



ANALES

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
E INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS DE LA
PROVINCIA DE BUENOS AIRES

LA PLATA — ARGENTINA

3-1973



ANALES

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
E INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS DE LA
PROVINCIA DE BUENOS AIRES
LA PLATA — ARGENTINA

3-1973

AUTORIDADES DEL MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

Ministro, Ing. Carlos Alejandro González

Subsecretario de Obras Públicas, Ing. Pablo Escolar

Subsecretario de Urbanismo y Vivienda, Arq. Eduardo Casado

Subsecretario de Programación, Lic. Jorge R. Blanco

L E M I T

Director, Ing. Roberto A. Scordato

Subdirector, Ing. José A. Bisciotti

Jefe del Departamento Ingeniería Eléctrica, Mecánica e Hidráulica,
Ing. Mecánico y Electricista Héctor P. Alcalde

Jefe del Departamento Ingeniería Civil y Tecnología de la Construcción,
Ing. Civil Luis M. Fossa

Jefe del Departamento Tecnología Aplicada y Plantas Experimentales,
Dr. en Química Luis A. Mennucci

Jefe del Departamento Análisis y Ensayo de Materiales,
Dr. en Química Vicente J. D. Rascio

Dirección de los Anales: Dr. Vicente J. D. Rascio

Diagramación: Sr. Jorge L. Borio

Fotografía: Tco. Qco. Sr. Francisco da Cruz

Impresión: Talleres Gráficos del M. O. P.

Compaginación: Sr. Carlos Sosa

L. E. M. I. T.

52, entre 121 y 122

LA PLATA - ARGENTINA

I N D I C E

- pág. 1 PERFILES GEOLOGICOS DE LAS SIERRAS AUSTRALES DE
LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Dr. Tomás Suero
y colaboradores
- pág. 65 DETERMINACION DE LAS DIFERENTES FORMAS QUIMICAS
DEL CALCIO DE LAS CALES HIDRAULICAS, AEREAS Y
MAGNESICAS

Dr. Vicente Vetere
Tco. Quím. Rodolfo R. Iasi
- pág. 83 DETERMINACION DIRECTA DE CALCIO Y MAGNESIO EN
CEMENTO PORTLAND POR TITULACION COMPLEJOMETRICA
CON EDTA

Dr. Vicente Vetere
- pág. 93 INCIDENCIA DEL ENVEJECIMIENTO DEL ASFALTO Y DEL
GRADO DE FILLERIZACION EN EL FISURAMIENTO DE UNA
CARPETA ASFALTICA

Dr. Jorge O. Agnusdei
Ing. Duilio D. Massaccesi
Lic. Pascual Frezzini
- pág. 115 GEOLOGIA SUPERFICIAL DE LA HOJA "SIERRAS DE TAN-
DIL". PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Lic. Jorge Rabassa
- pág. 161 APLICACION DE METODOS DE DETERMINACION DE RETEN-
CION DE CREOSOTA EN POSTES DE EUCALIPTUS IMPREG-
NADOS EN AUTOCLAVE

Dr. Leopoldo Becka
Dr. Luis A. Borlando
Tco. Quím. Daniel Arcelús
- pág. 191 METODO DE DETERMINACION EN LABORATORIO DE RETEN-
CION DE CREOSOTA EN MUESTRAS DE EUCALIPTUS IM-
PREGNADOS

Dr. Luis A. Borlando
Dr. Leopoldo Becka

APENDICE

Resúmenes de los trabajos

Abstracts of papers in this issue

PERFILES GEOLOGICOS DE LAS SIERRAS AUSTRALES
DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES *

Dr. Tomás Suco

y colaboradores

SERIE II, Nº 236

* Revisión y edición: Geólogo Javier Ulibarrena

INTRODUCCION

A fin de continuar el estudio geológico detallado de las Sierras Australes de la Provincia de Buenos Aires, fueron dispuestas por el Laboratorio de Ensayo de Materiales e Investigaciones Tecnológicas tareas complementarias y ampliatorias de trabajos anteriores. Se convino así el estudio de 4 perfiles geológicos básicos y 4 complementarios que cortarían transversalmente las Sierras Australes en sus tramos de mayor interés y donde cupiera esperar información lo más continua posible. (*)

El estudio de los perfiles fue realizado con plancheta y a escala 1:10 000, a fin de obtener la mayor información detallada posible sobre la sucesión estratigráfica y caracteres estructurales de los distintos tramos de sierra investigados. Con dicho objetivo y posteriormente a un reconocimiento general de la comarca, se seleccionaron las fajas más apropiadas para el estudio de los perfiles convenidos, cuya trayectoria generalizada figura en el plano de orientación. Tal como es frecuente en este tipo de trabajo, fue necesario desplazarse con cierta frecuencia de la traza preseleccionada, lo que se hizo con vinculación estratigráfica bien segura en la mayor parte de los casos.

La nómina de los perfiles estudiados es la siguiente:

- Perfil I - Alvarez - Abra de Saavedra
- Perfil II - Aguas blancas - 27 de diciembre
- Perfil IIA - Abra de Hinojo (complementario del II)
- Perfil III - Tornquist - Abra de la Ventana
- Perfil IIIA - Cerro San Mario - Cerro Pan de Azúcar (complementario del III).

(*) Para dar una idea estructural lo más acabada posible, he creído conveniente agregar los perfiles VI y VII, los que originalmente no fueron incluidos en este trabajo por el autor. Por esta causa el mecanismo de proyección y reconstrucción de los mismos no es igual a los que componen el resto del trabajo.

- Perfil IIIB - Nacientes del rio Sauce Grande - Ruta Coronel
Suárez Pigue (complem. III).
- Perfil IV - Cerro Sombra de Toro - Abra de Rivera
- Perfil V - Cerro Colorado - Cerro Chasico
- Perfil VI - Sierra de Pillahuincó
- Perfil VII - Sierra de Pillahuincó al este del arroyo Pilla-
huincó Grande

El levantamiento de los perfiles fue realizado por los geólogos J. Ulibarrena, J.M. Sala y J. Kilmurray y colaboraron además en estas tareas H. Delgado Gorrochotegui, J. Castillo y R. Pernas. La descripción magascópica de las muestras, realizada en gabinete como complemento de las tareas de campaña, estuvo a cargo de J. Ulibarrena, quien también realizó la descripción petrográfica de muestras típicas seleccionadas de cada complejo estratigráfico y reconstruyó los perfiles en su totalidad.

TECNICA DE LA PROYECCION DE LOS PERFILES

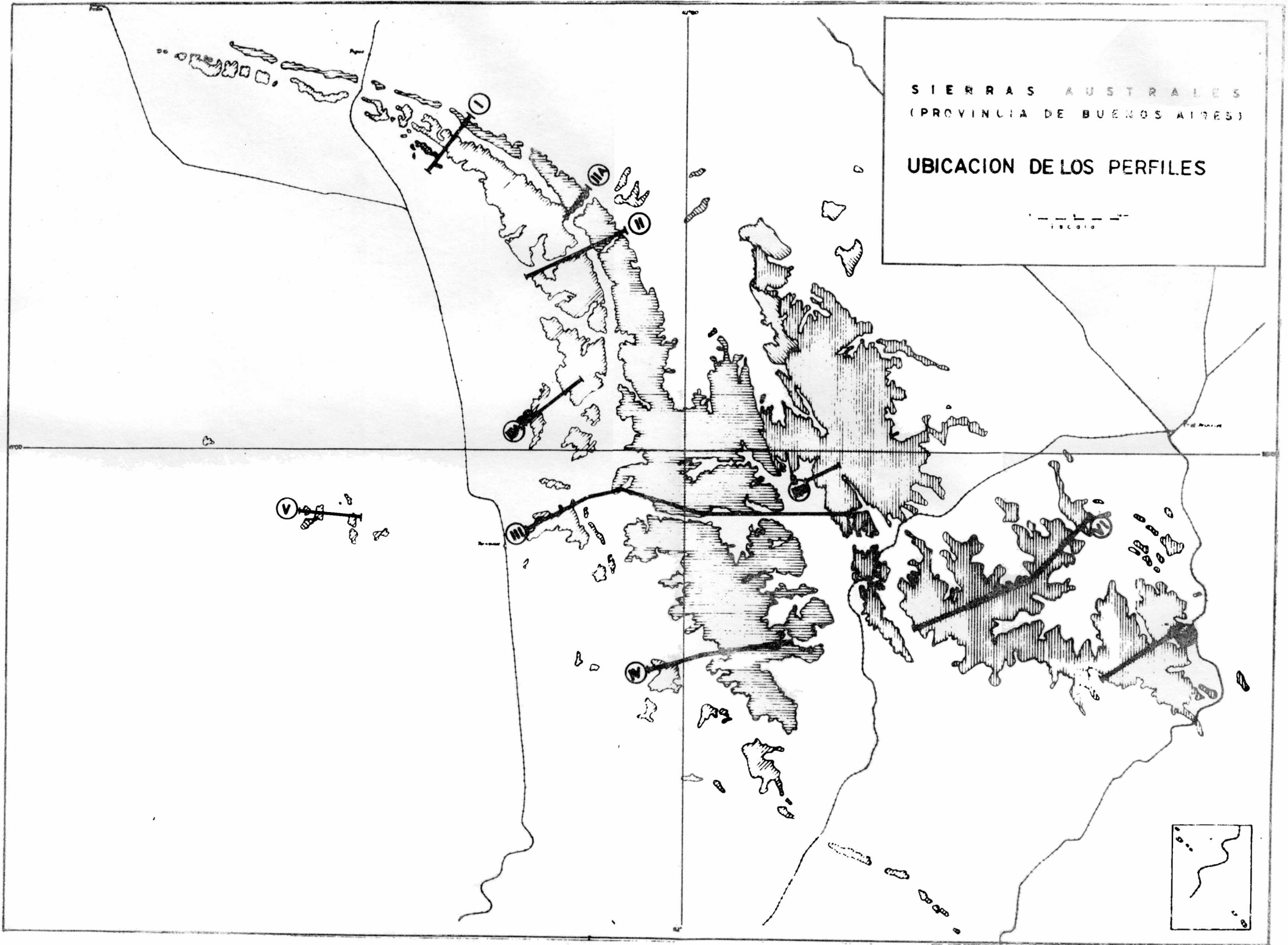
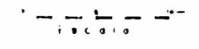
Al registrarse en campaña los datos necesarios para reconstruir los perfiles se tropezó con las siguientes dificultades:

- 1) Imposibilidad de seguir con detalle en el terreno los abundantes pliegues e inflexiones, salvo en los lugares con afloramientos claros y continuos. La falta de capas guías dificultó aún más dicha tarea.
- 2) En ciertos casos la marcada esquistosidad y diaclasamiento impedía precisar la verdadera posición de las capas.
- 3) La desconexión de las fajas con afloramientos por la presencia de valles intermontanos longitudinales impedía conexiones claras a través del total de cada perfil.

Ello hizo difícil reconstruir totalmente los perfiles en el gabinete y por lo tanto calcular espesores de cada complejo estratigráfico dentro de un margen seguro. Por tal motivo se registraron en campaña todos los pliegues e infle-

SIERRAS AUSTRALES
(PROVINCIA DE BUENOS AIRES)

UBICACION DE LOS PERFILES



xiones que se observan entre los puntos por medio de esquemas y bosquejos, los cuales se proyectaron mediante trazos gruesos en los perfiles. Se marcaron asimismo las inclinaciones registradas y en los casos en que no se observó el plegamiento en el terreno, sólo se proyectaron las inclinaciones de las capas. Con líneas cortadas se han reproducido las deformaciones supuestas; tal reconstrucción tiene carácter hipotético por la disarmonía del plegamiento pero tiene fundamento en los datos registrados con seguridad en cada zona de influencia.

No se estima que un trabajo más detallado pueda brindar una mejor reconstrucción por las limitaciones arriba anotadas.

En toda la zona estudiada se apreció de manera general el hundimiento hacia el naciente de puntos similiares de los pliegues; tales valores promediados se aplicaron a las reconstrucciones de perfiles.

De los puntos que figuran numerados al pie de los perfiles se recogieron muestras, salvo aquellos casos de manifiesta similitud litológica con otras anteriores. Las muestras, debidamente etiquetadas se han depositado en la Sección Geología del LEMIT.

ANTECEDENTES

Los únicos trabajos de índole regional con que se contaba hasta el presente sobre el conjunto de las Sierras Australes eran los de Schiller (1930) y Harrington (1947). Schiller sintetizó sus observaciones en un plano geológico en escala 1:250 000 y presentó sólo perfiles parciales de zonas de interés, cuya interpretación ha cambiado parcialmente en mérito a nuevas informaciones obtenidas mediante trabajos más detallados. El meritorio trabajo de Harrington (1947) facilitó una mejor comprensión de la sucesión estratigráfica y la complicada estructura de plegamiento puro que caracteriza a las Sierras Australes. Dicho autor publicó las Hojas Geológicas 33 m (Sierra de Curama-

lal) y 34 m (Sierra de la Ventana) a escala 1:200 000, pese a haberlas relevado a 1:100 000 y estudiar varios tramos aún a menor escala. Dichos relevamientos más detallados y su memoria correspondiente no fueron publicados hasta el presente por razones ajenas al citado geólogo, quien tuvo la gentileza de facilitarnos sus planos inéditos y numerosos datos de sumo interés para encarar el estudio de nuestros perfiles detallados, que han venido en cierta forma a completar su trabajo.

En nuestro relevamiento de la Sierra de Pillahincó y parte oriental de la Sierra de Tunas (Suero 1957, 1958) y en particular los cortes estudiados completan la información detallada regional hasta las estribaciones más orientales de las Sierras Australes (*). Ya hemos aclarado que empalmamos en el terreno el Perfil III con el corte 2 estudiado en 1957 y que abarca las distintas series que integran el sistema de Pillahuincó.

DESCRIPCION DE LOS PERFILES

Las muestras recogidas fueron descriptas en campaña y posteriormente observadas con más detalle en gabinete y descriptas de nuevo magascópicamente. Se estima de interés que las muestras recogidas sean objeto de un estudio petrográfico detallado a fin de caracterizar las diferentes entidades estratigráficas. La falta de dicho estudio petrográfico detallado impide por el momento clasificar a las abundantes rocas cuarcíticas que integran en mayor proporción casi todos los complejos investigados. Por ello hablaremos en general de rocas cuarcíticas, aclarando la intervención de orto y metacuarcitas en los casos en que se haya comprobado su naturaleza.

Dado que en todos los complejos estudiados es frecuente hallar manifestaciones de cuarzo lechoso de origen hidrotermal, se harán en cada caso referencias sintéticas

(*) Los perfiles VI y VII corresponden a los trabajos citados.

sobre sus características.

Para denominar las sucesiones estratigráficas se ha empleado la nomenclatura de Harrington (1947), si bien haremos algunas aclaraciones complementarias sobre aspectos parciales (*).

PERFIL I. ALVAREZ - ABRA DE SAAVEDRA

Abarca los pórfidos antiguos de la zona de La Mascota y las formaciones Lola, Mascota y Trocadero (grupo Curamalal) y Formación Napostá (Grupo Ventana). Extensión total 8 km 900 m, con 43 puntos registrados.

SUCESION ESTRATIGRAFICA

El perfil comienza hacia el SO con el complejo de pórfidos en parte cuarzosos, a veces con marcados fenocristales, de tonos rojo violáceo hasta rojizo amarillento, densos y compactos, con fractura concoide en algunos casos, muy diaclasados, en partes con marcada esquistosidad, presentando superficies untuosas (sericitizadas) que pueden corresponder a filonitas.

Se hallan cortados por frecuentes filones de cuarzo lechoso, con poco desarrollo y extensión hacia el O pero que hacia el naciente se hacen más extensos y frecuentes, hasta de 10 cm de ancho; se observó un filón de casi 1 m de espesor. En parte se puede apreciar la disposición en mantos con rumbo N 50°, con inclinación de 25-50° hacia el OSO. El rumbo más marcado de la esquistosidad es ONO-ESE, hasta NO-SE, con 55° de inclinación hacia el SO.

GRUPO CURAMALAL

Formación La Lola. Se adosa a los pórfidos mediante relación

(*) Dadas las características esencialmente estructurales de este trabajo, he creído conveniente reemplazar la nomenclatura Cronoestratigráfica presentada por el autor en su borrador original, por la clasificación y nomenclatura Litoestratigráfica, de acuerdo al Código propuesto por la Comisión Americana de Nomenclatura Estratigráfica.

inversa, si bien no se observa contacto alguno. Los términos son areniscas de grano grueso y redondeado con pequeños rodados aislados, en parte más abundantes, con diámetro menor de 3 mm y mayor de 20 cm. Los rodados son de cuarzo en su mayor proporción, rocas cuarcíticas (orto y metacuarcitas) grises y otras tonalidades y areniscas moradas y púrpuras, por lo común bien redondeados y alargados, sin presentar mayor selección. Entre las capas de areniscas, por lo común violáceo-pálidas, se intercalan niveles arenoso-conglomerádicos pardo rojizos y rosados; en la superficie de algunas areniscas se observan agujeros plano-cóncavos paralelos a la estratificación, que a veces permiten señalar capas invertidas.

En algunos niveles se nota marcada milonitización. Las capas están cortadas por filones de cuarzo lechoso que en parte sigue la estratificación y a veces la cortan diagonalmente; algunos rellenan viejas diaclasas N 175°, subverticales que no coinciden con las diaclasas más marcadas.

El espesor total de la formación puede calcularse en unos 200 m.

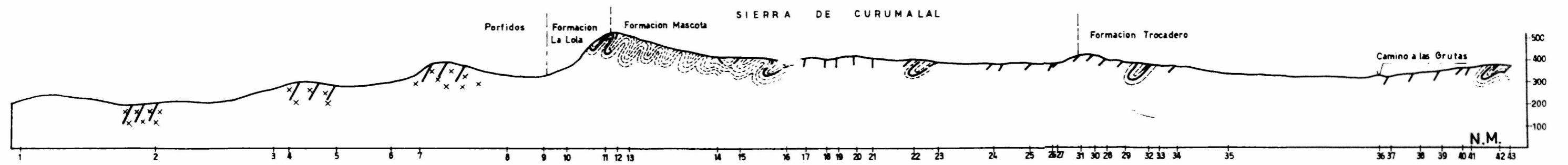
Formación Mascota. Se presenta bien desarrollada, con suave transición respecto a la anterior. Integrada por areniscas y rocas cuarcíticas (orto y metacuarcitas) rosadas, en parte rosado claras con típico tono flor de durazno, de grano mediano, con intercalación de capas a veces laminadas, en parte con estratificación entrecruzada, las que abundan en ciertos niveles. Los tonos son a veces blanquecinos en su parte exterior, lo que se hace más frecuente hacia el techo de la formación, donde se pueden observar nódulos arcillosos por lo común pequeños, dispuestos paralelamente a los planos de estratificación e integrados por material arcilloso rojizo, negruzco y verdoso, considerados por Harrington como "clay galls".

El cuarzo hidrotermal es abundante en algunos niveles, por lo común irregularmente distribuido.

Su espesor total puede estimarse en unos 220 m.

Formación Trocadero. Adosada concordantemente a la anterior mediante relación inversa y con cierto pasaje gradual, si bien es posible señalar características de constitución y sobre todo de color que la diferencian. Es de aclarar que en los demás perfiles estudiados esta diferencia no es tan cons-

PERFIL I - ALVAREZ - ABRA DE SAAVEDRA



REFERENCIA

- 1-43 Puntos registrados
- ~ Pliegues e inflexiones observadas
- ~ " " " " reconstruidas
- / Buzamientos observados
- / Diaclasas principales

ESCALA HORIZONTAL Y VERTICAL



picua como en el perfil aquí descrito y lo observado en la Sierra de Puán, lo que hace pensar en variaciones faciales.

Se observa sobre todo en la parte inferior de la formación, integrada por areniscas violáceas suaves, moradas, lilas, grises azuladas y grises con variadas tonalidades y manchas violáceas y rosadas, por lo común de grano fino y laminadas, que le dan a veces aspecto de lutitas pizarrosas. En partes se observan lentes arcillosos similares a los registrados en la Formación Mascota. A veces las lentes son de material arcilloso negruzco, en parte micáceo y probablemente sericítico muchas veces presente en forma de laminillas; es común observar en algunos niveles fuerte milonitización.

Se intercalan niveles de rocas cuarcíticas (orto y metacuarcitas) semejantes a las observadas en la Formación Mascota, pero de tonos grises.

Los filones de cuarzo hidrotermal son irregulares, como en los grupos anteriores, sin relación con el diaclasamiento principal.

GRUPO VENTANA

Formación Napostá. Sin relación visible con la anterior, de la que se halla separada por un ancho tramo cubierto por materiales aluviales. Esta porción se completó con el Perfil IIA que describiremos más adelante.

Se presentó así sólo parcialmente expuesto e integrado por rocas cuarcíticas muy silicificadas, en su mayor parte blanquecinas de grano fino, bien estratificadas y compactas, en parte de aspecto vítreo y con típica fractura concoide. En ciertos niveles presentan laminación de hasta 15 mm con acumulación de óxido de hierro en los planos de estratificación. Hacia los términos más altos se intercalan rocas cuarcíticas litológicamente semejantes, pero de color morado y rojo violáceo.

En general se trata de una formación bien diferenciable, caracterizada sobre todo por el mayor grado de silicificación, el grano más fino y los tonos blanquecinos.

Se observa poco cuarzo lechoso, irregular, que a veces corta el diaclasamiento marcado, vertical y de rumbo casi N-S.

