. Los bancos horizontales en diferentes niveles de la sierra son testigos de una deposición semejante a la que ocurre actualmente en todas las cañadas del ala oriental.

El contenido de los sulfatos y cloruros que contienen además las vertientes, en razón de su mayor solubilidad, son transportados a los ríos.

#### TECTÓNICA

El anticlinal de Zapla está separado del Cordón Oriental por el ancho y profundo valle longitudinal de Jujuy. Al E otro sinclinal, donde se halla el valle de San Pedro, separa el anticlinal de las Sierras Subandinas del departamento de Santa Bárbara. Al N el anticlinal de Zapla parece tener su continuación con su rama occidental en la Sierra de Tilcara, en tanto que la rama oriental diverge en la dirección de las Sierras de Calilegua.

Al S, donde el A° Las Cañadas desemboca en el río Lavayén, el anticlinal desaparece debajo del relleno moderno, aunque posiblemente más hacia el S el anticlinal tenga su prolongación en la Cresta del Gallo. Desde el río Candelaria hasta el río Lavayén tiene una longitud de 80 km con un rumbo general N30°W, que varía apreciablemente en algunas partes.

La parte del valle de Jujuy situada entre la línea férrea Jujuy-Tilcara y la parte septentrional del anticlinal, se halla fuertemente plegada y sobreelevada. Esta zona montañosa parece estar constituida íntegramente por los sedimentos del Terciario Subandino.

Para dar una idea clara de la estructura del anticlinal conviene dividirlo para su descripción en tres partes :

a) *Sección austral*, con la Sierra Puesto Viejo, entre el río Lavayén y la depresión transversal de San Juancito.

b) *Sección central*, con la sierra de Zapla entre esta depresión y el río Capillas-Negro.

c) *Sección septentrional*, entre este último río y el río Candelaria.

La diferencia entre estas secciones consiste en que en la parte austral del anticlinal se observan formas tectónicas más sencillas, encontrando en cambio al N del mismo, que son de mayor magnitud como consecuencia de la mayor intensidad de los movimientos orogénicos.

En efecto, el eje es más elevado al N, hasta 2.000 m y simultáneamente se desarrollan formaciones estructurales más completas.

La *Sección austral*, que abarca 26 km a lo largo de la Sierra de Puesto Viejo, presenta un anticlinal simple, aplastado en su parte axial y un poco asimétrico, porque en el ala occidental tiene un buzamiento de 20-25° al W, mientras que en el ala oriental no pasa de 15° al E. Esta sección tiene su culminación en Puesto Viejo a lo largo de unos 7 km, donde afloran las Areniscas Cuarcíticas. La inclinación del eje al S es más brusca que al N de la culminación, donde el eje baja muy suavemente hacia la depresión de San Juancito.

La ubicación del eje del anticlinal no es fácil de determinar en razón del aplastamiento en su parte axial. El eje tiene un rumbo N 10° W y corre asimétricamente en relación a los afloramientos de las Areniscas Cuarcíticas situadas al W. Al N de la culminación se desvía hacia el E, después cambia el rumbo a N 40° W. El eje en casi todo su recorrido sigue a lo largo de los afloramientos del Hor. Cal.-Dol.

El cambio del rumbo del eje en la parte más elevada del anticlinal está en relación con la fracturación que en fallas y diaclasas se observa claramente en los afloramientos de las Areniscas Cuarcíticas. Las fallas no forman ningún sistema, pero están dispuestas en abanico, aproximadamente perpendiculares al eje, como efecto de las fuerzas del plegamiento que accionaron del E y de las tensiones resultantes de la super-

ficie irregular del basamento sobre la cual ocurrió el movimiento. La fracturación causó un aflojamiento de los estratos, que fácilmente sucumbieron a la erosión y, en efecto, se originaron ojos de afloramientos de estratos antiguos dispuestos asimétricamente en relación al eje anticlinal. La falla mayor tiene un desplazamiento horizontal cercano a los 300 m con un desnivel de 70 m.

Otro fenómeno tectónico que se observa en los perfiles transversales del anticlinal (fig. 2), es el aplastamiento del mismo en su parte axial. Este fenómeno tiene un buen desarrollo en la sección central.

Los buzamientos, muy suaves en la parte axial, cambian bruscamente hasta  $45^\circ$  en pocos lugares a medida que se va hacia el W. Se lo nota en el ala occidental, en el contacto de Areniscas Amarillentas con el Hor. Calc.-Dol, cerca de la cantera de cal de Puesto Viejo y hacia el N en el contacto de areniscas violáceas con el Hor. Cal.-Dol. Además se nota en la parte axial una reducción del espesor de las Areniscas Amarillentas y de la serie de Mendieta en el sentido transversal.

La *Sección central* del anticlinal no se distingue solamente por su relieve más quebrado con altas cumbres, sino también por un mejor desarrollo de las formas estructurales en sentido longitudinal y transversal al eje del anticlinal. La sección abarca la Sierra de Zapla en su recorrido de 40 km.

Al N de la depresión transversal de San Juancito se observa una suave elevación longitudinal de los sedimentos de la serie de Mendieta en una extensión de unos 10 km. Desde el punto donde aparecen las Areniscas Amarillentas se advierte una brusca elevación del eje y más al N sigue elevándose hasta la altura de Zapla, continuando luego sin variaciones hasta el río Capillas-Negro. Las pendientes de las alas son más pronunciadas que en la Sierra de Puesto Viejo y especialmente en el ala occidental, donde los buzamientos llegan hasta  $45^\circ$  y a veces  $70^\circ$  al W.

Hacia el E, después de atravesar el elemento (pliegue) principal del anticlinal, se encuentran los pliegues secundarios cuyo número no se ha precisado bien todavía. En el terreno fueron observados dos. El primer elemento secundario a partir del principal, está compuesto por estratos ordovícicos, como se ve en el mapa. El segundo elemento está representado por las Areniscas Amarillentas y la serie de Mendieta. Estos pliegues fueron mencionados por otros autores bajo el nombre de Quemado y han sido objeto de exploración petrolífera.

Los elementos secundarios tienen una forma asimétrica y las alas occidentales son más inclinadas que las orientales, o sea lo mismo que ocurre en el elemento principal.

Al observar el mapa en la sección central (fig. 1), se advierten afloramientos de los estratos más antiguos (serie 9), no en la parte axial sino en las alas del anticlinal; es lo mismo que ya se mencionó en la