CARACTERES ESTRUCTURALES

En los contados lugares donde se han podido observar, los pliegues son volcados hacia el NE, tal como es común en el resto de las Sierras de Curamalal y Ventana, si bien en algunos tramos sus planos axiales presentan posición casi subvertical. La fuerte inclinación dominante de los estratos hacia el S0, sugiere que los pliegues volcados relativamente estrechos constituyen la característica estructural más saliente en el tramo investigado, salvo aquel con planos axiales subverticales arriba mencionado. En la porción superior de la Formación Mascota se observa predominio de inflexiones secundarias y repliegues a veces marcados.

El contacto entre los Pórfidos y la Formación La Lola presenta relación inversa y se infiere la existencia, en el contacto entre ambas, de un sinclinal volcado hacia el S0. Semejante relación se observa también entre las Formaciones de Mascota y La Lola y entre aquella y la Formación Trocadero.

Frecuentes diaclasas cortan los complejos estratigráficos. El rumbo marcado y dominante varía entre N 170° y N 20°, verticales, en parte con pequeños desplazamientos bien marcados que harían pensar más bien en pequeñas fallas. Como rumbos subsidiarios tenemos un sistema N 120° - N 140°, verticales, a veces bien visibles y otro aproximadamente N 105°, con 75° de inclinación hacia el S0, que en parte de la impresión de ser el sistema principal.

Los filones de cuarzo hidrotermal rellenan un viejo sistema de diaclasas que coincide aproximadamente en ciertos casos con el rumbo del diaclasamiento más marcado, pero al cual cortan frecuentemente con pequeño ángulo. Tal como fuera aclarado anteriormente, no se han observado rellenos de cuarzo lechosos en las diaclasas dominantes y frescas, las cuales deben haberse generado en correspondencia con movimientos de ascenso relativamente recientes del relieve serrano.

Abarca el Grupo Curamalal, menos la Formación Hinojo (Formaciones La Lola, Mascota y Trocadero) y las Formaciones Bravard y Napostá del Grupo Ventana. Extensión total 11 km 200 m con 82 puntos registrados.

SUCESION ESTRATIGRAFICA

Se trata de un perfil bastante complejo y continuo, que abarca la Formación La Lola y la Formación Napostá brindando afloramientos claros en buena parte de su recorrido.

GRUPO CURAMALAL

Formación La Lola. Presenta constitución litológica muy semejante a la descrita en el Perfil I y alcanza su espesor estimado en poco más de 100 m. Integrado por una uniforme sucesión de areniscas gris azuladas a gris violáceas, en parte muy compactas y silicificadas, de grano grueso a mediano, con rodados aislados formando a veces niveles conglomerádicos irregulares; los rodados son de tamaño variable con predominio de los de cuarcitas de diverso tipo, pórfidos y cuarzo blanco, de hasta 3 cm de diámetro.

Las capas están cortadas por filones de cuarzo lechoso en general de extensión limitada, por lo común irregulares, si bien generan en algunos lugares nidadas y bolsones a veces apreciables.

Formación Mascota y Trocadero (Subgrupo Tornquist). Sigue a la formación anterior con relación concordante y pasaje gradual y se los incluye en una sola unidad por presentar caracteres no tan conspicuos y distintivos como en el Perfil I. En efecto, a más de las rocas cuarcíticas (orto y metacuarcitas) rosadas con tono "flor de durazno" características de la Formación Mascota se intercalan otras grises, blanquecinas y amarillento verdosas, estas últimas en menor propor-

ción. La formación está integrada exclusivamente por rocas cuarcíticas de grano variable, predominando capas bien lajosas, frecuentemente con estratificación entrecruzada. En varias capas se observan puntos blancos, bien visibles a simple vista, que representan feldespatos alterados y hacia la parte superior contadas capas de grano fino, lajosas y esquistosas color lila pálido, moradas, parduscas y gris azuladas, que se hacen más frecuentes hacia el techo, con pequeño espesor total y que recuerdan a las capas típicas de la Formación Trocadero.

Alcunas capas de la porción más inferior presentan rodados aislados de cuarcitas y pórfidos, que señalarían una verdadera transición hacia la formación infrayacente.

Se observan numerosas capas con marcada milonitización. Las inclusiones arcillosas ("clay galls") vistas hacia el techo de la formación en el Perfil I son escasas, a veces formando apenas manchas violáceas.

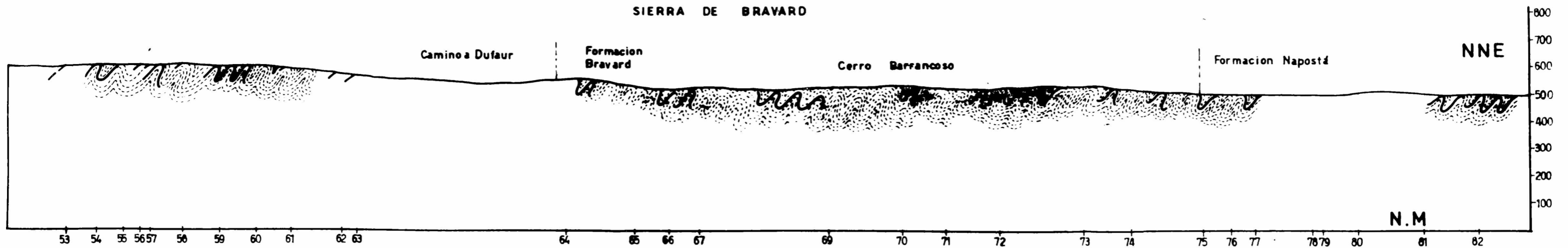
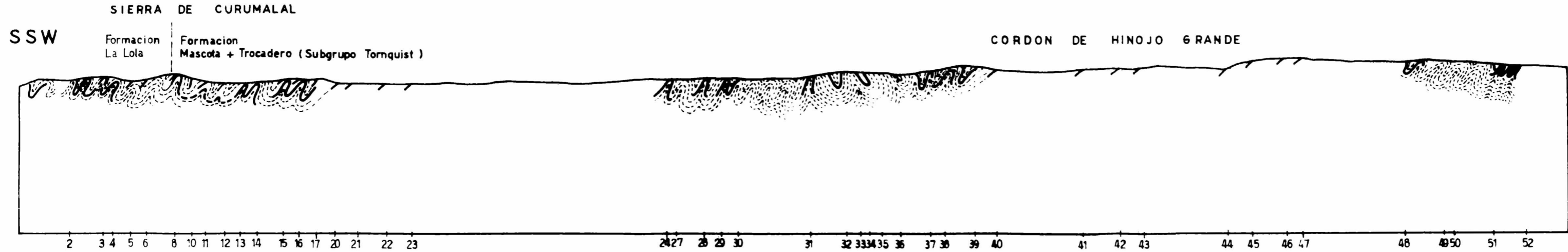
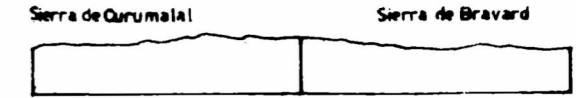
Resulta difícil apreciar su espesor con aproximación aceptable por no existir conexión entre zonas con afloramientos y por la complicada estructura, pero se estima que la potencia de ambas formaciones en conjunto no debe sobrepasar los 700 m.

En general, los filones de cuarzo lechoso son aislados y no muy continuos sin vinculación aparente con el diaclasamiento como en casos anteriores. En pocas localidades forman hasta bolsones pequeños; en el Punto 35 se registraron venas de hasta 2 cm de ancho, con rumbo N 140°, cortadas por otras N 60°.

GRUPO VENTANA

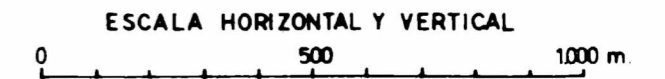
Formación Bravard. No se aprecia su relación directa con la anterior, si bien de acuerdo con Harrington (1947, pág. 22), consideramos por argumentos regionales la presencia de una discordancia en su base. Integrada por areniscas cuarcíticas moradas, rojizas, amarillentas y rosadas, no faltando algunas capas con tonos blanquecinos, en parte conglomerádicos con rodados de cuarcitas de variado tipo de cuarzo blanco, a veces entrecruzados. Los rodados son por lo común de diáme-

PERFIL II - ABRAS AGUA BLANCA - 27 DE DICIEMBRE



REFERENCIAS

- 1-82 Puntos registrados
- Pliegues e inflexiones reconstruidas
- Pliegues e inflexiones observadas
- Buzamientos observados



tro pequeño hasta de 7 mm, hallándose unos pocos de hasta 30 cm; corresponden a las rocas cuarcíticas y areniscas de las formaciones infrayacentes. La estratificación es regular, si bien hay paquetes macizos intercalados.

Se observa milonitización marcada en varios niveles. Su espesor total supera los 400 m.

Los filones de cuarzo lechosos son por lo común de pequeña extensión y poco frecuentes, si bien localmente adquieren cierta importancia.

Formación Napostá. No presenta en el perfil su potencia total y está integrada por las típicas rocas cuarcíticas blanquecinas densas y compactas, en parte de aspecto vítreo y fractura concoide. El grano es variable, por lo común fino. Se intercalan lutitas pizarreñas crema y pardo amarillentas y delgados niveles de areniscas micáceas blancas.

Hacia la parte superior, al igual que en el perfil I, hay intercalaciones de areniscas moradas, violáceas, pardo claras y rojizas, en parte finamente micáceas.

No se observan más que localmente filones de cuarzo lechoso poco extensos e irregulares.

El espesor presente en el perfil es de alrededor de 200 m.

CARACTERES ESTRUCTURALES

Las deformaciones observadas en este perfil son muy semejantes a las del perfil I, con predominio de pequeños pliegues volcados hacia el NE, si bien en vastos tramos los planos axiales de los pliegues son verticales y en otros presentan complicadas inflexiones locales.

Los contactos entre los diversos complejos estratigráficos son inversos, tal como es general en la porción occidental de las Sierras Australes. Ya hemos observado además la presencia de frecuentes niveles milonitizados.

Las diaclasas son abundantes, habiéndose diferenciado varios sistemas. Se ha apreciado una marcada dirección N 25° - 35°, verticales, casi transversal al rumbo de la serranía y otra N 140° - 155°, verticales, casi paralela al rumbo de

las estructuras, a más de otras de importancia secundaria.

PERFIL IIA. ABRA DE HINOJO

Es complementario del anterior y tuvo como objetivo principal completar el conocimiento de la Formación Hinojo y estudiar su contacto con la Formación Bravard, lo que se consiguió sólo parcialmente debido a la falta de buenos afloramientos rocosos. Extensión total 3 km 100 m con 15 puntos registrados.

SUCESION ESTRATIGRAFICA

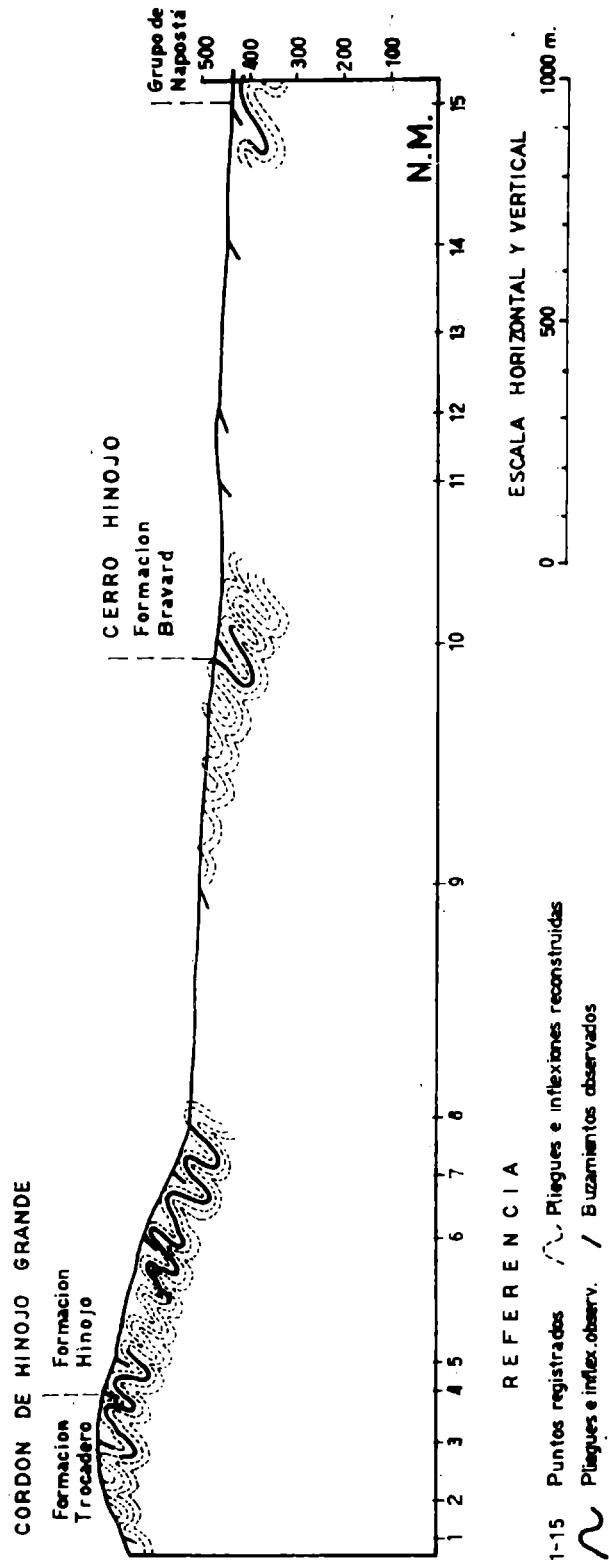
Constituye un perfil complementario cuya importancia radica en que corresponde a la única localidad de las Sierras Australes en que es factible observar el contacto directo entre los grupos Curamalal y Ventana. Es de señalar que los primeros afloramientos más antiguos, en contacto con el denominado por Harrington "Grupo de Hinojo, corresponde a rocas cuarcíticas rosadas típicas de la Formación Mascota, las cuales por posición estratigráfica deben corresponder sin embargo a la porción superior del "Grupo de Trocadero" del mismo autor. Al tratar el perfil II hemos aclarado que en su zona de influencia hay dificultades para separar las Formaciones Mascota y Trocadero, por cuanto las rocas cuarcíticas rosadas con sus típicas tonalidades flor de durazno alternan con otras tonalidades grises, blanquecinas, etc., y que se presentan hasta términos bien altos que ya corresponden a la Formación Trocadero.

GRUPO CURAMALAL

Formaciones Mascota y Trocadero (Subgrupo Tornquist). Se registró sólo su porción más alta, integrada por rocas cuarcíticas (orto y metacuarcitas) rosadas con tonalidades flor de durazno, compactas y masivas.

Formación Hinojo. Se adosa concordantemente a la anterior con relación inversa, estando constituida por rocas cuarcíti-

PERFIL II A - ABRA DE HINOJO



cas rosadas de grano mediano, muy lajosas y sericíticas, otras gris azuladas también sericíticas, areniscas cuarcíticas gris oscuras y areniscas gris plomizas de grano muy fino y con marcado grado de milonitización, esquistosas y sericíticas. Su espesor alcanza cerca de 150 m.

GRUPO VENTANA

Formación Bravard. Se presenta en contacto directo con la anterior, sin poderse precisar en detalle su verdadera relación discordante. Integrada por rocas cuarcíticas y areniscas rosadas muy compactas, consideradas convencionalmente como base de la formación a las que suceden areniscas compactas rojizas, de grano mediano a grueso, en parte conglomerádicas.

Su espesor total alcanza unos 200 m aproximadamente.

Formación Napostá. Se registraron solamente sus términos más inferiores integrados por rocas cuarcíticas blancas compactas y de fractura concoide, que es el aspecto típico de la formación.

Tanto en el Grupo Curamalal como en el Ventana, se observan filones de curzo hidrotermal, a veces abundantes, con rumbo N 35° y N 110° - N 150°, algunos con espesor entre 2 - 15 mm, pero que se acumulan y desaparecen y que como en el resto de la zona rellenan un viejo sistema de diaclasas, frecuentemente no visible con claridad.

CARACTERES ESTRUCTURALES

Los pequeños y sucesivos anticlinales volcados fuertemente hacia el NE y sus correspondientes sinclinales adyacentes, también volcados, constituyen el rasgo tectónico saliente del perfil estudiado, al igual que lo observado en gran parte de las Sierras de Curamalal y Ventana. En conexión con esta marcada deformación abundan niveles milonitizados y esquistosos que enmascaran los caracteres stratigráficos. Si bien ello no ha podido representarse con propiedad en el perfil, es de hacer notar que el repliegue de capas es mayor en la Formación Hinojo que en las restantes, reflejándose en numerosas deformaciones locales de menor intensidad dentro de los pliegues volcados mayores y que oscurecen el panorama es-

tratigráfico y estructural.

Los contactos entre las diversas formaciones son inversos, tal como es general en la comarca investigada.

Se observan varios sistemas de diaclasas; el más importante y notorio de rumbo N 50°, es decir transversal al rumbo de la serranía. Se han medido frecuentes diaclasas que varían entre N 10° - N 40°, subverticales a fuertemente inclinadas hacia el naciente, otras entre N 60° - N 90°, con fuerte inclinación al E hasta subverticales, algunas entre N 120° - N 140° y subverticales, formando sistemas paralelos y por fin otras entre N 150° - N 170°, en parte con rellenos de cuarzo hidrotermal.

PERFIL III. TORNQUIST - ABRA DE LA VENTANA

Considerando el más importante y fundamental por abarcar las Formaciones Mascota y Trocadero del Grupo Curamalal y la totalidad del Grupo Ventana (formaciones Bravard, Napostá, Providencia y Lolén), a más de la Formación Sauce Grande del Grupo Pillahuincó, esta última carente de afloramientos en largo tramo hasta su contacto con la Formación de Piedra Azul. Este perfil se ha empalmado en su extrema oriental con el investigado anteriormente por nosotros (Sueiro 1958, Corte 2. Porción oriental de la Sierra de Tunas) y que abarca todo el grupo de Pillahuincó denominado por Harrington (1947) "Sistema de Pillahuincó". Constituye así el perfil más completo de las Sierras Australes. Extensión total 34 km con 151 puntos registrados.

SUCESION ESTRATIGRAFICA

El perfil III, levantado sobre una extensión total de 34 km, es el más importante de las Sierras Australes por presentar información continua en buena parte de su recorrido, aflorando todas las formaciones que integran los Grupos Curamalal y Ventana, con excepción de las Formaciones La Lola e Hinojo. Se inició en la Cantera Tornquist, habiéndose

realizado también observaciones en las lomas aisladas ubicadas a unos 2 km al SE de la ciudad de Tornquist, que no figuran en el perfil, y se prolongó cortando transversalmente los Cerros de Tornquist y las Sierras de Curamalal y Ventana. En la comarca de Abra de la Ventana se investigó el tramo ubicado al N del camino carretero entre Tornquist y Sierra de la Ventana. En su porción terminal ENE empalma con el perfil de la porción oriental de la Sierra de Tunas levantado durante una campaña anterior (Suero 1957, Corte 2), constituyendo así en conjunto un perfil transversal completo de las Sierras Australes.

GRUPO CURAMALAL

Formaciones Mascota y Trocadero (Subgrupo Tornquist). Afloran en los llamados Cerros de Tornquist, ubicados inmediatamente al NE del pueblo homónimo y al S del camino carretero, integrando una sucesión concordante y en apariencia muy espesa. Tal como veremos más adelante, no se observan en superficie evidencias de pliegues apretados, ni siquiera de mayor amplitud, salvo al naciente del punto 35.