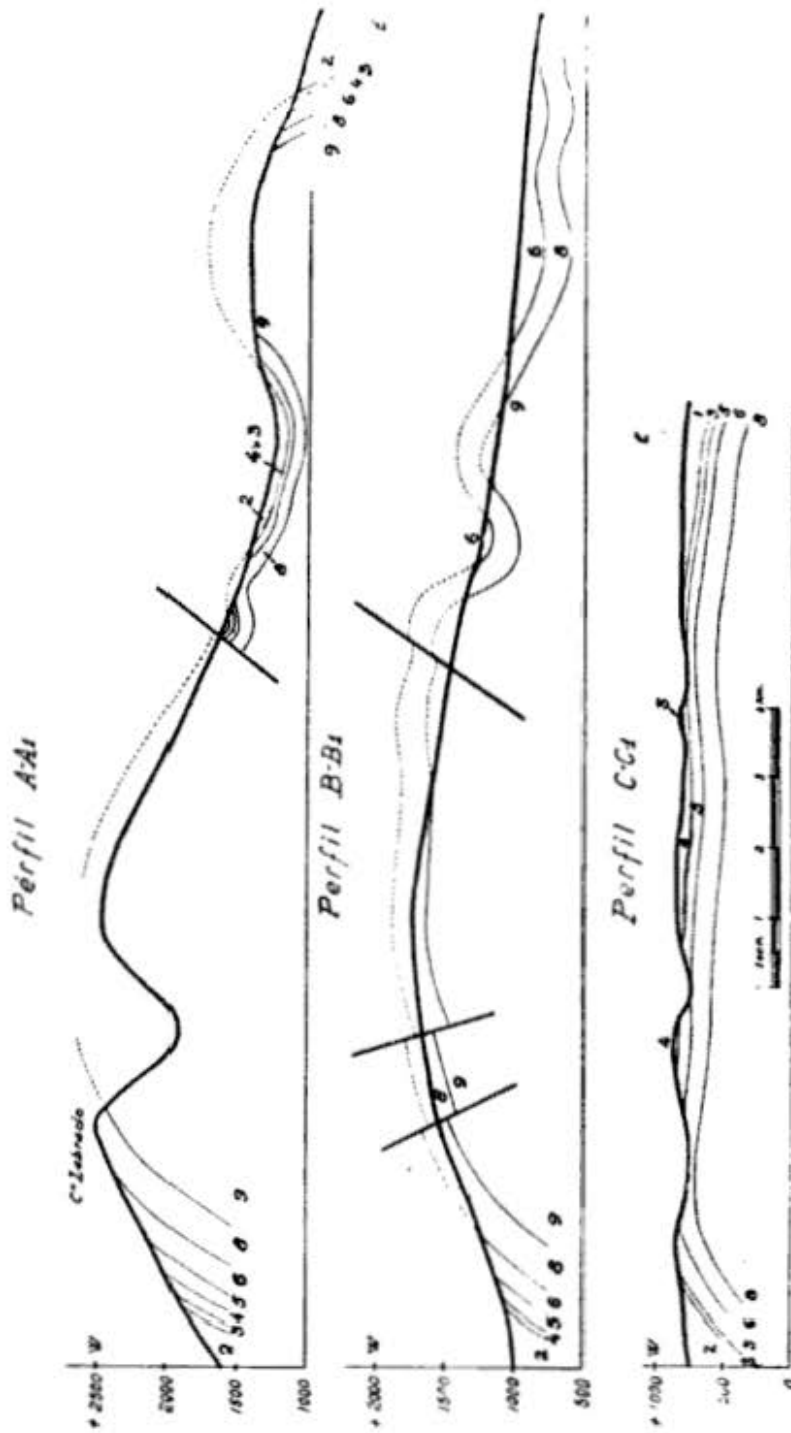


Fig. 2. — Perfiles transversales de la Sierra de Zapla : Serie 9, esquistos, areniscas, cuarcitas ; Serie 8, Areniscas cuarcíticas ; Serie 6, Areniscas amarillentas ; serie 5, serie de Mendiesta ; Serie 4, Horizonte Caldeco-dokmitico ; Serie 3, Margas multicolorres ; Serie 2, Terciario Subandino ; Serie 1, Conglomerado cuaternario.



sección austral. Este fenómeno tiene su mejor desarrollo en el ala oriental, donde se encuentra una faja situada a 2-4 km al E del eje. En el ala occidental se observan afloramientos de la serie 9, aislados a causa, tal vez, de la erosión de los arroyos que rompió la cubierta de las Areniscas Cuarcíticas. En cambio, en el ala oriental tal explicación no es suficiente y hay que aplicar en este caso el fenómeno de aplastamiento.

El aplastamiento de la cúpula del anticlinal y la faja lateral de los estratos más antiguos será explicado al fin de este capítulo. Al presente se hace solamente una pequeña descripción de las condiciones geológicas en los arroyos Grande y Moral.

Signiando el último, desde el eje anticlinal al E, se encuentra comportamiento tranquilo con pequeños buzamientos de los estratos de la serie 9, mientras que las Areniscas cuarcíticas sobreyacentes forman los altos cerros ubicados a lo largo del arroyo. Alejándose del eje hasta una distancia de 4 km se nota un brusco cambio del buzamiento, que aumenta rápidamente, y se observa una falla longitudinal. Al pasar unos 300 m se llega de nuevo a Areniscas Cuarcíticas de un comportamiento tranquilo con buzamientos suaves. Poco más al E se atraviesa un sinclinal secundario, chato, y recién más al E se llega al primer sinclinal secundario.

En la parte NE de la Sierra de Zapla, en las cercanías del A° La Brea, la situación no es clara en razón del gran espesor de la cubierta de relleno moderno. En el mismo arroyo, aguas abajo cerca de Aibal, repentinamente se notan afloramientos que dejan ver desde Margas Multicolores hasta Areniscas Amarillentas que forman un típico hundimiento (pitch); posiblemente que lo mismo ocurre con el elemento principal en escala menor.

*La Sección septentrional.* Las condiciones estructurales de la sección central descritas arriba terminan en el río Capillas. Corriendo a lo largo de ese río desde la población Cucho al NE, se encuentra una gran dislocación que produce un desplazamiento horizontal del anticlinal al W, junto con una elevación de la parte septentrional. La dislocación es visible en la proximidad del pueblo Capillas y es dable suponer su continuación hacia el E, en un ambiente geológico muy complicado del A° Los Matos, con contactos anormales, fallas secundarias y grandes derrumbes, todo lo cual nos indica que la dislocación no abarca solamente una falla, como se marcó esquemáticamente en el mapa, sino una serie de fallas, que efectivamente desplazan el bloque septentrional unos 7 km al W, siendo la elevación de dicho bloque mayor en la parte occidental que en la oriental.

Es difícil explicar las causas que originaron la dislocación sin conocer la dirección de las fuerzas actuantes. En la reducida zona de estudios no se han recogido datos definitivos para su determinación.

Observando en el mapa el desvío del ala occidental al E con un ángulo de  $30^\circ$ , desde la altura del C° Centinela (14 km al S de la falla), se podría explicar por acción de fuerzas desde el W, lo que se confirma por una compresión del ala oriental, cerca del Río Negro, con los estratos en la posición vertical y posiblemente con la reducción del espesor. En el caso de fuerzas actuantes del E con los cuales se han explicado los fenómenos tectónicos en la sección austral, hay que buscar una predisposición para la dislocación en el basamento en forma de umbral ubicado en el área del pueblo Capillas. Es interesante hacer notar que en esta área faltan depósitos de la serie de Mendieta, por lo que ésta habría sido una antigua elevación ya que al S y N de la misma existen los mencionados estratos.

Al W de la zona de dislocación y directamente al N de la ciudad de Jujuy, particularmente en el sinclinal de Jujuy, se notan otros fenómenos tectónicos. A ambos lados de una línea trazada a continuación de la falla hacia el W, se encuentran rumbos en los estratos del Terciario-Subandino casi perpendiculares entre sí. Al S son normales mientras que al N son perpendiculares al eje anticlinal. Esta nueva complicación resulta difícil de explicar con los escasos datos a disposición.

En la sección septentrional se observa también el anticlinal principal y secundario, que divergen hacia el N. Estos elementos están separados por una depresión longitudinal que nace cerca del río Capillas-Negro y se ensancha tan rápidamente que a la altura del río Corral de Piedras ya alcanza unos 5 km. Este sinclinal está relleno por estratos del Terciario-Subandino y del Horizonte Cal.-Dol. El elemento oriental tiene su prolongación al N en la dirección de las Sierras de Calilegua y es posible que abarque el cerro Ranjel. La rama occidental — con su culminación cerca del C° Labrado — se extiende 14 km hasta el río Candelaria, donde la corta una depresión transversal.

Desde el río Corral de Piedras al N se nota un brusco hundimiento del eje. En un recorrido de unos 5 km desaparecen los estratos paleozoicos y mesozoicos de un espesor total de aproximadamente 1.000 m. En el río Candelaria, en la parte axial del anticlinal ya se encuentran solamente Margas Multicolores y estratos del Terciario Subandino. Poco más al N del río Candelaria, unos 3-4 km, comienza una nueva elevación del eje, donde las facies de las series debajo del Hor. Cal.-Dol., cambian completamente.

El fenómeno tectónico del aplastamiento de la cúpula del anticlinal, tan típico en las secciones central y austral, no se observa más en la zona de C° Labrado. La falta del aplastamiento de la cúpula se debe a que las Areniscas cuarcíticas han estado sujetas a diferentes fuerzas deformantes y también a la disminución de su espesor. Las Areniscas cuarcíticas desempeñaron un importante papel durante el plegamiento

por su gran espesor, uniformidad, rigidez y compactibilidad. En la sección central y austral, con el predominio de fuerzas tangenciales de compresión durante el plegamiento, las Areniscas cuarcíticas se comportaron como una viga rígida empotrada, de hormigón, que se agrieta cerca de los apoyos y que interpuestas en un complejo de estratos plásticos concentraron en sí las fuerzas compresionales, que originaron fallas en ambas alas del anticlinal con buzamiento hacia el eje. (Véase fig. 2; perfil B-B').

Así, cerca del agrietamiento, las Areniscas cuarcíticas han sido erosionadas, descubriendo fajas laterales de los estratos más antiguos, que cerca del eje quedaron casi intactos, habiendo sido menos trabajados por la erosión.

En la zona del C° Labrado resultó una elevación debido al predominio de las fuerzas verticales. En este caso las Areniscas cuarcíticas desempeñaron un papel que es comparable con una viga que sufre una flexión en el centro. Con tal carga las Areniscas cuarcíticas tuvieron una resistencia contra la flexión aproximadamente 10 veces menor que contra fuerzas compresionales y por lo tanto se agrietaron en la cúpula y sucumbieron a una fácil erosión; en consecuencia, en una amplia zona de la parte axial, afloran los estratos antiguos del Ordovícico.

La tectónica más pronunciada hacia el N influye en fuerte grado las reservas de hierro en el anticlinal. En el sector septentrional y central el yacimiento se encuentra casi exclusivamente en el ala occidental con fuertes buzamientos, siendo erosionado en la parte axial, mientras que en el sector austral el yacimiento se encuentra todavía en la parte axial y además el buzamiento es menor en las alas. En consecuencia, la superficie, bajo la cual se puede buscar el yacimiento en profundidades de pocos centenares de metros, es apreciable, aunque las leyes son menores.