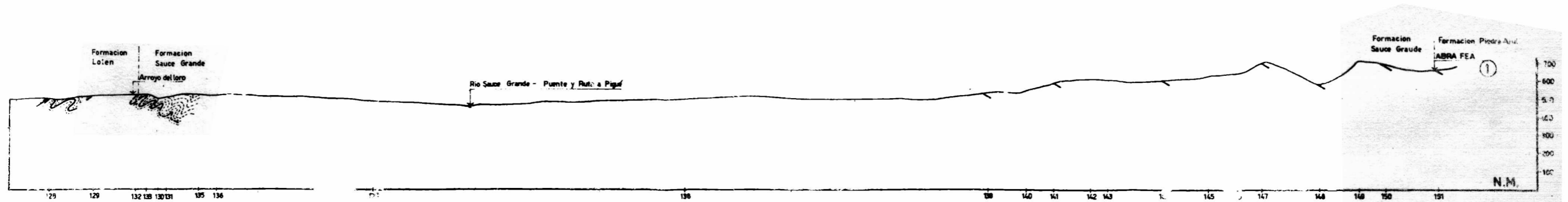
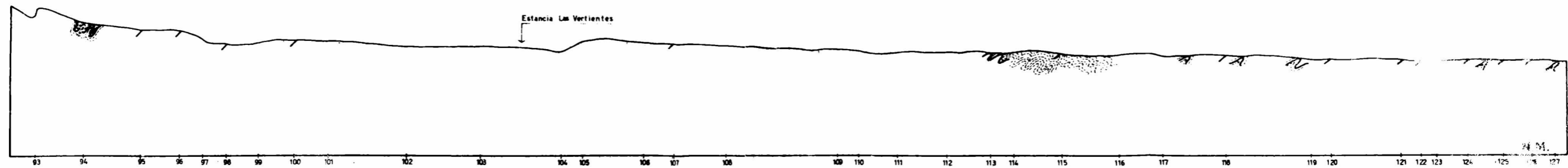
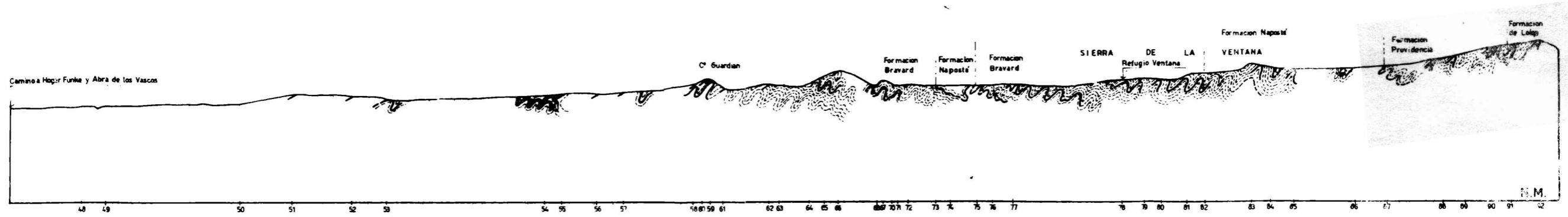
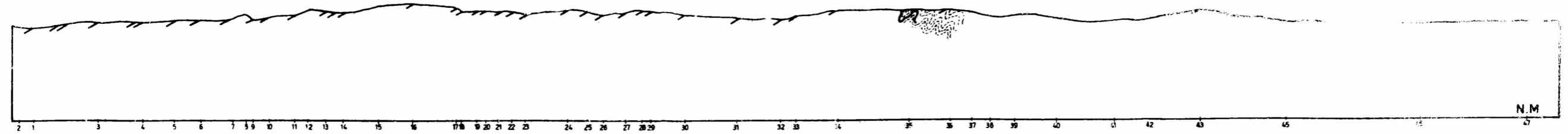
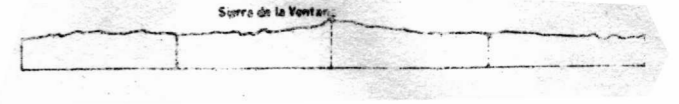
Al igual que en el perfil II se las considera en conjunto, al que se propone aplicar el nombre de Subgrupo Tornquist, por ser ésta la localidad donde el conjunto se observa con mayor claridad y continuidad.

Integrados por una espesa sucesión de rocas cuarcíticas (orto y metacuarcitas) compactas y densas, en parte con fractura concoide, rosada, - si bien se presentan con poco desarrollo los típicos tonos flor de durazno que caracteriza a la Formación Mascota en el perfil I y el la Sierra de Puán -, grises con tonos claros y oscuros, verdosa claras, blanquecinas, no faltando algunas intercalaciones rojizas y moradas de poco desarrollo, más frecuentes en los términos superiores. El grano es variable, desde fino a grueso, en partes marcadamente predominante, y contados niveles finamente conglomerádicos con rodados de hasta 3 cm de diámetro de rocas porfíricas y cuarcíticas de variado tipo; por lo común las capas se presentan bien estratificadas y laminadas y a veces con estratificación entrecruzada.

En algunos niveles de la porción media del complejo se observan en las rocas cuarcíticas feldespatos alterados for-

PERFIL III - TORNQUIST - ABRA DE LA VENTANA

Formaciones Mascota - Trocadero (Subgrupo de Tornquist)



REFERENCIA

1-151 Puntos registrados Plegues e inflexiones observados
 Plegues e inflex reconstr. Buzamientos observados

① Empalme con perfil 2 (1958)
 ESCALA HORIZONTAL Y VERTICAL
 1:500 1:1000 m

mando granos blanquecinos, friables, similares a los registrados en otros perfiles.

En varias partes de la sección hay manchas cioláceas paralelas a la estratificación que a veces forman cuerpos nodulares e irregulares. En la porción más alta se observan inclusiones arcillosas (clay galls) y orificios que pueden corresponder a moldes de Spiriferidos (Harrington 1947, 22), si bien en ningún caso hemos observado impresiones claras de sus esculturas externas. Estos supuestos fósiles han sido hallados en el Punto 36 del perfil.

En las canteras de Tornquist y de Rosmar, los cortes artificiales han permitido observar entre las capas de rocas cuarcíticas compactas, intercalaciones de rocas más blandas de naturaleza arcillosa, micáceas, en parte sericíticas con apariencia de filitas y otras finamente arenosas que corresponden a milonitas y que revelan alto grado de mollienda, originando en muchos casos un detrito fino pulverulento integrado por granos de cuarzo, pequeños y fracturados. Puede apreciarse además en estos cortes artificiales marcada lenticularidad de paquetes arenosos de hasta 3 m de espesor que se acuñan totalmente a corta distancia, así como claros planos de fricción entre capas.

Los términos más altos observados, en la loma aislada que corresponden al Punto 43, pertenecen a rocas cuarcíticas blanco grisáceas y gris lila, compactas y muy diaclasadas, con ondulitas asimétricas, carteadas por Harrington como la "Grupo de Trocadero".

Es muy difícil apreciar con exactitud el espesor de los complejos estudiados por integrar un aparente monoclinial de gran amplitud, el que sin duda debe incluir pliegues no visibles en superficie; se estima que la potencia total puede superar fácilmente los 800 m.

En esta formación se observan frecuentes filones y nidadas de cuarzo hidrotermal, localmente muy importantes y siempre con distribución irregular, en partes son paralelos a la estratificación, mientras que en otras la cortan con cierto ángulo; el ancho mayor observado alcanza 1,50 m. Cuando rellenan diaclasas, el rumbo de los filones no coincide, tal como es general en la zona, con el diaclasamiento principal y más marcado; se lo ha observado con frecuencia relle-

nando diaclasas entre N 115° - N 140°, verticales a subverticales.

El amplio valle que se extiende al O y paralelamente a la Sierra de la Ventana en el recorrido total de la Sierra, con excepción de la comarca de influencia del Perfil IIA, imposibilita observar en este perfil el "Grupo de Hinojo" de Harrington. (Formación Hinojo).

GRUPO VENTANA

Formación Bravard. Se presenta con buen desarrollo inmediatamente al N del camino carretero a Tornquist, en el faldeo occidental de la Sierra de la Ventana, estando cubierto el contacto con la formación infrayacente. Los términos más bajos son rocas cuarcíticas rojas, moradas y violáceas compactas, entre las que se intercalan otras blancas en parte vítreas, muy semejantes a las rocas tipo de la Formación Napostá, registrándose además rocas cuarcíticas amarillento verdosas con tintes violáceos. Siguen areniscas conglomerádicas compactas y silíceas, violáceas, que en algunos niveles presentan intercalaciones conglomerádicas más conspicuas, con rodados de hasta 2 cm de diámetro de rocas cuarcíticas de diverso tipo y cuarzo blanco. Estas areniscas alternan con rocas cuarcíticas de grano fino a mediano, morado claras, violáceas y blanquecians, mostrando en muchos niveles señalada milonitización.

Su espesor total puede estimarse en poco más de 400 m ya que es difícil de precisar dentro de límites más estrechos por la falta de su parte inferior y sobre todo por las complicaciones estructurales, imposibles de proyectar a lo largo del perfil.

El cuarzo lechoso se presenta en regular proporción, no tan abundante como en otras localidades, siguiendo viejos sistemas de diaclasas y en menor proporción subparalelo a la estratificación.

Formación Napostá. Se adosa con relación inversa a la formación anterior, aflorando además al poniente del Refugio Ventana como relleno de un sinclinal volcado hacia el OSO.

Integrado por una sucesión uniforme de rocas cuarcíticas blancas, densas y compactas, en su mayor parte vítreas y

con fractura concoide, por lo común de grano fino, con delgadas intercalaciones rojizas y amarillentas hacia la parte superior.

El espesor total alcanza cerca de 200 m.

El cuarzo lechoso se presenta sólo en forma de finas venillas irregulares.

Formación Providencia. Se adosa a la anterior también mediante relación inversa. Contrasta netamente con aquella y se halla compuesta por una mayor proporción de sedimentitas de grano fino.

Su sucesión está integrada por areniscas cuarcíticas amarillentas y rojizas, en parte bien laminadas.

Su espesor total alcanza poco más de 200 m.

Al igual que en la formación anterior, el cuarzo lechoso se presenta en forma aislada, rellenando vetas con rumbo N 40^o, cercano al de las diaclasas más compícuas, pero sin guardar relación directa.

Formación Lolén. Se presenta con relación inversa con la formación anterior y en transición gradual; en amplias zonas sus afloramientos no favorecen una observación continua. Hacia el S y en las inmediaciones del punto en que el Arroyo del Loro cruza el camino a Tornquist, se observa un claro sinclinal volcado con relleno de las sedimentitas típicas de la Formación Lolén, en contacto inverso con la Formación Sauce Grande.

Sus términos más inferiores son rocas cuarcíticas grises muy compactas y vítreas, a las que sigue una espesa sucesión de areniscas micáceas amarillentas, parduscas y grises con varias tonalidades, a veces con manchas verdosas, predominantemente de grano fino, si bien no faltan términos hasta de grano grueso. Más al Sur cerca del viejo Club Hotel Ventana, ya fuera del perfil, se registraron inclusive algunas intercalaciones de "capitas" conglomerádicas. Alternan con las citadas areniscas, predominando su proporción en varios tramos, lutitas pizarreñas, algunas de las cuales han sido clasificadas como filitas, por lo común gris oscuras a negruzcas, amarillentas en parte, siempre muy micáceas y con variable contenido arenoso fino.

Hacia la parte superior predomina la naturaleza arenosa de las sedimentitas, micáceas por lo común, amarillentas, parduscas y rojizas en los tramos más altos, que alternan con niveles lutíticos y pizarreños, siempre en menor proporción que en la parte inferior. Los tonos rojizos marcados en la zona de contacto con la Formación Sauce Grande parecen representar una vieja zona de oxidación.

Es de recordar que en las inmediaciones de la Estancia Las Vertientes y en otras localidades cercanas, Keidel (1916, 12) señaló la presencia de Branquiópodos y fragmentos de Trilobites mal conservados. Niveles fosilíferos semejantes fueron señalados posteriormente por varios autores en posición similar y en diversas localidades, que permitieron asignar edad devónica inferior a la formación en consideración. Son estos términos los únicos paleontológicamente bien documentados del Eopaleozoico de las Sierras Australes.

El espesor de la formación en consideración es difícil de estimar debido a la dificultad de medir los estratos por la fuerte esquistosidad, pero debe superar los 500 m.

El cuarzo lechoso se presenta con variable desarrollo, por lo común relleno de venas y venillas de hasta 10 cm de espesor y pequeñas nidadas, en conexión con viejos sistemas de diaclasas enmascarados por acciones tectónicas posteriores; así se los halla en muchas diaclasas con rumbo N 145° , que coincide aproximadamente con la dirección dominante de la esquistosidad, y en otras N 35° - N 50° , pero sin corresponder a las diaclasas más notorias de la comarca. Es de destacar que en los puntos 106 y 111 se halló cuarzo ahumado con manchas rojizas originadas por minerales de hierro.

GRUPO PILLAHUINCO

Formación Sauce Grande. Se adosa a la Formación Lolén con clara relación inversa; en su contacto una observación detenida permite apreciar la presencia de un relieve muy suave, enmascarado por la fuerte deformación tectónica que afectó al conjunto con posterioridad a la depositación del Grupo Pillahuincó. Es de recordar que la tonalidad roja de la porción más alta de la Formación Lolén puede interpretarse como zona de oxidación. Existe una evidente diferenciación entre la naturaleza de la Formación Lolén y la Formación Sauce

Grande, la más marcada que se observa en el total de la sucesión paleozoica de las Sierras Australes; este límite representa un marcado hiato, que está bien documentado por evidencias paleontológicas.

En el perfil comentado no se observa el desarrollo completo de la Formación Sauce Grande por falta de afloramientos en el valle intermontano por el que corre el Río Sauce Grande. Su porción inferior está integrada por lutitas pizarreñas conglomerádicas verdoso azuladas, muy compactas, con mala selección y marcada esquistosidad, entre las que intercalan conglomerados verdosos con rodados chicos, a veces bien seleccionados. La porción superior, observada al este del Arroyo Sauce Grande e integrando la cordonada del Cerro Naranjo, está compuesta por conglomerados poligénicos de colores verdes y gris verdosos, bayo amarillentos hasta rojizos por alteración, gris azulados oscuros, con algunas intercalaciones arenosas de grano variable y limolitas oscuras algo arenosas. Los conglomerados son por lo común, areniscas de vario tipo, etc; su origen glacial fue demostrado por Keidel (1916, 18).

Hacia el techo se observa un pasaje gradual hacia las lutitas de la Formación de Piedra Azul, estudiada con detalle en un perfil, prolongación directa del que estamos describiendo (Suero 1957, Corte 2).

El espesor total no ha podido calcularse por falta de afloramientos continuos, pero fue estimado por Harrington en 800 - 900 m.

El cuarzo lechoso se presenta con variable desarrollo, a veces muy abundante, relleno de nidadas y en vetas coincidentes con viejas diaclasas, algunas subparalelas a la estratificación y que la cortan con ángulos de hasta 75° . En pocos casos rellenan las diaclasas $N 35^{\circ}$, que son las más notorias de la zona, con marcadas señales de rejuvenecimiento.

MIOCENO SUPERIOR CON TIPO SIMILAR A LAS FORMACIONES

Conglomerado rojo

Atravesado por el perfil sólo en algunos puntos aislados de la porción occidental de la Sierra de la Ventana, como

remanentes a veces extendidos de una cubierta original más extensa. Presentan naturaleza brechosa, con bloques y fragmentos de bordes angulares, muy coherentes y silicificados; provienen sus componentes de todas las rocas que integran la sucesión paleozoica vecina. Carentes de estratificación, con tonos pardos y rojizos y con espesor variable, siempre alrededor de los 10 -15 m.

CARACTERES ESTRUCTURALES

El perfil III, por su gran extensión, permite visualizar tres comarcas con distinto comportamiento estructural, de las cuatro que integran la totalidad de las Sierras Australes.

La faja occidental, que abarca íntegramente los Cerros de Tornquist, de menor relieve topográfico que el resto de la sierra, se caracteriza por la falta de profusión de anticlinales pequeños volcados hacia el NE acompañados de sus sinclinales adyacentes, también reducidos y volcados, que es típica de las Sierras de Curamalal y de la Ventana, tal como hemos visto en los perfiles comentados anteriormente. En efecto, si bien los afloramientos de los Cerros de Tornquist son claros y han facilitado el estudio de un perfil continuo, sólo se aprecian uniformes inclinaciones hacia el OSO salvo en las inmediaciones del punto 35, donde hay pliegues pequeños y volcados hacia el NE acompañados de algunas inflexiones locales. Vale decir, que las observaciones continuas realizadas no han permitido detectar núcleos de pequeños pliegues, tal como es frecuente hacia el naciente; ello hace pensar que se trata de una faja con pliegues anticlinales anchos y de gran amplitud de onda, también volcados hacia el NE, con sus correspondientes sinclinales adyacentes, tal como veremos en la comarca afectada por el perfil IIIA. Esta explicación tampoco hallaría apoyo completo en las observaciones realizadas, pero es más plausible por razones de tipo regional. Quedaría así descartada la posibilidad de una sucesión continua que involucraría la presencia de un espesor de casi 3 000 m de sedimentitas asignadas a las Formaciones Mascota y Trocadero (Subgrupo Tornquist), también sin apoyo en los datos generales recogidos en otras comarcas similares de la porción occidental de las Sierras Australes.

La faja estructural central, que se extiende desde el arriba citado Punto 35 hasta los primeros afloramientos de la Formación Sauce Grande en las inmediaciones del Arroyo del Loro, es la de mayor desarrollo, con un ancho de 25 km en la comarca de influencia del Perfil III. Al igual que en los perfiles I y II, y tal como veremos más adelante en el Perfil IV, se caracteriza por una sucesión discontinua de pequeños pliegues anticlinales volcados hacia el NE y sus correspondientes sinclinales adyacentes acompañados por inflexiones secundarias de menor orden; esta disposición tectónica se observa claramente y en forma continua desde las inmediaciones del Cerro Guardián hasta poco más al naciente del Cerro de la Ventana, afectando las formaciones Bravard, Napostá, Providencia y parte inferior de la Formación Lolén.

La ancha faja aflorante de la Formación Lolén, que abarca un total de casi 10 km, no permite, salvo en contados tramos, realizar claras observaciones sobre su grado de deformación, pero en los sectores en que ello es factible se observan pequeños pliegues volcados con caracteres similares a los descritos en el párrafo anterior. (*).

La faja estructural oriental, que abarca los afloramientos de la Formación Sauce Grande al este del río homónimo, no permite más que medir inclinaciones regulares de hasta 30 -35° el ENE y NE, sin poderse observar con claridad si existen pliegues debido al enmascaramiento que produce el fuerte disclasamiento. Estas inclinaciones se pueden observar con claridad en la parte más occidental de la extensa cordonada que se extiende hacia el SSE hasta casi la latitud de Saldungaray. Ello no obstante, en el corte estudiado en una ocasión anterior (Suero 1957, Corte 2), que cubre la zona situada al naciente del Abra Fea, últimos puntos registrados en el Perfil III, los pliegues no son volcados y reducidos como en la faja central ya comentada, sino relativamente amplios y simétricos hasta suavemente asimétricos.

(*) Fuera de la línea del perfil en las quebradas transversales al Arroyo Belisario, especialmente en la zona ubicada al sur del viejo Club Hotel, se observan zonas de plegamiento intenso, similar a la mencionada.

Tal como hemos observado en el resto de la porción occidental de las Sierras Australes los contactos entre los diversos complejos estratigráficos son inversos.

Varios sistemas de diaclasas se observan a lo largo del perfil, siendo el más saliente y con mejor reflejo estructural aquel con rumbo entre $N 25^{\circ} - 50^{\circ}$, vertical a subvertical, con disposición transversal al rumbo de la serranía; estas diaclasas a veces están desplazadas por un sistema aproximadamente $N 90^{\circ}$, subvertical. Aparece ocasionalmente como más notorio un sistema de diaclasas $N 170^{\circ} - 185^{\circ}$, subvertical a vertical y como subordinado otro con diaclasas sobre todo entre $N 140^{\circ} - 155^{\circ}$, subvertical a vertical.

PERFIL IIIA. CERRO SAN MARIO - CERRO PAN DE AZUCAR

Complementario del anterior, tuvo por objeto investigar las Formaciones La Lola y Mascota y en particular su contacto con el granito milonitizado del Cerro Pan de Azúcar e inmediaciones. Extensión total 6 km 700 m, con 59 puntos registrados.

SUCESION ESTRATIGRAFICA

El perfil es complementario del anterior y permite observar un buen desarrollo de las Formaciones La Lola, Mascota y Trocadero en una zona intermedia de interés particular, por presentar los mejores afloramientos de un "basamento" granítico en buena parte marcadamente milonitizado. La zona de influencia de este perfil fue objeto de un interesante estudio por parte de Rayces (1941).

El complejo granítico ha sido estudiado en dos localidades (Cerro San Mario y Cerro Pan de Azúcar) y fue objeto de una investigación detallada por parte de Kilmurray (1961). En ambas localidades se halla en contacto con la Formación La Lola. No entraremos en la consideración de sus pormenores, que por otro lado escapan a nuestro objetivo principal.

En el Cerro San Mario afloran granitos de colores rojo verdosos, rojizos, rosados y morados, altamente milonitizados, con estructuras orientadas, por lo común de grano grueso, cloríticos, acompañados de filonitas verdosas y moradas con varias tonalidades. Todo el conjunto presenta inyecciones de cuarzo lechoso, a veces abundantes. En el faldeo oriental del Cerro Pan de Azúcar los granitos milonitizados, en parte de aspecto gneíssico, presentan marcada esquistosidad y diaclasamiento, incluyendo feldespatos alterados y fluoritas, presentes en nódulos de cuarzo de extensión variable. Estos cuerpos nodulares no han experimentado la esquistosidad marcada de la roca que los incluye, lo que probaría su edad más joven.

GRUPO CURAMALAL

Formación La Lola. Se observa en tres fajas del perfil, siempre en contacto con el granito, sobre el que se depositó normalmente. En el Cerro San Mario y Cerro del Humo el contacto es inverso, mientras que en el faldeo oriental del Cerro Pan de Azúcar es directo.

El Cerro San Mario está integrado por psamitas gris rosadas y gris rojizas en su mayor parte, de grano grueso, con escasos rodados, mientras que en los cerros Pan de Azúcar y del Humo la porción basal es conglomerádica pardo rojiza y amarillenta, bien estratificada, con rodados de tamaño hasta guijarro, sin mayor selección. Los conglomerados pasan lateralmente en algunos lugares a areniscas casi sin rodados, pero siempre la matriz es de grano grueso. Los rodados, cuya concentración es muy variable, son de cuarcitas grises y pardo claras de diverso tipo en mayor proporción, a más de pórfidos, rocas pizarreñas y cuarzo blanco; es de hacer notar, tal como fuera señalado por Harrington (1947, 20) la falta total de rodados de granito.

En el ala rebatida del anticlinal acostado entre los cerros Pan de Azúcar y del Humo, los rodados son marcadamente estirados, aplastados y recristalizados por acción tectónica; en la porción más baja de la sección, en contacto con el granito, los rodados están orientados casi N-S respecto a sus ejes mayores, mientras que poco más arriba en la sección se disponen hasta verticales, con alineación NE-SO.

Su espesor total alcanza un máximo de 60 m en el Cerro San Mario y Cerro del Humo, reducido muy posiblemente por aplastamiento, mientras que en Cerro Pan de Azúcar puede estimarse en poco menos de 200 m.

El cuarzo hidrotermal rellena filones a veces bifurcados y de irregular recorrido, de hasta 1 cm de espesor, muchas veces verticales y con rumbo N 55°, pero sin guardar relación con las diaclasas más salientes.

Formaciones Mascota y Trocadero (Subgrupo Tornquist). Rellenan un gran sinclinal complicado y volcado entre los cerros San Mario y Pan de Azúcar y otro al E de Cerro del Hueco, adosándose directamente encima de la Formación La Lola.

Integradas por una sucesión de rocas cuarcíticas (orto y metacuarcitas) gris rosadas, grises y rojizas de grano fino a mediano, bien estratificadas, en parte con estratificación entrecruzada, a veces con lentes de lutitas pardo oscuras y claras (posibles "clay galls"). En algunas capas se aprecian ondulitas asimétricas. También se han registrado hacia la parte superior del complejo estratos con feldespatos alterados. Muchas capas se presentan con marcada milonitización. En muchos estratos se observa el típico color rosado flor de durazno de los afloramientos más septentrionales.

Su espesor total puede alcanzar hasta 300 m, difícil de precisar por la complicada estructura, la que a su vez hace imposible su reproducción detallada.

Es de señalar que en este perfil, al igual que lo visto en los perfiles II y III, resulta difícil establecer el límite correcto entre las Formaciones Mascota y Trocadero por no presentarse definitivamente la sección de rocas cuarcíticas rosadas flor de durazno, tal como ocurre en el Perfil I, y en la Sierra de Pigüé. Por ello el límite es convencional, siendo más propio unirlos en un solo grupo al que denominamos Subgrupo Tornquist.

Los filones de cuarzo hidrotermal son por lo común delgados y rellenan sistemas de diaclasas con rumbos predominantes N 90° y N 120° - N 150°.

CARACTERES ESTRUCTURALES

En el perfil aquí considerado se distinguen dos tipos de pliegues dentro del estilo tectónico que caracteriza la porción occidental de las Sierras Australes. Entre los cerros de San Mario y Cerro del Huevo se destaca el anticlinal volcado hacia el NE, ubicado inmediatamente al naciente del Cerro Pan de Azúcar, con un ancho de casi 2 km, aflorando rocas graníticas milonitizadas en su núcleo; en éste el anticlinal más ancho que puede observarse directamente en todo el ámbito de la porción occidental de las Sierras Australes.

Hacia el oeste se desarrolla una amplia zona sinclinal imposible de reproducir en todos sus detalles, dentro de la cual podría localizarse por lo menos un anticlinal volcado semejante al anticlinal del Cerro Pan de Azúcar arriba mencionado. En este tramo, al igual que en los cerros de Tornquist (parte occidental del Perfil III) se observa una sucesión de capas correspondientes a las Formaciones Mascota y Trocadero (nuestro Subgrupo Tornquist) uniformemente inclinada hacia el SO y que en caso de integrar una sucesión continua alcanzaría un espesor de casi 1 000 m. Es de suponer entonces, al igual que en los cerros de Tornquist, que se trate de varios pliegues más grandes y de mayor ancho relativo que los vistos en la faja central del Perfil II y en la mayor parte de las Sierras de Curamalal, Ventana y Bravard. Consideramos entonces que este tramo se corresponde con la faja estructural central del Perfil II.

Al naciente del Cerro del Humo y sobre todo desde los primeros afloramientos que corresponderían a la Formación Trocadero, se presenta otro tipo de pliegues; en efecto, se trata de anticlinales pequeños y sucesivos, fuertemente volcados hacia el NE, separados por sinclinales también de magnitud reducida y volcados, acompañados a veces de repliegues locales similares a los que integran la faja central que hemos diferenciado en el Perfil II.

Es de señalar la marcada esquistosidad que afecta al granito, responsable en buena parte del comportamiento incompetente de la masa plutónica, la que frente a los esfuerzos plegantes reaccionó en igual forma que las sedimentitas suprayacentes.

El diaclasamiento es marcado, predominando un sistema N 20° - N 40°, con buzamiento fuerte al 0 y otro N 190° - 210°, verticales, que corta los rodados de la Formación La Lóla; como sistema secundario se observan diaclasas N 70° - N 90°, verticales, con filones de cuarzo lechoso y otras de menor importancia.

PERFIL IIIB. NACIENTES RIO SAUCE GRANDE -
RUTA A CORONEL SUAREZ Y PIGUE

También complementario del Perfil III, su finalidad era estudiar con mayor detalle la sucesión estratigráfica de la Formación Sauce Grande y muy especialmente la zona de transición entre ambos estilos tectónicos, es decir, el de los pliegues volcados hacia el NE y ENE de la porción occidental de las Sierras Australes y al de los pliegues simétricos, en parte apretados, que caracterizan la faja más oriental de las mismas y donde sólo afloran los términos estratigráficos inferiores del Grupo Pillahuincó. La falta de buenos afloramientos imposibilitó obtener una solución definitiva de dicho problema estructural. Extensión total 2 km 900 m, con 14 puntos registrados.

SUCESION ESTRATIGRAFICA

Este perfil sólo agrega unos pocos datos de interés al Perfil III.

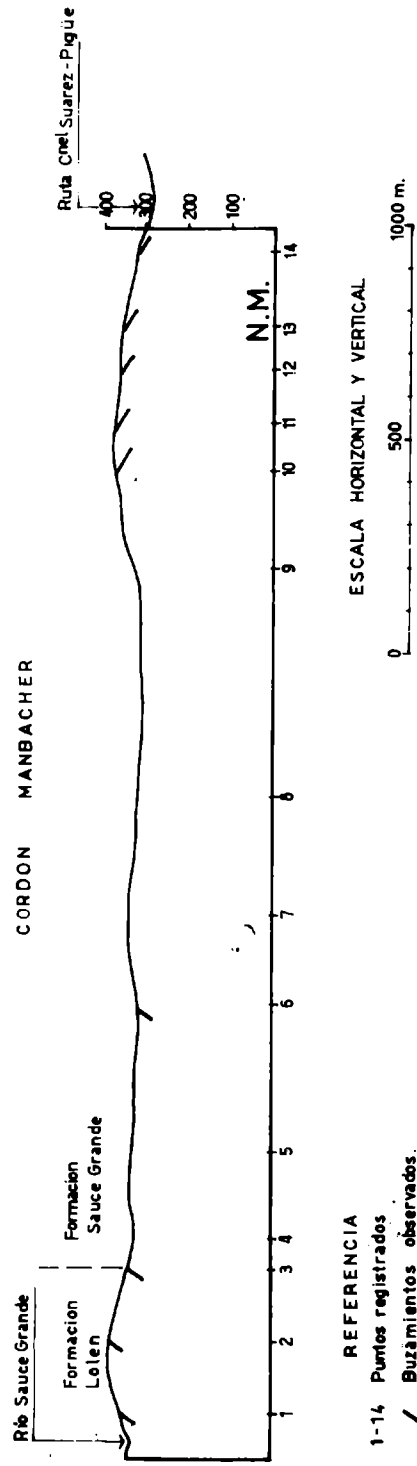
GRUPO VENTANA

Formación Lolén. Se ha observado sólo su porción más superior integrada por las típicas areniscas amarillentas y rojizas, compactas, de grano mediano, muy micáceas; algunas láminas de mica alcanzan hasta 2 mm de diámetro.

GRUPO PILLAHUINCO

Formación Sauce Grande. Superpuesta a la serie anterior con

PERFIL III B - NACIENTES RIO SAUCE GRANDE - RUTA - Cnel SUAREZ - FIGUJE



REFERENCIA

- 1-14 Puntos registrados
- / Buzamientos observados.

relación inversa, se ha investigado hasta términos equivalentes a los más jóvenes del Perfil III al naciente del Río Sauce Grande. Integrada por conglomerados y areniscas conglomerádicas verde azuladas y verdosas que hacia arriba se hacen azul negruzcas, muy esquistosas y diaclasadas; los rodados son poligénicos, por lo común pequeños de hasta 5 mm de diámetro, si bien algunas capas incluyen rodados más grandes. La Mátrix es pelítica y algo pizarreña y recuerda a las sedimentitas de la Formación Piedra Azul. Se intercalan paquetes de lutitas verdosas muy silificadas y otras gris azuladas a casi negruzcas con pequeños rodados diseminados.

Tanto en el techo de la Formación de Lolén, como en la Formación Sauce Grande son frecuentes los filones de cuarzo lechoso, muy abundantes en varios niveles, que coinciden en parte con las diaclasas de rumbo N 140° - N 150°, verticales, en mayor proporción y las N 55° - N 90°, subverticales, en segundo orden. Algunas de las vetas en correspondencia con el primer sistema tienen espesor entre 10 - 30 cm, en parte cortadas por el sistema de diaclasas N 60°. En el Punto 7 se observó una pequeña veta de cuarzo hidrotermal mineralizada con goethita, mientras que en el Punto 13 las sedimentitas arenosas se presentan marcadamente digeridas por cuarzo hidrotermal mineralizado con abundante goethita.

CARACTERES ESTRUCTURALES

Como hemos aclarado al principio de este trabajo, el Perfil IIIB fue investigado como complementario del III para identificar la zona en la que se producía el cambio de estilo tectónico entre las fajas estructurales central y oriental. Dicho objetivo no se pudo cumplir íntegramente por la poca claridad de los afloramientos especialmente en la zona del contacto entre las formaciones Sauce Grande y Piedra Azul, el que se halla en coincidencia con un valle longitudinal, en parte muy denudados y afectados por fuerte esquistosidad y diaclasamientos, lo que impidió hacer mediciones seguras de rumbo e inclinación, aún a cierta distancia, sobre extensos tramos.

Tal como puede observarse en el perfil adjunto, su sector occidental, con afloramientos de la Formación Lolén y Formación Sauce Grande, presenta fuertes inclinaciones al OSO

y un contacto inverso entre ambas unidades estratigráficas. Ello se debe a sucesivos y pequeños anticlinales volcados hacia el ENE acompañados de sus correspondientes sinclinales también volcados, al igual que lo visto en el tramo similar del Perfil III. No es posible precisar hasta donde se extiende esta configuración estructural hacia el nacimiento, pero es de presumir que en el tramo más oriental del perfil, allí donde las capas presentan inclinaciones hacia el ENE, al igual que al este del Arroyo Sauce Grande en el Perfil III, o poco más hacia el nacimiento, predomina el tipo de pliegues relativamente más anchos y simétricos, similares a los que se observan en las Sierras de Tunas y Pillahuincó.

Respecto a las diaclasas, el sistema $N 40^{\circ} - N 50^{\circ}$, subvertical y fuertemente inclinadas al E, predominan en el panorama, acompañadas por un sistema $N 80^{\circ} - N 100^{\circ}$, subvertical y otro alrededor de $N 150^{\circ}$, subvertical, de importancia secundaria.

PERFIL IV. CERRO SOMBRA DE TORO - ABRA DE RIVERA

Abarca las Formaciones Mascota y Trocadero, del Grupo Curamalal y las Formaciones Napostá, Providencia y Lolén, del Grupo Ventana, observándose sólo el techo de la Formación Bravard. Extensión total 18 km 300 m, con 52 puntos registrados.

SUCESION ESTRATIGRAFICA

GRUPO CURAMALAL

Formaciones Mascota y Trocadero (Subgrupo Tornquist). Tal como hemos procedido para los perfiles II y III, se las considera en conjunto por falta de caracteres petrográficos salientes para una correcta diferenciación. Integradas en su casi totalidad por rocas cuarcíticas (orto y metacuarcíticas) blancas, blanco grisáceas, gris oscuras con manchas de óxido de hierro, y gris moradas, compactas, en partes muy milinitizadas, por lo común bien laminadas.

El espesor aflorante no cubre por completo los dos grupos considerados, resultando imposible su reconstrucción total por falta de afloramientos, pero puede estimarse en unos 400 m.

El cuarzo lechoso se presenta en venas de espesor variable, hasta de 20 cm, con rumbo N 30 - 50° y N 140 - 150°, sin presentar relaciones evidentes con las diaclasas más conspicuas.

GRUPO VENTANA

Formación Bravard. Sus afloramientos son pobres y desconectados de las formaciones anteriores. Sólo se presentan rocas cuarcíticas compactas, rosadas, algo laminadas y milonitizadas. No se han observado las intercalaciones conglomerádicas que caracterizan los afloramientos de comarcas más septentrionales, tal como fuera visto en los perfiles II y III.

Resulta difícil calcular el espesor aquí presente por falta de afloramientos claros y continuos, pero puede estimarse en aproximadamente 200 m.

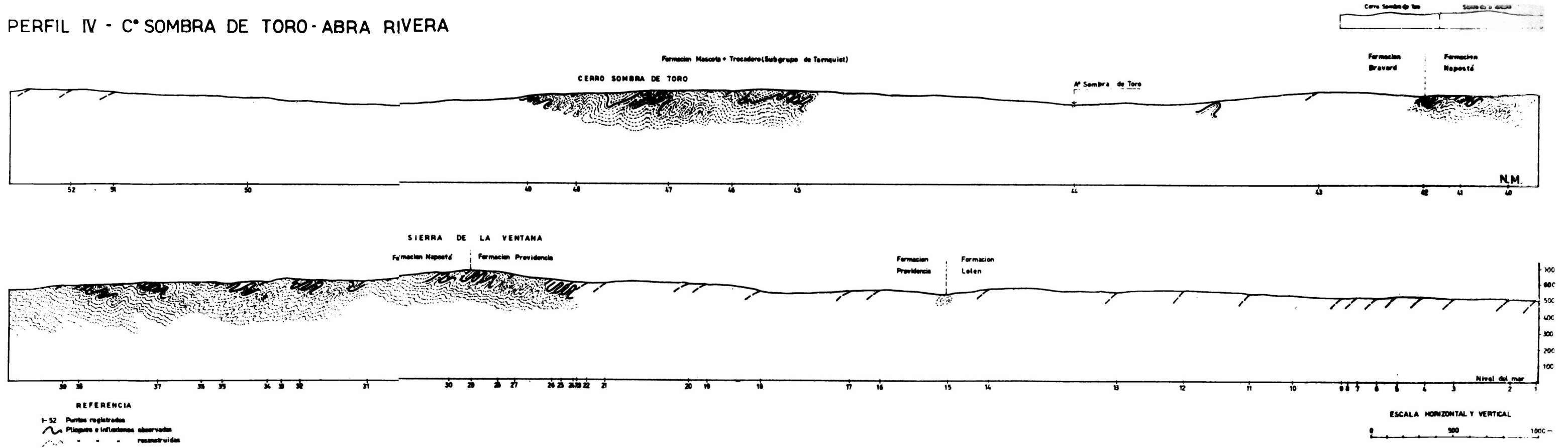
El cuarzo hidrotermal rellena frecuentes venas con rumbo N 0° y N 160°, estas últimas más potentes.

Formación Napostá. Tiene buen desarrollo en el perfil, adosado con contacto inverso sobre la Formación Bravard. Con composición petrográfica semejante a lo visto en el resto de la zona, está integrada por una sucesión de rocas cuarcíticas compactas de grano mediano, en parte hasta conglomerádica fina, blancas con tonalidades grisáceas y manchas pardas, en parte con fractura concoide, bien estratificadas. En algunas capas los tonos de alteración exterior son de color rojo ladrillos y rosados hasta rojizos, pero en corte fresco responden a los colores arriba descriptos. Son frecuentes en la sección capas con evidencias de milonitización; localmente hay mucha alteración por viejas diaclasas.

Su espesor total puede estimarse en unos 500 m o poco más.

El cuarzo hidrotermal se presenta en abundancia, relleno sobre todo vetas de rumbo N 35 - 50° y N 140 - 170°, con espesores variables, hasta 25 cm. En el punto 31 se ob-

PERFIL IV - C° SOMBRA DE TORO - ABRA RIVERA



servó una veta con rumbo N 60°, con cuarzo ahumado y coloración rojiza, con goethita mamelonar y en geodas.

Formación Providencia. Se presenta en afloramientos continuos y se pone en contacto sobre la Formación Napostá mediante relación inversa. Integrada por rocas cuarcíticas blanquecinas con tintes rojizos, rosados y gris rosados, en su mayoría compactas y silíceas, que hacia el techo son esquistosas y micáceas. Por lo común laminares, carácter que contrasta con el infrayacente de la Formación Napostá, si bien hay intercalaciones de horizontes macizos. Frecuentemente se observa milonitización muy marcada, especialmente en el contacto con la formación suprayacente, es decir Lolén.

El espesor total es difícil de calcular, no habiendo sido posible reproducir los pliegues que sin duda caracterizan su estilo estructural, pero puede estimarse en aproximadamente 300 m.

Los filones de cuarzo hidrotermal, a veces ramificados, son frecuentes como relleno de venas N 140 - 155° y N 20 - 50° en menor proporción, a más de otros de importancia secundaria; presentan espesores variables hasta de 15 cm.

Formación Lolén. Se adosa con relación inversa a la Formación Providencia mediante una faja milonitizada de unos 40 m de ancho, presentando composición petrográfica muy semejante a la observada en el Perfil III. No se estudió su desarrollo total hasta los términos más bajos de la Formación Sauce Grande, pues el perfil alcanzó hacia el este hasta las inmediaciones de la Estancia Santo Tomás.

Se halla integrada por psamitas micáceas de grano fino, amarillentas y rojizas, verdes y verde amarillentas, con intercalaciones de pizarra negras micáceas, muy esquistosas y duras. En la porción más alta observada se identificaron algunas concreciones arcillosas del tipo de los "clay galls".

La falta de observación de los pliegues completos, imposibilita un cálculo aproximado de su espesor, que no debe superar los 200 m.

El cuarzo lechoso se presenta formando venas N 130 - 140° y N 40 - 50° las que se cortan en el punto 1 sin desplazarse. En el punto 6 se ha apreciado un desplazamiento de pocos mm de las venas N 130° por las de rumbo N 45°. En general, no es tan abundante como en la Formación Providencia.

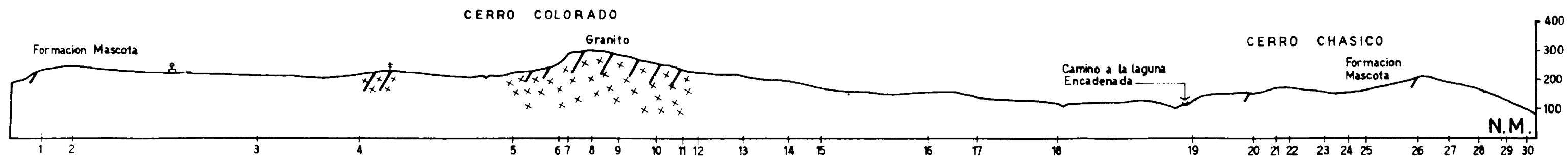
CARACTERES ESTRUCTURALES

En las porciones del perfil donde se observa el estilo tectónico con claridad, los pliegues son pequeños, fuertemente volcados hacia el NE, con repliegues secundarios de menor orden, respondiendo así al tipo de deformación señalada para la faja estructural central del Perfil III. Ello es particularmente notable en el Cerro Sombra de Toro y en la porción de Sierra de la Ventana cortada por el perfil.

Los términos estratigráficamente más bajos no ofrecen datos seguros para deducir si nos hallamos ya en el tipo de deformación que corresponde a la faja estructural occidental del Perfil III y que es típica en los cerros de Tornquist y cerros San Mario - Pan de Azúcar. Tampoco es posible determinar el tipo de pliegues que deformó gran parte de la Formación Providencia y la Formación Lolén en los que el marcado diaclasamiento y esquistosidad impide efectuar observaciones estructurales fehacientes. No obstante, de acuerdo a lo visto en el contacto entre ambas formaciones y otras observaciones realizadas más al naciente, así como la información suministrada por el tramo equivalente del Perfil III, es posible aseverar que estamos todavía en el tramo correspondiente a la faja estructural central del perfil antedicho.

Las diaclasas se presentan en varios sistemas, de los que los más notorios y de mayor reflejo en la morfología corresponden a diaclasas N 30 - 50°, subverticales y N 120 - 140°, subverticales, a más de otras de menor importancia. De los sistemas nombrados el primero se refleja en muchos casos en la morfología local, mientras que el segundo presenta en varios tramos directa vinculación con el rumbo general del Abra de Rivera.

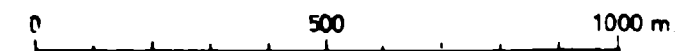
PERFIL V - C° COLORADO - C° CHASICO



REFERENCIA

- 1- 30 Puntos registrados
- / Buzamientos observados
- / Diaclasas principales

ESCALA HORIZONTAL Y VERTICAL



PERFIL V. CERRO COLORADO - CERRO CHASICO

Corta los cerros de poca altura ubicados al sud de la Laguna Las Encadenadas, últimas estribaciones hacia el oeste de la Formación Mascota en las Sierras Australes, ya fuera de la faja serrana y en contacto con el granito allí aflorante. Extensión total 5 km 200 m, con 30 puntos registrados.