#### LISTA DE LOS TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO.

1. AHLFELD, F., *Geología de Bolivia*. Rev. Mus. de La Plata. 1946.
2. ANGELELLI, V., *La Geología y Génesis del Yacimiento Ferrífero de Zapla. Mina « 9 de Octubre »*. Rev. Soc. Geol. Arg. Abril, I, pp. 117-148. 1946.
3. ANGELELLI, V. y ZARDINI, A., *Yacimiento Ferrífero de Puesto Viejo. Exploración Integral del Cuerpo Une*. Enero 1947. Inédito.
4. ARIGÓS, L. E. y VILLELA, C. R., *Consideraciones Geológicas sobre las Sierras Subandinas en la Región de Tartagal*. Rev. Soc. Geol. Arg., IV; 77-132, 1949.
5. BARRIONUEVO, L. A., *Informe Preliminar sobre los Bancos Ferríferos de Zapla entre el Abra de los Tomates y el Arroyo de la Quina*. Julio 1947. (Inédito). (D. G. F. M.).
6. BONARELLI, G., *Tercera contribución al conocimiento geológico de las regiones petrolíferas subandinas del Norte*. Anal. del Minist. de Agric. Direc. de Min., Geol. e Hidrol. XV, n° 1. Bs. Aires. 1921.

7. BRACKEBUSCH, L., *Estudio sobre la Formación Petrolífera de Jujuy*. Bol. Acad. Nac. de Ciencias, V. Ed. 2°. Bs. Aires. 1883.
8. CECIONI, G., *Osservazioni sull' anticlinal di Zapla. Prov. di Jujuy*. Società Geologica Italiana, Roma. 1949.
9. DEVITO, H. A., *Informe acerca del relevamiento geológico practicado en la zona de Puesto Viejo*. D. G. F. M. 1946 (Inédito).
10. FERUGLIO, E., a) *Fossili devonici del Quemado (San Pedro de Jujuy) nella regione subandina dell' Argentina Settentrional*. Bol. Inf. Petr. VI. n° 62. Bs. Aires. 1929.
11. — b) *Observaciones geológicas en las provincias de Salta y Jujuy*. Dir. Gen. de Y. P. F. Contribución a la primera Reunión Nacional de Geografía. VII. Bs. Aires. 1931.
12. FRENGUELLI, I., *Conclusiones geológicas referentes a la región preandina de Salta*. Anal. Soc. Cient. de Santa Fe. I. Bs. Aires. 1930.
13. HAGERMAN, T., *Informe preliminar sobre el levantamiento del departamento de Santa Bárbara en la provincia de Jujuy*. Bol. Inf. Petr. Año 10, n° 107. Bs. Aires. 1933.
14. HARRINGTON, H. I., *Las Faunas del Ordoviciano Inferior*. Rev. del Museo de La Plata. I. Sección Paleontología. 1938. 109-289.
15. — *A brief Summary of early Pal. Form. and faunas of Argentine*. 8th Scientific Congress. 1940.
16. MONTEVERDE, A., *Contribución a la Geología de la Sierra de Aguaraque*. Rev. Min. VIII, n° 3. 1937.
17. NIENIEWSKI, A., *Relevamiento geológico expeditivo de la zona de C° Labrado y ladera occidental de la Sierra de Zapla al sur del río Capillas-Negro*. (D. G. F. M.). 1949 (Inédito).
18. SCHLAGINTWEIT, O., *Observaciones estratigráficas en el Norte Argentino*. Bol. Inf. Petr. n° 156. Bs. Aires. 1937.
19. — *La posición estratigráfica del yacimiento de hierro de Zapla y la difusión del horizonte glacial de Zapla en la Argentina y en Bolicia*. Rev. Min. XIII, n° 4. Bs. Aires. 1943.
20. SGROSSO, P., *Contribución al conocimiento de la Minería y Geología del Noroeste Argentino*. Dir. de Min. y Geol. 1943.
21. TABACCHI, M. H., *Levantamiento geológico del Anticlinal de la Sierra de Zapla*. (D. G. F. M.) 1948 (Inédito).
22. WINDHAUSEN, A., *Geología Argentina*. Segunda Parte. Bs. Aires. 1931.
23. WLEKLINSKI, E., *Reconocimiento geológico expeditivo de la Sierra de Puesto Viejo*. (D. G. F. M.). 1949. (Inédito).