SUCESION ESTRATIGRAFICA

No ofrece afloramientos claros, si bien resulta de interés por presentarse allí granito y rocas cuarcíticas aparentemente sin contacto directo. Su zona de influencia fue investigada por Xicoy (1946), quien abordó el estudio petrográfico del "basamento" granítico y su cubierta; más recientemente por Kilmurray (1961), el cual se ocupó de la petrografía de los granitos y rocas del basamento asociadas, conjuntamente con otros afloramientos similares de las Sierras Australes.

Las rocas graníticas integran un afloramiento relativamente amplio al sudoeste del Cerro Colorado, presentándose además en pequeñas áreas al SSO y NO de dicho cerro y al norte del Cerro Chasicó. Trátase de granitos rosados y rojizos con tonos verdosos, por lo común de grano grueso, presentando sus minerales cierta orientación en varias localidades; en partes se presentan muy alterados y a veces milonitizados (Punto 12 sobre todo).

GRUPO CURAMALAL

Formación Mascota. Las pocas rocas cuarcíticas que afloran en el ámbito de los cerros Colorado y Chasicó han sido considerados por Harrington como pertenecientes a la formación del epígrafe, asignación que mantenemos. En efecto, se trata de rocas cuarcíticas (posiblemente orto y metacuarcíticas) blancas, grisáceas y rosadas, compactas, en parte micáceas, por lo común macizas si bien a veces se presentan lajosas. En el Punto 2 el grano es grueso con clastos pequeños, habiéndose observado un rodado de 5 cm de longitud ó cuarcita blanca

aplastada. En el Punto 21 se observaron bandas negras de pocos cm alternando con otras más claras y en el Punto 27 se registró la presencia de "clay galls".

El cuarzo hidrotermal se presenta en filones que cortan ablicuamente la estratificación, siendo a veces paralelos a las mismas.

Es de señalar que Ulibarrena encontró en la ladera occidental del Cerro Chasicó un rodado suelto y alargado por deformación de cuarcita blanquetina, idéntico a los incluidos en la Formación La Lola, que aflora al poniente del Cerro del Humo (Perfil IIIA). Ello señalaría la posibilidad de que dicha formación esté presente en esta zona zubierta por el acarreo moderno.

CARACTERES ESTRUCTURALES

La falta de afloramientos impide discernir el tipo de deformación que afectó el conjunto. El granito presenta evidencias, al igual que en el Perfil IIIA, de haber intervenido en el plegamiento general. Por otro lado, las inclinaciones registradas en las rocas cuarcíticas, con marcada componente hacia el oeste hace pensar en pliegues amplios y volcados hacia el naciente, del tipo que caracteriza a la faja estructural occidental de los perfiles III y IIIA, ayuda esta interpretación el hecho de que en el Punto 13 se han registrado en un corto trecho rocas cuarcíticas muy milonitizadas en contacto casi con el granito.

Las diaclasas son marcadas y presentan un rumbo general N 140° con buzamiento de unos 40° hacia el SW.

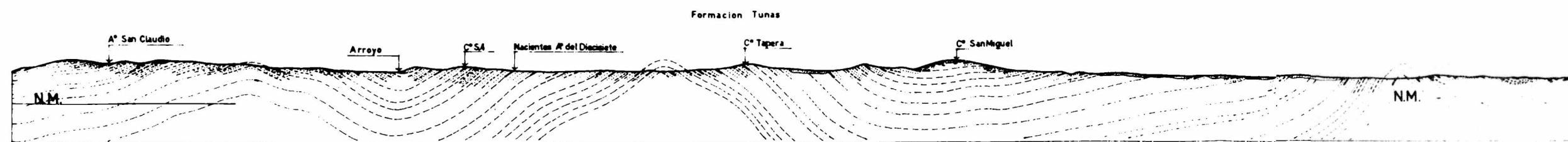
PERFIL VI. SIERRA DE PILLAHUINCO

Abarca las Formaciones Bonete y Tunas, partiendo desde el contacto con la Formación Piedra Azul en el oeste, hasta las últimas estribaciones hacia el este, donde el complejo rocoso serrano se hunde en la llanura circundante. Extensión total 21 km 250 m.

PERFIL VII - SIERRA PILLAHUINCÓ al ESTE del A° PILLAHUINCÓ GRANDE

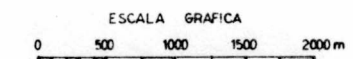
SSO

NNE



REFERENCIA

- Areniscas
- ===== Lutitas arenosas
- ===== Lutitas y Limolitas

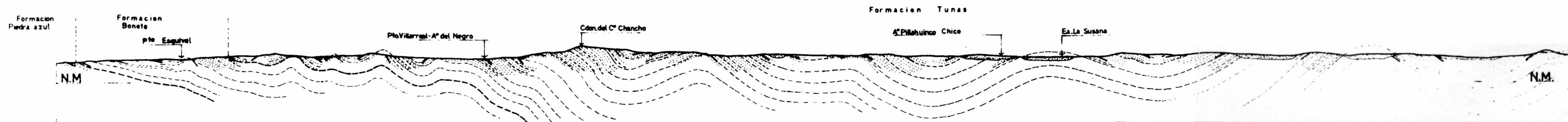


Reconstrucción Grafica

PERFIL VI - SIERRA PILLAHUINCÓ

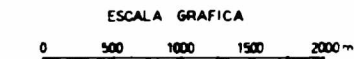
SO

NE



REFERENCIA

- Areniscas
- ===== Lutitas arenosas
- ===== Lutitas y Limolitas



Reconstrucción Grafica

SUCESION ESTRATIGRAFICA

Se trata de un perfil en una zona de afloramientos continuos, que abarcan íntegramente las formaciones Bonete y Tunas. Brinda afloramientos muy claros en todo su recorrido. No existe un límite marcado entre las formaciones Piedra Azul y Bonete, por lo tanto para su separación se ha seguido el criterio adoptado por Harrington (1947).

GRUPO PILLAHUINCO

Formación Bonete. Se fija su base por debajo de las primeras areniscas cuarcíticas compactas y silificadas, grises moteadas en blanco, sigue en perfecta concordancia con la Formación Piedra Azul. Predominan en su composición psamitas cuarzosas, con diferente grado de silicificación interestratificadas con limolitas y lutitas. En la mitad inferior de la formación, las areniscas son altamente silicificadas y compactas, con colores grises claros, gris verdoso y blanquecinos. Alternan además con otros tipos de areniscas, lutitas y limonitas, las primeras son grises a verdes, bien estratificadas hasta laminadas, con niveles que presentan estratificación entrecruzada y presentan en su techo ondulitas asimétricas, las lutitas y las limolitas son gris verdosas hasta verde oliva y gris oscura a negruzcas. Varios horizontes de la mitad inferior se han comprobado fosilíferos (Sueró, Lemmit II, n° 74). En la mitad superior de la Formación Bonete siguen las areniscas cuarzosas grises hasta gris azulado, compactas macizas y areniscas cuarzosas bayas, amarillentas y verdosas, estratificadas y lajosas en parte micaceas, que alternan con lutitas y limolitas verdosas y gris verdosa hasta gris oscuro y negruzcas.

La potencia de esta formación es de 600 m.

Formación Tunas. En general presenta composición litológica uniforme en la sección investigada, sin miembro o capa guía que permita una reconstrucción adecuada y fidedigna, teniendo en cuenta la frecuencia de pliegues e inflexiones. Se apoya concordantemente sobre la Formación Bonete, su pasaje es transicional sin poderse finar entre ambas un límite definido.

En su parte inferior predominan areniscas verdosas y gris parduzcas hasta amarillentas, compactas y silicificadas, que alternan con lutitas y limolitas de variable contenido arenosos y tonos morados y verdosos.

Hacia los términos superiores sigue una sucesión uniforme con predominio de psamitas por lo común cuarzosas, de grano fino a mediano, en menor proporción grueso, bien estratificadas hasta laminadas, si bien no faltan las capas macizas, de colores predominantemente gris y verdosos con tonos amarillentos, bayos y pardos. Estas areniscas son uniformes en su composición a través de todo el espesor de la formación y no ofrecen mayores variaciones salvo en tamaño de grano y grado de silicificación. Entre los cuerpos arenosos y con diferente proporción se intercalan las lutitas moradas y verdosas, con variable contenido arenoso y típicas manchas moradas o verdosas similares a las descritas a la parte inferior de la formación.

Son frecuentes en esta formación, desde su base, los filoncitos de cuarzo lechosos de origen hidrotermal, con espesores de 1 cm hasta 20 cm lenticulares y de extensión variable, más bien reducidos, que coinciden con las frecuentes diaclasas presentes en la zona, con la estratificación o con planos secundarios vinculados a aquellos.

Se hallaron restos vegetales muy mal conservados, en la parte inferior de la formación. La potencia de la misma se ha llegado a medir como máximo hasta 2 400 m y es razonable pensar que normalmente supera los 2 000 m.

CARACTERES ESTRUCTURALES

En la zona estudiada se observa un cambio en la dirección de los ejes de los pliegues, poniéndose ONO-ESE, el mismo se mantiene en toda la faja del corte. Se presenta una sucesión armónica de pliegues anticlinales y sinclinales, aunque se observan diferencias dentro del mismo estilo tectónico general, permitiendo separar tres fajas estructurales con rumbo aproximado NO-SE.

Comenzando desde el oeste se observa una faja de aproximadamente 6 km, que desde el Puesto Esquivel hasta el Cerro Chanco, abarca la totalidad de los afloramientos de la Formación Bonete y el tercio inferior de la Formación Tu-

nas, que presenta un plegamiento intenso con alabeo de capas.

Desde el Cordón mencionado se aprecia un notable cambio de estilo en el plegamiento, los pliegues, tanto los anticlinales como los sinclinales son en su mayor parte simétricos y con plano axial vertical, en oportunidades suavemente inclinados, con buzamiento máximo de 70° en sus flancos, en contadas ocasiones son asimétricos con la mayor pendiente hacia el NE. No se han observado pliegues volcados. Los ejes anticlinales en las zonas de plegamiento más intenso están separados por poco más de 500 m (ancho del pliegue), con alturas menores de 150 m tal como puede observarse en el corte al oeste del Puesto Villareal. Los ejes de extensión variable cruzan la comarca por distancias de 5 a 10 km, tienen hundimiento suave y gradual en ambos extremos. La faja tercera, adosada al noreste con disposición subparalela a la anterior y que coincide con la zona de afloramiento de la mitad superior de la Formación Tunas abarca los cordones de la Susana y de la Irmita, en la misma se aprecia un pasaje gradual de las condiciones estructurales hacia la segunda faja. Los anticlinales observados al naciente del Arroyo Pillahuincó Chico son mucho más amplios que los de la faja del cordón del Cerro del Chanco, destacándose el anticlinal cuya ala oriental (con un anticlinal secundario adosado hacia el este), se corresponde con la porción más occidental del cordón de la Susana, considerando el anticlinal adyacente hacia el este, poco al sudoeste del cordón de la Irmita, puede medirse un ancho de pliegue, entre cresta y cresta, de unos 4 500 m la inclinación de los flancos de los pliegues no supera los 40° , salvo en coincidencia con algunas suaves inflexiones secundarias de extensión local.

Los pliegues de las tres áreas descriptas no permiten asimilarlos con certeza al tipo paralelo o al similar, tal como ha sido factible en las cadenas montañosas más occidentales de las Sierras Australes. Ello no obstante, en la faja central, donde el plegamiento es más intenso y apretado se ha podido inferir variaciones de espesor entre los paquetes sedimentarios a relativa distancia, que permiten asignarlos al tipo similar, mientras que las unidades de estratificación al noreste del cordón del Cerro Chanco, parecen conservar sus espesores, lo que apuntaría hacia el tipo paralelo, si bien es posible que aún se conserve el similar pero de características menos marcadas y en transición ya hacia

de tipo paralelo.

Las disclasas se hallan presentes en la zona, como es normal en todas las Sierras Australes, se ha observado varios sistemas en parte rellenados por cuarzo, siendo las más frecuentes y repetitivas las que tienen en general rumbo NO-SE, variando su dirección entre N 130° y N 150°, vertical a subvertical. El otro sistema que le sigue en importancia es el que tiene un arrumbamiento NE-SO a ENE-OSO también vertical. Excepcionalmente se observan otros sistemas con rumbo N-S y un segundo juego E-O.

PERFIL VII. SIERRA DE PILLAHUINCO
AL ESTE DEL ÁRROYO PILLAHUINCO GRANDE

El mismo atraviesa la Formación Tunas exclusivamente y tuvo por objeto conocer el comportamiento estructural de la misma, tiene una extensión de 18 km.

SUCESION ESTRATIGRAFICA

Se trata de un perfil completo y continuo, que abarca la porción superior de la Formación Tunas, presenta afloramientos claros en todo su recorrido.

Formación Tunas. Al igual que en la mayoría de las formaciones de las Sierras Australes, no presenta una capa guía, que sirva de apoyo para la reconstrucción del plegamiento. Su composición litológica es monótona y uniforme.

En lo que respecta a la constitución litológica se reconocen exclusivamente psamitas y pelitas de distinto tipo, que se intercalan formando sucesiones uniformes, con granulometría variable. Entre las areniscas cuarzosas y en parte muscovíticas las hay de colores verdes, a veces con tonos amarillentos y bayos y gris con tonalidades parduzcas. El tamaño de gramo varía de fino a mediano y grueso, variando también la compacidad y cementación, hasta formar verdaderas areniscas silicificadas y cuarcitas. En los términos menos

compactos son frecuentes las estructuras entrecruzadas, pero en general predominan las unidades con buena estratificación y aún laminación, si bien no faltan niveles arenosos macizos. En ciertas capas arenosas se registran ondulitas claramente visibles, sobre todo en la cantera de Las Mostazas.

En síntesis, tratase siempre de areniscas cuarzosas por lo común compactas hasta silicificadas, que pueden pasar a cuarcitas y metacuarcitas, ambas con tonos verdosos predominantemente.

Es de hacer notar que en las inmediaciones del Cerro S-10 (donde se inicia el perfil) se hallan areniscas que difieren de las cuarzosas y cuarcíticas que predominan en la comarca. Las mismas han sido clasificadas como areniscas impuras (Wakes), feldespáticas y cloríticas, que se acercan en cierta manera al tipo de las grauvacas (podrían ser similares a las que menciona Harrington, 1947, 28). Estas lutitas y limolitas que se intercalan entre las areniscas, son predominantemente moradas y verdosas, los tonos amarillos y bayos aparecen por alteración superficial.

Es frecuente el hallazgo de filoncitos de cuarzo lechoso, de origen hidrotermal, más abundante en unas zonas que otras y generalmente de poco espesor y de extensión variable, presentando características similares a las registradas al oeste del Arroyo Pillahuincó Grande (Suero 1957, 15, 18 y 19). Dichos filoncitos rellenan diaclasas en areniscas y no se prolongan en los niveles pelíticos adyacentes, en los que se difunden y consiguientemente silicifican la roca.

Es interesante consignar, que en el extremo oriental de las sierras, aproximadamente en las cercanías de la Estación Pillahuincó (fuera de la traza de corte). Ulibarrena halló un fragmento de conglomerado de color bayo, compuesto por fenoclastos angulosos de lutitas verdes y moradas (de la misma Formación Tunas) ligados por una matriz constituida por granos similares a los de los clastos pero más pequeños y abundante proporción de clorita, con un material cementante formado por cuarzo y feldespato, es decir similar a una arenisca impura (Wake) (*). Es importante mencionarla por

(*) Se trataría de un conglomerado Grauvaquico.

tratarse de una unidad rocosa no registrada hasta el momento. Debe tratarse de los niveles más altos de la Formación Tunas, que en su mayor parte está cubierta por los sedimentos loesoides que circundan a las sierras.

Se han hallado unos pocos restos vegetales mal conservados.

La potencia total de esta formación se estima que supera los 2 000 m.

CARACTERES ESTRUCTURALES

Este corte presenta un conjunto de pliegues que no son más que la continuación de los observados al oeste del arroyo Pillahuincó Grande y que gozan de sus mismas peculiaridades, por lo que son válidas las consideraciones estructurales ya expuestas. De esta manera se observa una sucesión armónica de anticlinales y sinclinales bien desarrollados, algunos de los cuales atraviesan la totalidad de la zona investigada. Esta faja integrada por la serie de anticlinales y sinclinales arriba mencionada, caracterizados por la amplitud de sus unidades bien definidas y su simetría general, corresponde a la tercera faja estructural diferenciada al oeste del Arroyo Pillahuincó Grande (Suero 1957, 20 y 21) de la cual es su directa prolongación, pero es notorio una mayor amplitud y armonía de los pliegues a medida que nos dirigimos hacia el oriente. Está integrada por tres pliegues principales completos con rumbo NNO - SSE a NO-SE con ciertas inflexiones y alabeos en su recorrido. Resalta en el panorama estructural al anticlinal que desde las inmediaciones de las Mostazas se extiende con rumbo general NO-SE hasta el Arroyo Pillahuincó Grande, pudiéndose hallar su prolongación en el anticlinal de La Susana (Suero 1957 - Perfil VI), el ancho del pliegue supera los 4 km.

Para la parte occidental de las Sierras de Pillahuincó se observan frecuentes diaclasas, el sistema principal varía entre N 120° y N 160°, vertical a subvertical, con inclinaciones superiores a 60°, siendo así paralelos o subparalelos a la alineación principal de los ejes de los pliegues. Presentan sólo ocasionalmente relleno de cuarzo lechoso. Existe un sistema secundario de rumbo general E-0 (entre 70°-100°)

que en general carece de relleno de cuarzo hidrotermal, otras aproximadamente N-S (N 35°-20°) y NE-SO (entre 30°-60°) todas verticales a subverticales, siempre con inclinaciones mayores de 60°. Las últimas presentan rellenos, a veces abundantes, de cuarzo hidrotermal.

CONCLUSIONES

Analizando detenidamente los perfiles presentados, se pueden delimitar varias zonas, en razón de las diferentes características estructurales.

La primera de ellas, ubicada en el sector occidental de la región serrana, está integrada por una sucesión de rocas psamíticas (orto y metacuarcitas) dispuestas concordantemente, con capas que inclinan uniformemente hacia el sudoeste, con suaves y casi imperceptibles alabeos. Es de suponer que esta unidad está compuesta por pliegues de mayor amplitud, similares a los observados en la zona del Pan de Azúcar (Perfil III A) y especialmente en el Cerro Sombra de Toro (Perfil IV), lo que estaría confirmado por la presencia de las mencionadas capas alabeadas. La misma coincide con las formaciones sedimentarias más antiguas existentes en la zona, que corresponden al Silúrico. Representadas topográficamente por lamadas y serranías de poca altura.

La segunda se adosa paralelamente a la ya mencionada extendiéndose hasta las proximidades del Río Sauce Grande. En ella el plegamiento es intenso, del tipo similar y disarmónico, con pliegues primarios volcados con fuerte asimetría, acompañados por pliegues secundarios de orden menor. Los planos axiales inclinan fuertemente hacia el sudoeste. La faja coincide con los complejos rocosos del Silúrico alto y Devónico inferior. Topográficamente constituye el sector serrano más elevado y quebrado del sistema. La presencia del estado mencionado revela que la misma estuvo sujeta a procesos tectónicos muy intensos.

La tercera, la podemos ubicar con el eje en el Río

Sauce Grande extendiéndose varios kilómetros a ambos lados del mismo. Está integrada por la mitad superior de la Formación Sauce Grande, Piedra Azul y Bonete. La Formación Sauce Grande que comienza muy replegada en las inmediaciones del Arroyo del Loro (Perfil III), en el contacto con la Formación Lolen, luego pasa gradualmente a una posición aparentemente monoclinial; sus capas inclinan hacia el sudoeste, para luego en la mitad superior de la formación, invertir su posición hacia el este (Perfil III B), en los dos perfiles mencionados no existen afloramientos que nos permitan aclarar la estructura. Ya que no se observan evidencias del plegamiento en superficie, debemos suponer la existencia de un estilo tectónico que se va suavizando gradualmente, hasta llegar a perderse en la Formación Piedra Azul. Para luego volver a reorganizarse en suaves inflexiones en la Formación Bonete, ya que esta última acompaña en la base a la formación suprayacente aún más plegada. Topográficamente coincide con una zona llamativamente suave, compuesta por una serie de lomas alineadas en el sentido del rumbo. Desde esta zona en adelante los contactos comienzan a ser normales.

En la cuarta faja, cuyo estilo afecta fundamentalmente a la Formación Tunas, en el sector oriental, la situación es totalmente diferente, el plegamiento es una sucesión armónica de pliegues, en su mayor parte simétricos a suavemente asimétricos, consecuentemente con el plano axial vertical o suavemente inclinado; el tipo de pliegues es transicional pasando en forma gradual del similar al paralelo, predominando este último hacia el naciente. Siendo asimismo evidente que hay una mayor amplitud y armonía en el plegamiento, en la misma dirección. Topográficamente coincide con una zona de paisaje escarpado suave.

En resumen podemos decir que, en las Sierras Australes el plegamiento llega a una intensidad máxima en la segunda de las zonas descritas, para luego decrecer y llegar a anularse en la tercera. Posteriormente vuelve a tomar mayor intensidad, aunque no tan marcada en la última de las fajas estructurales explicadas; pero sin duda alguna podemos decir que se trata de una complicada estructura de plegamiento puro.

BIBLIOGRAFIA

1. Harrington, H. J., 1947.- Explicación de las Hojas Geológicas 33 m y 34 m Sierras de Curamalal y de la Ventana, Provincia de Buenos Aires. Dirección de Minas y Geología. Boletín nº 61. Buenos Aires.
2. Keidel, J., 1916.- Geología de las Sierras de la Provincia de Buenos Aires y sus relaciones con las montañas de Sud Africa y los Andes. Anal. Min. Agric. Nac., Sec. Geol. Mineral y Min. T. XI nº 3.- Dir. Min. Geol. e Hidrol., Buenos Aires.
3. Kilmurray, J. O., 1961.- Petrografía de las rocas Igneas de las Sierras Australes de la Provincia de Buenos Aires. Tesis Facultad de Ciencias Naturales de La Plata. Inédito.
4. Rayces, E. C., 1941.- Estructura tectónica del Cerro Pan de Azúcar en las Sierras Australes de la Provincia de Buenos Aires. Tesis Museo La Plata nº 30. La Plata.
5. Schiller, W., 1930.- Investigaciones Geológicas de las Sierras Australes de las montañas del Sud Oeste de la Provincia de Buenos Aires. Anales Museo de La Plata. T. IV, 1ra. Parte (Segunda Serie). Buenos Aires.
6. Suero, T. y Colaboradores, 1957.- Geología de las Sierras de Pillahuincó. Sierras Australes de la Provincia de Buenos Aires. Publicación del Laboratorio de Ensayo de Materiales e Investigaciones Tecnológicas (LEMIT). Serie II, nº 74. La Plata.
7. Xicoy, A. N., 1946.- Contribución al conocimiento petrográfico de las Sierras La Colorada y Chasicó (en los Partidos de Saavedra y Tornquist) Provincia de Buenos Aires. Tesis Museo La Plata, nº 85. La Plata.

DETERMINACION DE LAS DIFERENTES FORMAS QUIMICAS
DEL CALCIO DE LAS CALES HIDRAULICAS, AEREAS Y MAGNESICAS

Dr. Vicente Vetere*

Téc. Qco. Rodolfo R. Iasi

SERIE II, N° 237

*** Jefe de la Sección Corrosión del LEMIT.**

INTRODUCCION

Puede considerarse que el calcio en una cal, se encuentra fundamentalmente en forma de óxidos, hidróxidos, silicatos y carbonatos. En vista de la creciente importancia que se le asigna a la composición funcional de las cales para ciertos trabajos, se consideró necesario la búsqueda de un método capaz de evaluar en forma sencilla, rápida y precisa el calcio proveniente de cada una de las formas químicas citadas. Para la realización de la técnica se tuvo en cuenta que la ejecución de la misma pudiera realizarse no sólo en laboratorio, sino también en obra y por personal con escasa experiencia química. Es importante señalar esto, pues algunos métodos, tales como las normas ASTM (1), proveen implícitamente los datos necesarios para calcular los valores en cuestión. En efecto, entre las determinaciones realizadas por ASTM, figuran: "Cal útil", que comprende el calcio de óxidos e hidróxidos; "Anhídrido carbónico", del cual se deduce inmediatamente la cantidad de calcio unido a los carbonatos, "Calcio total", que comprende el calcio de óxidos, hidróxidos, silicatos y carbonatos. Si a este balance se le deduce el calcio perteneciente a óxidos, hidróxidos y carbonatos, se obtiene el valor de calcio unido a silicatos o si solamente se resta el dato de calcio de carbonatos se obtiene lo que los ingenieros viales dieron en llamar "Cal Util Vial", y que comprende el calcio que está bajo la forma de óxidos, hidróxidos y silicatos.

Esta forma indirecta de discriminar el calcio unido a los distintos aniones es segura, puesto que los valores prácticos de donde se parte para los cálculos se obtienen de métodos exactos. La desventaja de tales técnicas reside en su complejidad y largo tiempo que insume su ejecución. Para evidenciar esto último es suficiente una somera descripción de las normas más usuales. Por ejemplo para determinar calcio total, se separa la sílice, luego la suma de óxidos y se precipita el calcio como oxalato, terminándose la determinación por una permanganimetría o por gravimetría. El tiempo empleado en la realización de esta determinación es de unas 5 a 7 horas.

Para la evaluación de cal útil en general se utiliza el

método del sacarato, el cual consiste en un tratamiento de la cal con una solución acuosa de sacarosa, durante un tiempo que oscila entre 30 minutos y dos horas (según las técnicas), finalmente se valora la alcalinidad liberada por la reacción.

El tiempo insumido se estima entre 2 y 3 horas.

La determinación de dióxido de carbono se puede realizar por gasovolumetría (método rápido aunque poco preciso).

Otros métodos más seguros consisten en la absorción del anhídrido carbónico desprendido, bien por medio de un ácido o por vía térmica, en un absorbedor tarado, esta técnica es en general compleja y larga (tiempo requerido, unas 2 horas). Dada las dificultades señaladas, se creyó necesaria la búsqueda de una técnica que sumara a la precisión y exactitud de los métodos convencionales una mayor sencillez y celeridad. A tal efecto se trató de lograr una disolución fraccionada de la muestra y condiciones específicas para la valoración del calcio disuelto en cada una de las etapas. Para la disolución selectiva de las especies cálcicas, se pensó en el acetato de amonio, reactivo que reúne ciertas propiedades que se pueden aprovechar en los distintos pasos.

Dichas propiedades son entre otras:

1. El pH de una solución de acetato de amonio es muy próximo a 7.

2. Una base fuerte, tal como el hidróxido de calcio, desaloja al amonio, originándose acetato de calcio y amoníaco, el cual provee un medio alcalino capaz de disminuir la velocidad de disolución del silicato de calcio. Por otra parte el amoníaco producido puede eliminarse fácilmente por ebullición, lo cual aceleraría la hidrólisis del silicato de calcio.

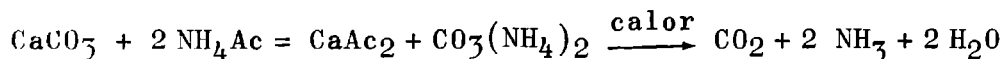
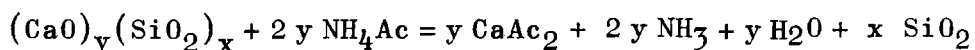
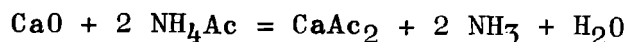
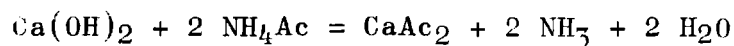
De lo dicho se infiere que:

a) Un tratamiento en frío, con acetato de amonio, solubilizaría únicamente al calcio de óxidos e hidróxidos,

b) un tratamiento a ebullición disolvería además al silicato de calcio,

c) el carbonato de calcio permanecería insoluble dado que el pH no es en ningún momento inferior a 7.

Para completar el esquema, se pueden sintetizar las reacciones probables en las siguientes ecuaciones:



De estas ecuaciones se desprende que además del amoníaco la concentración del acetato de amonio y del acetato de calcio pueden tener influencia en la velocidad de las distintas reacciones.

En base a todas estas apreciaciones se programó una serie de ensayos tendientes a determinar la influencia de cada una de las variables en la velocidad de disolución de cada especie. El progreso de tal disolución se determinó valorando el calcio disuelto (o el no disuelto, según los casos) al cabo de 5 - 10 - 15 - 30 y 60 minutos de tratamiento. Las experiencias se realizaron individualmente sobre muestras puras de óxido de calcio, carbonato de calcio y silicato de calcio (para esta última especie se tomó un cemento portland de 64,0% de calcio expresado en CaO).

ENSAYOS PRELIMINARES

En esta fase del trabajo se estudió la influencia de cada una de las variables, sobre la velocidad de disolución de las especies puras, trabajando en todos los casos con una cantidad total de calcio expresado en óxido de calcio de 1,000 gr., para lo cual se pesó de cada sustancia lo indicado en la Tabla I.

Las condiciones experimentales y los resultados obtenidos se esquetizan en la Tabla II.

TABLA I

SUSTANCIA	CONTENIDO DE CALCIO (en CaO) %	PESADA DE MUESTRA PARA EL TRATAMIENTO
Oxido de calcio	100,0	1,0000
Carbonato de calcio,	56,0	1,7860
Silicato de calcio	64,0	1,5640

DISCUSION DE LOS VALORES EXPERIMENTALES

De los datos extraídos de la tabla II se deduce que:

1. El óxido (o hidróxido) de calcio se disuelve completamente al cabo de 10 minutos de tratamiento en frío (o en caliente).

2. El silicato de calcio no se disuelve en frío al cabo de 60 minutos de reacción, pero bastan 10 minutos de tratamiento a ebullición para su disolución total.

3. En ambos casos la presencia de los productos de reacción (amoníaco y acetato de calcio) no afectan la velocidad ni la magnitud de la disolución.

4. El CO_3Ca no se disuelve después de 60 minutos de contacto a temperatura ambiente pero en caliente experimenta una ligera disolución que es reprimida por la presencia de amoníaco o acetato de calcio y llega a inhibirse completamente si están presentes ambas sustancias. Por otra parte desde que en una cal siempre hay óxido o hidróxido de calcio libre, se puede suponer que al agregar acetato de amonio, se produciría inmediatamente amoníaco y acetato de calcio, los cuales impedirían la disolución del carbonato de calcio, de lo cual se desprende que tratando una cal con acetato de amonio a ebullición no se disuelve el carbonato de calcio.

De estas conclusiones surge el siguiente esquema de separación de las distintas especies:

1. Disolución y valoración del calcio de óxido e hidróxido: tratamiento durante 10 minutos con acetato de amonio a temperatura ambiente; filtrar y valorar el calcio soluble.

2. Disolución y valoración del calcio de óxido, hidróxido y silicatos: tratamiento a ebullición, con acetato de amonio durante 10 minutos, filtrar y en el filtrado valorar calcio.

3. Calcio de silicatos: se obtiene por diferencia entre II y I.

4. Calcio de carbonatos: se disuelve el residuo de II, con ácido clorhídrico, se precipita la suma de óxidos con amoníaco, se filtra y en el filtrado se determina calcio.

ANALISIS FUNCIONAL DE UNA CAL

Basándose en los esquemas deducidos, se esbozaron las técnicas analíticas para la valoración del calcio en muestras de cales.

Para la ejecución de los ensayos se emplearon cales aéreas, hidráulicas y magnésicas previamente analizadas por el método ASTM.

PARTE EXPERIMENTAL

I. Reactivos empleados. Se utilizaron los siguientes:

1. Solución de acetato de amonio aproximadamente 2N neutralizada con amoníaco.

2. Solución de hidróxido de sodio aproximadamente 2N.

3. Solución de ácido clorhídrico 1 + 1.

4. Solución de amoníaco 1 + 1.

5. Solución 0,1000 M de sal tetra sódica del ácido etileno diamino tetra acético: preparada por disolución de 37,21 g. de EDTA (sal disódica) y 8 g. de hidróxido de sodio y llevados a 1000,0 ml. en un matraz aforado.

6. Solución de cloruro de calcio aproximadamente 0,1 M.

7. Dispersión sólida de murexida al 0,2% en cloruro de potasio.

II. Técnicas de trabajo

1. Determinación de calcio de óxidos e hidróxidos

En matraz aforado de 250 ml. se colocan 1,0000 g. de muestra, se agregan 150 ml. de agua, 20 ml. de acetato de amonio 2N y se lleva a volumen. Se hogueiniza bien, se deja en contacto 15 minutos, agitando eventualmente. Luego se filtra por papel de poro medio, seco, recogiendo una alícuota de 50,0 ml. sobre la que se determina calcio.

TABLA II

Sustancia	Solubilidad expresada en por ciento de óxido de calcio disuelto															
	Mliequivalentes de reactivos agregados a un volumen total de 250 ml						Tratamiento a temperatura ambiente									
	acetato amoníaco		acetato calcio		Tiempo de reacción en minutos		Tiempo de reacción en minutos		Tiempo de reacción en minutos		Tiempo de reacción en minutos					
	amonio	acetato	amonio	calcio	5	10	15	20	30	60	5	10	15	20	30	60
Óxido de Calcio	40	-	-	-	98,2	100,0	-	-	-	100,2	100,0	-	-	-	-	100,3
	40	40	-	-	98,5	100,1	-	-	-	99,9	99,9	-	-	-	-	100,0
	40	-	40	-	98,3	99,9	-	-	-	100,0	100,2	-	-	-	-	99,9
	40	40	40	-	98,0	100,0	-	-	-	100,0	100,4	-	-	-	-	100,0
Silicato de Calcio	40	-	-	-	0,0	0,0	-	-	-	0,0	95,4	100,0	-	-	-	100,2
	40	40	-	-	0,0	0,0	-	-	-	0,0	96,0	100,2	-	-	-	99,8
	40	-	40	-	0,0	0,0	-	-	-	0,0	95,0	99,8	-	-	-	100,0
	40	40	40	-	0,0	0,0	-	-	-	0,0	95,8	100,0	-	-	-	100,2
Carbonato de Calcio	40	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	3,0	3,2	3,5	3,5	3,5
	40	40	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	40	-	40	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
	40	40	40	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Calcio	40	5	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	40	-	5	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
40	5	5	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NOTA: Los resultados son los promedios de determinaciones triplicadas.

2. Determinación de calcio de óxidos, hidróxidos y silicatos

En vaso de precipitación de 250 ml., se colocan 1,0000 g. de muestra, se agregan 150 ml. de agua, 20 ml. de acetato de amonio 2N y se calienta a ebullición 10 minutos. Se deja enfriar unos minutos, se filtra por papel de poro medio, recogiendo el filtrado en un matraz aforado de 250 ml. Se lava unas cinco veces con agua y se lleva a volumen. Sobre una alícuota de 25,0 ml. se valora calcio.

3. Determinación del calcio de carbonatos

El filtro conteniendo el residuo de la operación II, se vuelve al vaso original, se agregan 5 ml. de HCL 1+1, se calienta a ebullición hasta desmenuzarse el papel, se agregan 50 ml. de agua, se alcaliniza con amoníaco, se calienta a ebullición 2 minutos, se filtra por papel de poro medio, se lava con agua y sobre el total del filtrado se determina calcio.

4. Técnica de valoración del calcio

a) Valoración de la solución 0.1 M de cloruro de calcio.
En vaso de 250 ml., se agregan 25,0 ml. de la solución 0,1000 M de ENa_4 , se adicionan 50 ml. de agua, 15 ml. de hidróxido de sodio 2N, una pizca de murexida (al 0,2% en ClK) y desde bureta se agrega la solución de calcio hasta viraje del violeta al rojo.

b) Valoración del calcio proveniente de las distintas operaciones. Se mide la alícuota indicada, según los casos, se agregan 25 ml. de hidróxido de sodio 2N, una pizca de murexida y desde bureta la solución de ENa_4 hasta viraje y unos 5 ml. en exceso. Se retorna con la solución valorada de cloruro de calcio.

5. Resultados Obtenidos

En la Tabla III figuran los resultados de los análisis efectuados por el método ASTM.

La Tabla IV, detalla los valores calculados a partir de los datos de la Tabla III.

La Tabla V se confeccionó en base a los resultados logrados por la aplicación de las técnicas propuestas.

TABLA III

A) CALES AEREAS

	Calcio total	Cal útil	CO ₂		Calcio total	Cal útil	CO ₂
Muestra N° 1...	72,7	61,6	11,0	Muestra N° 2...	71,3	70,0	1,2
	72,5	61,5	11,2		71,0	69,7	1,2
	72,9	61,9	10,7		71,6	70,0	1,1
	73,0	61,8	11,1		71,2	70,3	1,3
Muestra N° 3...	70,4	50,0	20,3	Muestra N° 4...	73,5	66,3	7,2
	70,0	50,4	20,2		73,0	66,0	7,2
	70,2	49,8	20,0		73,7	66,3	7,4
	70,6	50,0	20,2		73,7	66,5	7,0

B) CALES HIDRAULICAS

Muestra N° 5...	62,7	26,7	20,1	Muestra N° 6...	64,8	41,6	11,6
Sílice activa,	62,5	26,7	20,0	Sílice activa,	64,8	41,3	11,4
en SiO ₂ % = 9,7	63,0	26,7	20,4	en SiO ₂ % = 7,0	64,4	41,5	11,8
	62,9	26,6	20,0		64,6	41,8	11,7
Muestra N° 7...	73,3	32,3	15,8	Muestra N° 8...	59,2	40,3	2,2
Sílice activa,	73,0	32,6	15,8	Sílice activa,	59,0	40,0	2,3
en SiO ₂ % = 12,0	73,0	32,3	15,6	en SiO ₂ % = 8,3	59,0	40,1	2,3
	73,4	32,4	15,6		59,2	40,0	2,2

C) CALES DOLOMITICAS

Muestra N° 9...	41,7	28,5	5,8	Muestra N° 10..	71,9	61,0	10,6
Mg, en MgO % 23,4	41,6	28,0	5,7	Mg, en MgO % 11,9	71,6	61,2	10,6
Sílice activa,	41,6	28,2	5,8	Sílice activa,	71,4	59,7	10,3
en SiO ₂ % = 6,6	41,6	28,2	5,4	en SiO ₂ % = 0,2	71,7	61,3	10,4
Muestra N° 11..	54,0	32,3	1,2	Muestra N° 12..	44,5	41,0	3,3
Mg, en MgO % 15,0	54,2	32,0	1,1	Mg, en MgO % 25,4	44,3	41,4	3,2
Sílice activa,	54,6	32,1	1,0	Sílice activa,	44,5	41,4	3,4
en SiO ₂ % = 9,8	54,0	32,1	1,4	en SiO ₂ % = 0,3	44,7	41,2	3,5

TABLA III (cont.)

PROMEDIOS DE LOS VALORES

A) CALES AEREAS

	Calcio total	Cal útil	CO ₂
Muestra Nº 1....	72,8	61,7	11,0
Muestra Nº 2....	71,3	70,0	1,2
Muestra Nº 3....	70,3	50,0	20,2
Muestra Nº 4....	73,5	66,3	7,2
Desvío medio %..	0,31	0,2	2,4

B) CALES HIDRAULICAS

Muestra Nº 5....	62,8	26,7	20,1
Muestra Nº 6....	64,7	41,6	11,6
Muestra Nº 7....	73,2	32,4	15,7
Muestra Nº 8....	59,1	40,1	2,3
Desvío medio %..	0,3	0,3	1,0

C) CALES DOLOMITICAS

Muestra Nº 9....	41,6	28,2	5,7
Muestra Nº 10...	71,7	61,1	10,5
Muestra Nº 11...	54,2	32,1	1,2
Muestra Nº 12...	44,5	41,3	3,4
Desvío medio %..	0,3	0,3	2,6

TABLA IV

VALORES CALCULADOS EN BASE A LOS DATOS PROMEDIO DE
LA TABLA III

Muestra N ^o	Calcio de óxidos e hidróxidos	Calcio de óxi- dos, hidróxi- dos y silica- tos	Calcio de carbonatos
<u>CALES AEREAS</u>			
1	61,7	61,8	11,0
2	70,0	70,1	1,2
3	50,0	50,1	20,2
4	66,3	66,3	7,2
<u>CALES HIDRAULICAS</u>			
5	26,7	42,7	20,1
6	41,6	53,1	11,6
7	32,4	57,5	15,7
8	40,1	56,8	2,3
<u>CALES DOLOMITICAS</u>			
9	28,2	35,9	5,7
10	61,1	61,2	10,5
11	32,1	53,0	1,2
12	41,3	41,1	3,4

Nota.- Estos desvíos constituyen el promedio de los desvíos medios para cada caso. Por ejemplo, el desvío medio para la determinación de un 20 % de CO₂ (expresado en CaO) es de 0,4 % y para 1 % de CO₂, 4,2 %. Sin embargo, promediando los desvíos se tiene un panorama estadístico de la precisión de las reacciones, mucho más real.

TABLA V

RESULTADOS DE LOS ANALISIS POR EL METODO PROPUESTO

(todos los valores se expresan en CaO %)

Muestra Nº	Calcio de óxido e hidróxido	Calcio de ó- xido y sili- catos	Calcio de carbonatos	Muestra Nº	Calcio de óxido e hidróxido	Calcio de ó- xido y sili- catos	Calcio de carbonatos
1	61,6	61,7	11,0	2	70,0	70,1	1,2
	61,6	61,7	11,2		70,2	70,1	1,2
	61,3	61,5	11,1		69,6	70,0	1,2
	61,3	61,9	11,3		70,2	70,2	1,4
3	50,0	50,2	20,3	4	66,3	66,3	7,2
	50,2	50,0	20,2		66,0	66,3	7,1
	50,2	50,2	20,1		66,4	66,2	7,3
	50,3	50,4	20,1		66,4	66,5	7,3
5	26,7	42,6	20,1	6	41,6	53,2	11,6
	26,3	42,6	20,0		41,8	53,0	11,7
	26,9	42,8	20,0		41,8	53,3	11,7
	26,9	42,8	20,0		41,4	53,3	11,9
7	32,3	57,5	15,8	8	40,3	57,0	2,2
	32,2	57,0	15,8		40,3	57,2	2,2
	32,0	57,8	16,0		40,0	57,0	2,3
	32,0	57,8	16,0		40,5	57,2	2,3
9	28,5	35,9	5,8	10	61,0	61,3	10,6
	28,3	35,7	5,8		59,7	61,2	10,5
	28,3	35,6	5,6		59,7	61,2	10,6
	28,4	35,6	5,6		61,4	61,3	10,6
11	32,3	52,8	1,2	12	41,0	41,2	3,3
	32,3	52,6	1,2		41,4	41,6	3,2
	32,7	52,6	1,2		41,4	41,6	3,2
	32,3	53,0	1,3		41,3	41,4	3,1

TABLA V (cont.)
VALORES PROMEDIO

Muestra Nº	Calcio de óxido	Calcio de óxido y silicato	Calcio de carbonato
<u>CALES AEREAS</u>			
1	61,5	61,7	11,2
2	70,0	70,1	1,2
3	50,2	50,2	20,2
4	66,3	66,3	7,2
Desvío medio %	0,3	0,2	2,2
<u>CALES HIDRAULICAS</u>			
5	26,7	42,7	20,0
6	41,7	53,2	11,7
7	32,1	57,5	15,9
8	40,3	57,1	2,3
Desvío medio %	0,3	0,3	1,0
<u>CALES DOLOMITICAS</u>			
9	28,4	35,7	5,7
10	59,7	61,3	10,6
11	32,4	52,8	1,2
12	41,3	41,5	3,2
Desvío medio %	0,3	0,3	2,4

TABLA VI

Muestra N°	Valores calculados (tabla IV)			Valores obtenidos por el método propuesto (tabla V)		
	Calcio de óxido e hidróxido	Calcio de óxi- do, hidróxido y silicatos	Calcio de carbonatos	Calcio de óxido e hidróxido	Calcio de óxi- do, hidróxido y silicatos	Calcio de carbonatos
1	61,7	61,8	11,0	61,5	61,7	11,2
2	70,0	70,1	1,2	70,0	70,1	1,2
3	50,0	50,1	20,2	50,2	50,2	20,2
4	66,3	66,3	7,2	66,3	66,3	7,2
5	26,7	42,7	20,1	26,7	42,7	20,0
6	41,6	53,1	11,6	41,7	53,2	11,7
7	32,4	57,5	15,7	32,1	57,5	15,9
8	40,1	56,8	2,3	40,3	57,1	2,5
9	28,2	35,9	5,7	28,4	35,7	5,7
10	61,1	61,2	10,5	59,7	61,3	10,6
11	32,1	53,0	1,2	32,4	52,8	1,2
12	41,3	41,1	3,4	41,3	41,5	3,2
Desvío medio %	0,3	0,3	2,0	0,3	0,3	1,9

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Para mejor interpretación de los resultados, es conveniente cotejar las tablas IV y V (promedios). Ello se presenta en la tabla VI.

Del análisis de la misma se desprende que los valores calculados y los determinados por el método propuesto concuerdan perfectamente y además la precisión en ambos casos es muy semejante.

CONCLUSIONES

1. Sustituyendo el método de cal útil por el de determinación de calcio de óxido e hidróxido, se simplifica y acelera el análisis (tiempo insumido, alrededor de 25 minutos), sin sacrificar precisión.

2. El método de determinación de calcio de óxidos y silicatos es una técnica sencilla, directa, rápida y precisa para determinar el calcio que está bajo estas formas (duración del análisis, aproximadamente 20 minutos).

3. También la determinación de calcio de carbonato es un método directo para valorar el calcio unido a este anión y también una forma sencilla de determinar con precisión incluso pequeños porcentajes de dióxido de carbono.

BIBLIOGRAFIA

1. A.S.T.M.- Parte III, 1952.
2. Norma IRAM 1508.- Cal hidráulica de origen natural, cálcica, hidratada en polvo, para construcción. 1963.
3. Welcher, F. J.- The analytical uses of ethylenediaminetetraacetic acid. Van Nostrand Cp., 1961.
4. Berl, E., D'Ans, J.- Métodos de análisis químico industrial. Tomo II, 1946.

DETERMINACION DIRECTA DE CALCIO Y MAGNESIO
EN CEMENTO PORTLAND POR TITULACION
COMPLEJOMETRICA CON EDTA

Dr. Vicente Vetere*

SERIE II, N°. 238

* Jefe de la Sección Corrosión del LÉMIT.

INTRODUCCION

A pesar de existir en bibliografía métodos exactos para la determinación de calcio y magnesio en cementos, tal como el de las normas A.S.T.M. (1) se hace necesaria la búsqueda de nuevas técnicas de análisis, desde que la complejidad y el largo tiempo que insume la realización de tales métodos los hace poco prácticos. Por ejemplo para evaluar calcio y magnesio según A.S.T.M. es necesaria una marcha separativa previa, lo que hace que el análisis de tales sustancias distraiga dos o tres jornadas de labor del operador. En cambio las técnicas complejométricas usuales, son bastante rápidas, aunque en general no tan seguras. Para corroborar esto último es suficiente una somera descripción del método complejométrico más común (2): Se ataca la muestra con ácido clorhídrico, se separa la suma de óxidos con amoníaco y el filtrado se lleva a volumen. Sobre una alícuota se determina la suma de calcio y magnesio, en medio amoniacal, con EDTA y eriocromo como indicador. Sobre otra se valora el calcio en medio hidróxido de sodio con EDTA y murexida como indicador. El dato de magnesio se obtiene por diferencia entre las dos titulaciones. Esta forma de dosar magnesio, es analíticamente incorrecta dado que siendo el valor promedio de calcio (expresado CaO) del orden del 63% y el de magnesio (expresado en MgO) en general no mayor del 2% se está dando por diferencia una fracción muy pequeña de la suma. Dicho de otra forma, un error absoluto poco significativo en la determinación del calcio (o de la suma) puede alterar grandemente el dato de magnesio. En cambio la técnica que se propone en el siguiente trabajo, si bien aprovecha propiedades conocidas de complejantes comunes, tiene la particularidad de utilizar tales propiedades para determinar directa y separadamente tanto el calcio como el magnesio. Por otra parte el tiempo total que insume la valoración de los citados elementos oscila entre 20 y 30 minutos, lo cual lo hace sumamente práctico debido a su celeridad.

Los fundamentos teóricos sobre los que se basa el trabajo son:

1. Los complejos que forma la tri-etanol-amina con el hierro y el aluminio son mucho más estable que los que forma

el EDTA.

2. El calcio forma complejos estables con el EDTA en medio hidróxido de sodio y el magnesio no forma complejo en este medio.

De lo cual se supuso que tratando un cemento portland con EDTA, hidróxido de sodio y tri-etanol-amina, se obtendría una disolución total de la muestra; por otra parte, dado que el hierro, aluminio y magnesio, de acuerdo a lo dicho no interferirían, se podría determinar el calcio valorando el exceso de EDTA. Además, el magnesio, que en esta etapa quedaría como hidróxido de magnesio insoluble se puede separar por filtración y luego valorarlo con EDTA.

ENSAYOS PRELIMINARES

En esta fase del trabajo se trató de determinar el grado de interferencia de cada uno de los cationes presentes en un cemento, como también el grado de precisión y exactitud de los análisis de calcio y magnesio.

La composición de las muestras sintéticas ensayadas y los resultados obtenidos se detallan en la Tabla I.

DETERMINACION CUANTITATIVA DE CALCIO Y MAGNESIO EN CEMENTO PORTLAND

Se analizaron por el método A.S.T.M. y por la técnica propuesta en el presente trabajo, una serie de muestras de cemento pórtland. Comparándose luego los resultados obtenidos en cada caso.

1. Parte Experimental

Reactivos empleados

1. Solución de EDTA 0,1000 M. (Sal disódica del ácido etilén-diamino-tetraacético).
2. Solución de EDTA 0,0100 M.
3. Solución de cloruro de calcio 0,1000 M.

4. Solución de cloruro de magnesio 0,0100 M.
5. Solución acuosa de tri-etanol-amina al 50% (1+1).
6. Solución de hidróxido de sodio 2 M.
7. Solución de ácido clorhídrico 50% en agua (1+1).
8. Solución de amoníaco 50% en agua (1+1).
9. Dispersión sólida de murexida al 0,2% en cloruro de potasio.
10. Dispersión sólida de eriocromo al 2% en cloruro de potasio.

2. Técnicas

a) Determinación de calcio

Colocar 0,300 g de muestra en un vaso de 250 ml., agregar 3,0 ml. (a) de ácido clorhídrico 50% y atacar, luego agregar 6,0 ml. de tri-etanol-amina al 50%, 20 ml. de HONa 2N, 50,0 ml. de EDTA 0,1000 M; calentar a ebullición 2 minutos, enfriar, agregar una pizca de murexida y retornar con cloruro de calcio 0,1000 M (b).

Cálculo:

$$\text{CaO } \% = (V_E M_E - V_{Ca} M_{Ca}) \cdot 0,056 \cdot \frac{100}{P}$$

donde:

V_E y M_E son el volumen y la molaridad del EDTA, respectivamente.

V_{Ca} y M_{Ca} son el volumen y la molaridad del cloruro de calcio.

P es la pesada de muestra.

b) Determinación de magnesio

Luego de titular el calcio, agregar un poco de pulpa de papel (neutralizada con HONa), calentar a ebullición 2 minutos, enfriar aproximadamente 70-80 C, filtrar por papel de filtro medio, lavar unas cinco veces con hidróxido de sodio 0,2N. Disolver al residuo, en el filtro, con una solución caliente formada por 1 ml. de HCl, (1+1) y 25 ml. de agua, luego lavar con otros 25 ml. de agua destilada. Calentar al filtrado a ebullición, agregar 2,0 ml. de amoníaco (1+1), una pizca de eriocromo y EDTA 0,0100 M hasta viraje y 5 ml. en exceso, calentar nuevamente a ebullición, agregar 0,5 ml.

TABLA I
 ENSAYOS REALIZADOS SOBRE MUESTRAS SINTETICAS
 APLICANDO LAS TECNICAS PROPUESTAS EN EL PRESENTE TRABAJO

Muestra n°	Composición de la muestra	OCa agregado (mg)	OCa hallado (mg)	Observaciones sobre calcio	OMg agregado (mg)	OMg hallado (mg)	Observaciones sobre magnesio
1	CaO % = 100,0	300,0	300,2		0,00	0,00	
		300,0	299,3	$\bar{x} = 299,88$	0,00	0,00	$\bar{x} = -$
		300,0	299,7	d % = 0,04	0,00	0,00	d % = -
		300,0	300,3	E % = 0,04	0,00	0,00	E % = -
2	MgO % = 100,0	0,0	0,0		300,0	300,3	
		0,0	0,0	$\bar{x} = -$	300,0	300,1	$\bar{x} = 299,98$
		0,0	0,0	d % = -	300,0	299,7	d % = 0,08
		0,0	0,0	E % = -	300,0	299,8	E % = 0,01
3	CaO % = 25,0	75,0	74,8		75,0	75,1	
	MgO % = 25,0	75,0	75,1	$\bar{x} = 74,95$	75,0	75,2	$\bar{x} = 75,05$
	Fe ₂ O ₃ % = 25,0	75,0	75,0	d % = 0,13	75,0	74,9	d % = 0,13
	Al ₂ O ₃ % = 25,0	75,0	74,9	E % = 0,07	75,0	75,0	E % = 0,07
4	CaO % = 65,0	195,0	194,6		45,0	45,1	
	MgO % = 15,0	195,0	194,8	$\bar{x} = 194,93$	45,0	45,1	$\bar{x} = 45,03$
	Fe ₂ O ₃ % = 10,0	195,0	195,2	d % = 0,12	45,0	44,9	d % = 0,17
	Al ₂ O ₃ % = 10,0	195,0	195,1	E % = 0,04	45,0	45,0	E % = 0,02
5	CaO % = 60,0	180,0	180,2		0,30	0,31	
	MgO % = 0,10	180,0	180,4	$\bar{x} = 180,05$	0,30	0,29	$\bar{x} = 0,298$
	Fe ₂ O ₃ % = 20,0	180,0	180,0	d % = 0,14	0,30	0,29	d % = 2,5
	Al ₂ O ₃ % = 20,0	180,0	179,6	E % = 0,05	0,30	0,30	E % = 0,67

Aclaración:

$$\bar{x} \text{ es el valor promedio}$$
$$d\% \text{ es el desvío medio por ciento} = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^{i=n} \frac{(\bar{x} - x_i)}{\bar{x}} =$$
$$= \text{precisión por ciento}$$

$$E\% = \frac{\text{Valor real} - \text{Valor medio}}{\text{Valor medio}} \cdot 100 = \text{Exactitud por ciento}$$

$$\text{Precisión media } \% = 0,45$$

$$\text{Exactitud media } \% = 0,13$$

De estos resultados se infiere que la precisión y exactitud son buenas.

de NH_3 , (1+1) (c) y retornar con cloruro de magnesio 0,0100 M (d).

$$\text{MgO } \% = (V_E M_E - V_{\text{Mg}} M_{\text{Mg}}) 0,040 \cdot \frac{100}{P}$$

donde:

V_E y M_E son respectivamente el volumen y la molaridad del EDTA.

V_{Mg} y M_{Mg} son el volumen y la molaridad del magnesio.
P es la pesada.

Corresponde hacer notar:

a) La muestra se ataca perfectamente con HONa, tri-etanol-amina y EDTA a ebullición, al cabo de 15 minutos. Pero se hace el ataque con ácido clorhídrico para acelerar la disolución (en este caso el tiempo insumido es de 2 a 3 minutos).

b) Para valorar el cloruro de calcio, se agregan en vaso de precipitado de 250 ml. todos los reactivos para la determinación de calcio en la muestra de cemento pórtland (en el agregado por supuesto de la muestra) y se siguen los pasos de la citada técnica.

c) Es necesario un nuevo calentamiento, si la solución se ha enfriado, durante el agregado de EDTA, el nuevo agregado de amoníaco es para reponer el que se hubiera perdido al calentar.

d) El magnesio se valora con EDTA a pH - 10, utilizando ericromo.

3. Resultados Obtenidos

Los resultados obtenidos se detallan en la Tabla II.

Método A.S.T.M.

Precisión media para calcio = 0,08%

Precisión media para magnesio = 1,75%

Método Propuesto

Precisión media para calcio = 0,06%

Precisión media para magnesio = 3,04%

TABLA II

Muestra nº	METODO A.S.T.M.			METODO PROPUESTO		
	Calcio en CaO %	Magnesio en MgO %	Observaciones	Calcio en CaO %	Magnesio en MgO %	Observaciones
1			<u>CaO:</u>			<u>CaO:</u>
	64,28	0,10	$\bar{x} = 64,39$	64,32	0,09	$\bar{x} = 64,34$
	64,35	0,09	d % = 0,18	64,30	0,09	d % = 0,05
			<u>MgO:</u>			<u>MgO:</u>
	64,62	0,09	$\bar{x} = 0,095$	64,40	0,09	$\bar{x} = 0,095$
	64,30	0,10	d % = 5,00	64,35	0,11	d % = 7,90
2			<u>CaO:</u>			<u>CaO:</u>
	63,50	0,43	$\bar{x} = 63,43$	63,42	0,40	$\bar{x} = 63,42$
	63,40	0,40	d % = 0,06	63,45	0,41	d % = 0,02
			<u>MgO:</u>			<u>MgO:</u>
	63,42	0,40	$\bar{x} = 0,40$	63,42	0,42	$\bar{x} = 0,41$
	63,38	0,39	d % = 3,13	63,40	0,41	d % = 1,25
3			<u>CaO:</u>			<u>CaO:</u>
	65,00	1,12	$\bar{x} = 64,95$	64,94	1,10	$\bar{x} = 64,94$
	64,95	1,08	d % = 0,05	64,94	1,10	d % = 0,03
			<u>MgO:</u>			<u>MgO:</u>
	64,90	1,09	$\bar{x} = 1,10$	64,90	1,09	$\bar{x} = 1,09$
	64,93	1,10	d % = 0,30	64,98	1,07	d % = 0,92
4			<u>CaO:</u>			<u>CaO:</u>
	62,75	4,30	$\bar{x} = 62,71$	62,60	4,22	$\bar{x} = 62,68$
	62,68	4,25	d % = 0,04	62,70	4,25	d % = 0,06
			<u>MgO:</u>			<u>MgO:</u>
	62,69	4,28	$\bar{x} = 4,27$	62,72	4,27	$\bar{x} = 4,25$
	62,70	4,25	d % = 0,47	62,70	4,25	d % = 0,30
5			<u>CaO:</u>			<u>CaO:</u>
	National Bureau of Standards, con: CaO % = 64,26 MgO % = 1,39		-	64,20	1,42	$\bar{x} = 64,23$
				64,18	1,45	d % = 0,06
				64,30	1,40	$\bar{x} = 1,41$
			64,25	1,37	d % = 1,78	
			Método A.S.T.M.			Método propuesto
			Precisión media para calcio, %:	0,08		0,06
			Precisión media para magnesio, %:	1,75		3,04

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

De la Tabla II se desprende que los valores obtenidos por el método propuesto concuerdan muy bien. Por otra parte la precisión es semejante.

CONCLUSIONES

Adoptando la técnica propuesta se obtienen resultados semejantes a los del método A.S.T.M. con la ventaja de que, sin desmedro de la exactitud, se acelera enormemente el análisis. El tiempo insumido en las técnicas es como se ha dicho unas 20 horas para el método A.S.T.M. y entre 20 y 30 minutos para el propuesto.

BIBLIOGRAFIA

1. A.S.T.M. parte 3 - año 1952.
2. Norma I.R.A.M. número 1504.
3. The analytical uses of ethylenediamine tetraacetic acid, por F. Welcher. Editor Labor - año 1961.
4. Métodos de análisis Químico Industrial - por Berl-Luge D'Ans - Tomo III - Editor Labor - año 1946.
5. Organic Analytical Reagents - por F. Welcher - Tomo I, II, III y IV - Editor Van Nostrand - año 1948.
6. Utilization de la complexométrie dans l'analyse del Cement - por L. Burglen at P. Lenguet - Publication technique número 172 - 604 - 605 - 606 - enero a marzo de 1966.

INCIDENCIA DEL ENVEJECIMIENTO DEL ASFALTO
Y DEL GRADO DE FILLERIZACION EN EL FISURAMIENTO
DE UNA CARPETA ASFALTICA *

Dr. Jorge O. Agnusdei

Ing. Duilio D. Massaccesi

Lic. Pascual O. Frezzini

* Trabajo presentado al VII Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito, Mendoza, 3-9 de diciembre de 1972. Publicado con anterioridad en CARRETERAS, 27 (64), 24-29, 1972.

INTRODUCCION

En la decimoséptima Reunión Anual del Asfalto, se presentó un trabajo de los autores titulado "Análisis de los componentes estructurales de un pavimento urbano luego de 27 años de servicio".

En este estudio se trató de poner en evidencia que las fallas aparecidas en el pavimento analizado, cuya vida útil llegaba a su fin, obedecían al envejecimiento sufrido por el asfalto. Esto se dedujo dado el correcto comportamiento comprobado de las estructuras inferiores, y el tipo y extensión de las fisuras aparecidas, que solamente atravesaban la carpeta sin afectar la base.

Las fallas a que nos referimos consisten en agrietamientos que se presentan sobre una superficie plana, (ya que no ha habido alteración del perfil) y que son características de mezclas con alto contenido de asfalto el cual ha sufrido un proceso de endurecimiento. Al producirse estas fisuras de contracción se originan una sucesión de pequeños bloques o polígonos como consecuencia del cambio volumétrico del asfalto (ver figuras 1 a y 1 b).

Sin embargo no solamente la alteración de las propiedades del betún podrían haber influido en la fragilidad de la capa de rodamiento, sino también el filler formado por degradación de los agregados durante los 27 años en que la carpeta estuvo en servicio.

En el trabajo realizado anteriormente pudo verificarse que la estabilidad Hubbard Field de las probetas directamente remoldeadas con los testigos extraídos del pavimento duplicaba el valor que poseía la mezcla al construirse el pavimento. Ante esta evidencia, si bien en su oportunidad se expresó que el aumento de filler podría incrementar el valor de su estabilidad, la mayor incidencia fue atribuída al envejecimiento del asfalto con el correr del tiempo.

De la discusión del trabajo citado en (1) en la XVII Reunión Anual del Asfalto, surgió la necesidad de estudiar en mayor detalle la incidencia de cada uno de estos factores, es decir: el aumento en el contenido de filler y el envejecimien-

to del asfalto, en la variación de las características de la carpeta.

A continuación se resumen nuevamente las características de la mezcla asfáltica estudiada en cuanto a su constitución en el momento de su ejecución.

La carpeta estaba constituida por una mezcla tipo "sheet asphalt" de 3 cm de espesor cuya dosificación era la siguiente:

Arena de trituración (cuarcítica)....	63%
Arena del Río Paraná	16%
Filler calcáreo	12%
Asfalto	9%

Determinaciones efectuadas en el momento de la construcción, indicaron que la granulometría de los áridos estuvo encuadrada dentro de la siguiente zona:

Pasa tamiz N°...	10	20	30	50	100	200
%	90-99	70-81	64-73	45-55	7-25	5-10

PARTE EXPERIMENTAL

En una primera etapa se procedió a verificar lo realizado anteriormente (1) sobre los testigos extraídos del pavimento. En la tabla I se muestran los valores promedio de las características de la carpeta inmediatamente luego de su ejecución (año 1942-1943) y los que se obtuvieron al extraer los testigos en la actualidad.

De la observación de la Tabla I, se deduce que la mezcla asfáltica, durante su servicio de más de 30 años, se ha ido densificando hasta alcanzar un valor de 2,29 g/cm³, y han ido disminuyendo paralelamente los vacíos residuales. Pero lo que es dable destacar es el enorme aumento de la estabilidad Hubbard Field en el período citado, ya que prácticamente ha incrementado más del doble.

Asimismo se observa que la fracción de agregados que pasa el tamiz N° 200 se elevó aproximadamente en un 60% en el

transcurso del tiempo

TABLA I

CARACTERISTICAS PROMEDIO DE LA CARPETA ASFALTICA EN 1942-1943
Y LAS ACTUALES, 1972.

	1942-1943	1972
Peso específico aparente (g/cm ³)	2,26	2,29
Vacíos residuales (%)	4,0	1,3
Estabilidad Hubbard Field (1 h sumergido a 60°C), (Lb)	1430	3250
Betún recuperado (%)	9,0	8,6
Agregado recuperado que pasa el tamiz Nº 200	8	13

Para completar los resultados obtenidos se practicaron ensayos fisicomecánicos sobre la mezcla asfáltica bajo diferentes condiciones:

a) Ensayo de la mezcla moldeada con los áridos recuperados y el betún original inalterado reproduciendo la granulometría y dosaje originales.

b) Ensayo de la mezcla moldeada con la totalidad de los áridos recuperados del pavimento actual, incorporando el asfalto original (conservado inalterado) en el mismo porcentaje (9%) que integró la mezcla en la época de su ejecución.

c) Ensayo de la mezcla moldeada con los áridos y el betún recuperado reproduciendo la granulometría y dosaje originales.

d) Ensayo de la mezcla moldeada tal cual fue extraída del pavimento actual.

Los resultados obtenidos son los que se informan en la Tabla II.

Del estudio de esta Tabla es posible deducir en primer término que los valores obtenidos con la mezcla moldeada en las condiciones indicadas en a) concuerdan con los obtenidos en el transcurso de la obra, según los antecedentes que se

TABLA II
ENSAYOS FISICOMECAÑICOS DE LA MEZCLA ASFALTICA

Probetas Moldeadas con:	Peso Específico (Promedio) g/cm ³	Estabilidad Hubbard Field (Promedio) Lb
Agregados recuperados + 9% de asfalto original y 8% de filler (contenido promedio al ejecutarse el pavimento)....	2,26	1450
Agregados recuperados + 9% de asfalto original y 13% de filler (contenido promedio).	2,26	1750
Agregados recuperados + 9% de asfalto recuperado y 8% de filler	2,24	3000
Mezcla proveniente de los testigos del pavimento (9% de asfalto y 13% de filler)....	2,26	3250

NOTA: Se consideró como filler el material que pasó el tamiz N° 200.

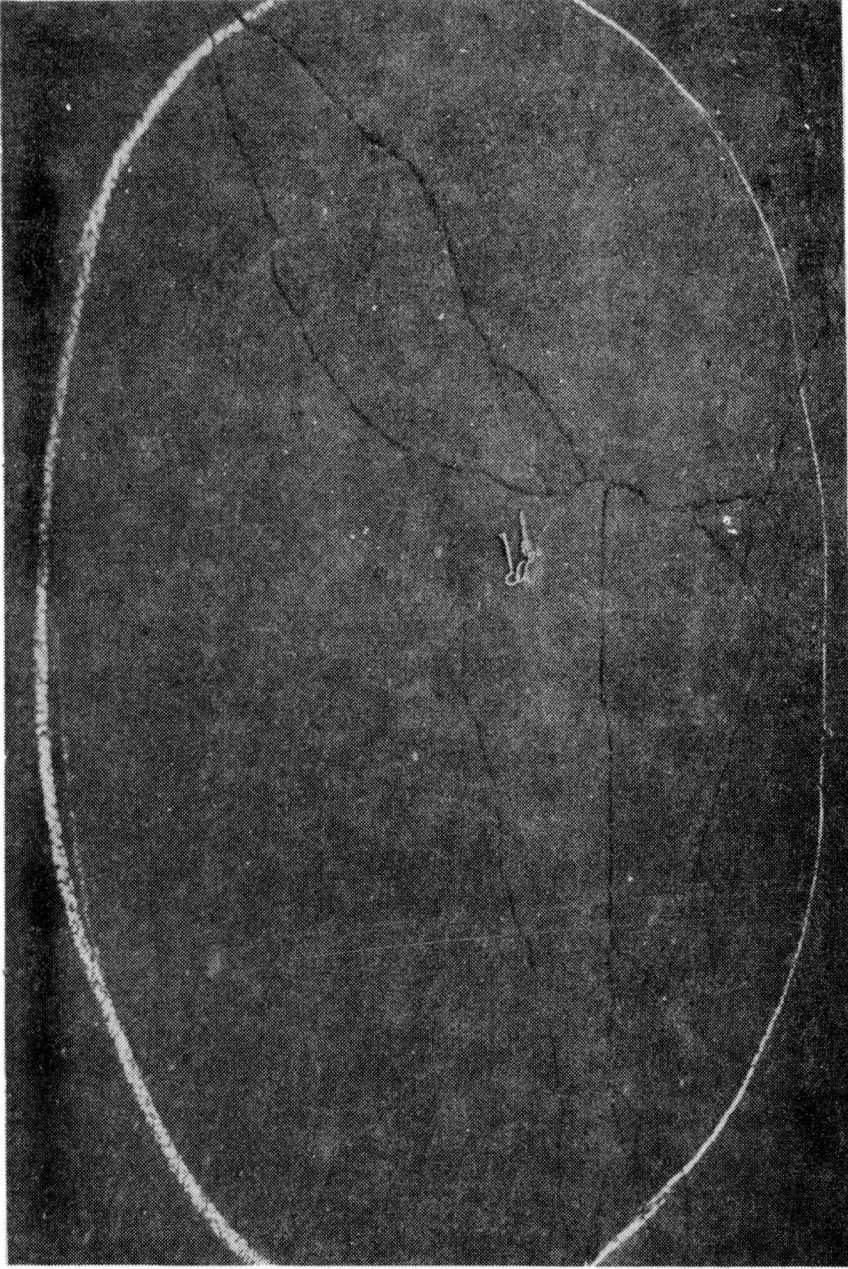


Fig. 1a.- Fisuras debidas a la contracción de la carpeta



Fig. 1b.-- Fisuras debidas a la contracción de la carpeta

disponen (2).

En segundo lugar puede comprobarse, comparando las mezclas moldeadas en las condiciones a) y b) que el aumento del filler, del 8% al 13%, ha provocado un incremento de la estabilidad Hubbard-Field del orden del 20%.

Si se observa por otra parte que las probetas remoldeadas con la mezcla proveniente de los testigos del pavimento (d), han arrojado un valor promedio de estabilidad, superior al 100% del obtenido en a), se verifica, como se menciona en la Introducción, que es más notable la influencia ejercida por la alteración de las características del asfalto, que el aporte debido al aumento del filler.

Esto último se ve corroborado al efectuar la comparación de la mezcla (d) con la (c), donde la única diferencia reside en el menor contenido de filler de esta última, ya que el asfalto es el mismo, o sea, es el que se recuperó del pavimento actual (enviejado). Se ve también que el aporte del aumento de filler a la estabilidad de la mezcla es de escasa consideración. (Ver Fig. 2).

Queriendo circunscribir más el estudio, se programaron nuevas series de ensayos prescindiendo de la fracción arena y limitando el análisis al sistema filler-betún.

Para que la dispersión filler-betún brinde al mortero una adecuada flexibilidad sin que se produzca fisuramiento de la carpeta, es necesario que las condiciones de flujo de la dispersión, no cambien respecto a las que posee el betún solo.

La consistencia de la citada dispersión está íntimamente ligada con la flexibilidad, estando relacionada con la viscosidad del asfalto y la concentración en volumen del filler.

Como es sabido esta concentración en volumen de filler (C_v) no debe sobrepasar al valor de la concentración crítica (C_s) a los efectos de conservar la capacidad de deformación viscosa del sistema filler-betún (3).

Para verificar el cumplimiento de esto último, se ha procedido a determinar la relación C_v/C_s .

La concentración crítica del filler empleado es: $C_s =$

0,49 y cuando se lo incorpora en un 8 %, la concentración en la unidad del volúmen del sistema filler-betún es $C_v = 0,25$, de manera que se está trabajando por debajo de C_s .

Asimismo, cuando el porcentaje incorporado es 12%, el valor de C_v es 0,34 de manera que tampoco se supera la concentración crítica.

Quiere decir entónces, que en ninguno de los casos señalados el filler alcanza a formar estructura, estimándose por consiguiente en un primer análisis, que el incremento de este material durante el período de servicio, no es el principal causante de la disminución de la flexibilidad de la carpeta, y que si bien produce algún incremento de la viscosidad original del asfalto, este aumento sería mucho menor que el debido al envejecimiento natural del betún a través del tiempo.

a) Estudio del asfalto recuperado del pavimento

En la Tabla III es posible apreciar las características promedio de los asfaltos empleados para la construcción de la carpeta y los recuperados del pavimento actual, después de casi 30 años de construido. La recuperación del asfalto se efectuó mediante el método de Abson (ASTM D-1856). Es conveniente recordar, que los asfaltos originales fueron conservados en el LEMIT desde el momento de la construcción a la fecha, en que fueron ensayados nuevamente mediante nuevas técnicas de ensayo y comparadas sus propiedades con las del asfalto envejecido, recuperado del pavimento.

Tal cual se informó en (1) los asfaltos conservados en el laboratorio, luego de ser refundidos y ensayados, no mostraron cambios en sus características respecto a las que poseían hace 30 años.

Del estudio de la Tabla III se deduce que los asfaltos empleados en la construcción de la carpeta no cumplen con la norma IRAM 6604 por los valores bajos de peso específico y ductilidad, así también como su elevado índice de penetración de Pfeiffer. Las características de estos asfaltos coinciden con las que poseen algunos asfaltos de la zona de Comodoro Rivadavia (4) (5). Un hecho importante en estos asfaltos, es la elevada viscosidad que presentan a 25 y 60°C, comparados con los asfaltos normalmente empleados en

TABLA III

CARACTERISTICAS DE LOS ASFALTOS

Ensayo	Asfalto original	Asfalto recuperado del pavimento
Peso específico a 25/25°C.....	0,985	1,010
Penetración a 25°C (100 g - 5 seg).....	71	29
Ductilidad a 25°C, cm.....	40	7
Punto de ablandamiento (A y E), °C.....	55,0	86,0
Indice de penetración (Pfeiffer).....	+ 1,0	--
Ensayo de Oliensis.....	Negativo	Negativo
Contenido de asfaltenos, %.....	26,5	36,3
Viscosidad a 60°C y vacío equivalente a 30 cm de Hg, (Poises).....	11 400	--
Viscosidad a 60°C y vacío equivalente a 30 cm de Hg, del residuo del ensayo de calentamiento en película fina rotativa (R T F T), Poises.....	40 100	--
Viscosidad a 25°C a 5 x 10 ⁻² seg ⁻¹ , megapoises	5,50	42
Viscosidad a 25°C a 5 x 10 ⁻² seg ⁻¹ del residuo del ensayo de calentamiento en película fina rotativa (R T F T), Megapoises	8,40	--
Punto de fractura Fraass, °C.....	- 12	- 3
Punto de fractura Fraass del residuo del ensayo de calentamiento en película fina rotativa (R T F T), °C	- 9	--

pavimentación, para el mismo rango de penetración.

Un ensayo que se ha incluido, el cual no es muy común de ser encontrado en las especificaciones, es el punto de fractura Fraass (6) (7). En este ensayo se mide la temperatura a la cual el asfalto se torna quebradizo cuando una película de betún es flexionada en condiciones normalizadas. Las fallas que ocurren en las estructuras bituminosas, tales como desintegración y fisuras, generalmente se producen a baja temperatura y a cortos tiempos de aplicación de las cargas producidas por los vehículos en movimiento.

El "punto de fractura" se hace menos negativo con el aumento del grado de envejecimiento del asfalto, la temperatura de fractura aumenta, es decir que el valor promedio obtenido en los asfaltos recuperados (-3°C) nos indica que el envejecimiento alcanzado es muy grande, presentando una marcada tendencia a la fragilidad. Hay que tener presente que el "punto de fractura" de los asfaltos comunes, presenta temperaturas más bajas que -15°C .

Tal como se dijo en (1), de acuerdo con la opinión de algunos investigadores (8), por las características de los asfaltos recuperados, la carpeta asfáltica estaría al límite de servicio, ya que el asfalto muestra valores muy elevados del punto de ablandamiento, de la viscosidad a 25°C (la viscosidad a 60°C no pudo efectuarse por estar fuera del rango de medida) y del punto de fractura Fraass unido a bajos valores de penetración y de ductilidad. Estos valores superan en exceso a los que se han tomado como críticos de acuerdo a la experiencia. Esto es coincidente con lo comprobado visualmente en el pavimento.

b) Estudio reológico del sistema filler-betún

Con el fin de evaluar desde otro punto de vista la participación del filler y del asfalto en el envejecimiento de la carpeta, se procedió a estudiar las condiciones de flujo del asfalto original, envejecido durante 75 minutos a 163°C en película fina rotativa, y el recuperado del pavimento. Además, se prepararon mezclas del betún original y filler recuperado de la carpeta asfáltica, en dos concentraciones: 8 y 13% (en peso). El objetivo que se persigue es poner en evidencia cuál es el aporte que produce el filler en el incremento de viscosidad y comparar estos resul-

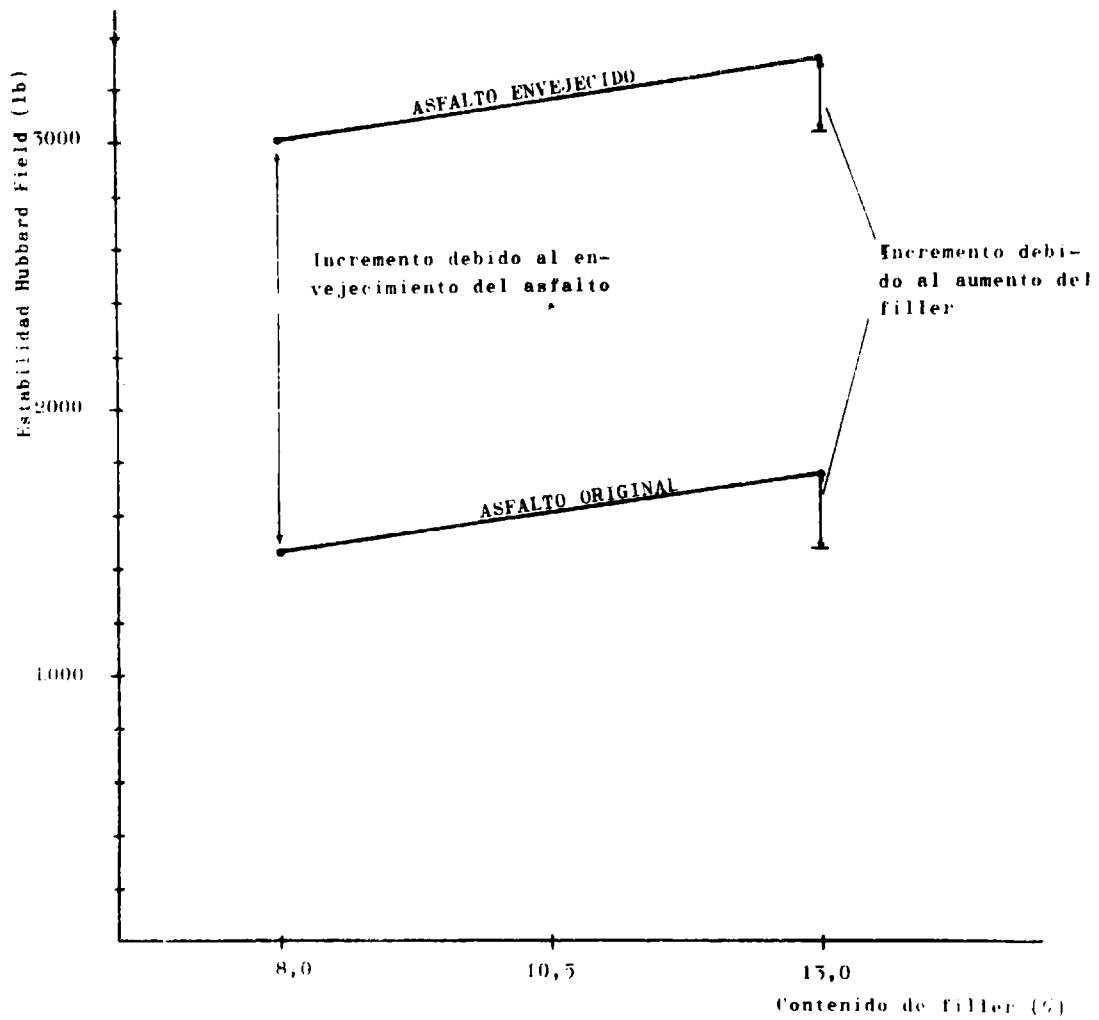


Fig. 2

Efecto del incremento de filler y del envejecimiento del asfalto

tados con los obtenidos en los ensayos realizados con el betún recuperado. Para dichos ensayos se utilizó un microviscosímetro de placas paralelas empleando en el caso de las mezclas de asfalto filler, placas de acero inoxidable de acuerdo a lo recomendado por ASTM (9). Los espesores de película utilizados fueron de 500 micrones. En la Tabla IV se presentan los resultados obtenidos.

En la misma se aprecian los valores de viscosidad de los asfaltos y sus mezclas, calculados a una velocidad de fluir de $5 \times 10^{-2} \text{ seg}^{-1}$ junto con el índice de flujo complejo (10) que resulta de graficar el esfuerzo de corte en función de la velocidad de fluir, en coordenadas logarítmicas. Los líquidos viscosos o newtonianos tienen una pendiente de uno, en tanto que la de los no newtonianos es menor de uno. A medida que crece la complejidad del flujo disminuye el valor del índice de flujo complejo. La experiencia ha mostrado que en general, asfaltos con índices de flujo entre 0,85 y 1, se han comportado en forma satisfactoria. Por el contrario, valores bajos del índice nos indican un alto grado de elasticidad, tixotropía, y marcada tendencia al envejecimiento con el correr del tiempo. El envejecimiento al cual nos referimos se traduce por un aumento notorio de la consistencia del material. En el caso que nos ocupa, Tabla IV, apreciamos que los asfaltos empleados son de marcada complejidad, unido a una elevada viscosidad aparente. Esto es indicativo que los mismos serían muy susceptibles a un envejecimiento acelerado. Además, los asfaltos luego de ser envejecidos en laboratorio, mediante la técnica de la película fina rotativa (RTFT) durante 75 minutos a 163°C , presentan un valor aún más bajo del índice de flujo complejo, unido a un considerable aumento de la viscosidad aparente. Como se recordará, el ensayo de envejecimiento de 75 minutos a 163°C , reproduce el envejecimiento o alteración que sufre un asfalto durante la operación de mezclado en usina.

El asfalto recuperado del pavimento, además de su elevada viscosidad aparente, muestra un índice de flujo complejo más bajo que el del asfalto original, lo cual nos indica que las propiedades de fluir han variado aún más respecto a las ya muy complejas que poseía el asfalto al iniciarse la construcción. El efecto del agregado de filler en las concentraciones de 8 y 13% producen, como es lógico esperar, un aumento en la viscosidad aparente, con respecto al asfalto

TABLA IV

MATERIAL	Viscosidad a 25°C (a 5×10^{-2} seg ⁻¹) Megapoises	Indice de flujo complejo
Asfalto original	5,50	0,45
Envejecido 75 mín. a 163°C	8,40	0,35
Asfalto original más 8% de filler.....	13,8	0,45
Asfalto original más 13% de filler.....	17,3	0,44
Asfalto recuperado del pavimento	42	0,27

original solo. Donde no hay una marcada diferencia entre sí es en los asfaltos fillerizados a las dos concentraciones mencionadas. Efectivamente, el incremento de filler de 8 a 13% eleva la viscosidad aparente de 13,8 a 17,3 megapoises, siendo por lo tanto de poca importancia la incidencia de la fillerización, si se tiene en cuenta que los valores medios de consistencia, en los asfaltos recuperados del pavimento superan los 40 megapoises. Los índices de flujo complejo de los asfaltos fillerizados son similares a los del asfalto original, cosa que era de esperar ya que el contenido de filler en los dos casos considerados está por debajo de la concentración crítica Cs.

De lo expuesto anteriormente se concluye que, desde el punto de vista reológico, el aumento en el contenido de filler afecta muy poco la consistencia y condiciones de flujo de los asfaltos originales, si se las compara con las que posee el asfalto solo recuperado del pavimento.

Es de hacer notar que, cuando se recupera el asfalto de un pavimento envejecido por los métodos convencionales (Abson) y se lo ensaya, que es el caso que nos ocupa, solamente se detectan los cambios producidos por la pérdida de volátiles, por la oxidación, por la absorción o adsorción por los agregados además de las reacciones fotoquímicas. Hay un tipo de alteración, la cual no es posible medir (en este caso), que es la debida al aumento de consistencia por cambios estructurales, es decir, por formación de una estructura interna con el transcurso del tiempo, la cual se elimina durante los procedimientos de extracción y recuperación. Este efecto puede ser de considerable importancia, de ahí que la consistencia del asfalto en el pavimento actual pueda ser aún mayor que la medida en los asfaltos recuperados.

En vías de interiorizarnos aún más, en los cambios ocurridos en el asfalto con el tiempo y a los efectos de aportar otro elemento de juicio, hemos estudiado, por medio de espectrofotometría infrarroja, los cambios funcionales que se han producido desde el inicio de su vida útil hasta el momento actual. Es así que mediante la técnica descrita en (11) es posible cuantificar los cambios estructurales que sufren los asfaltos durante el mezclado en usina y en el pavimento en servicio, principalmente aquellos causa-

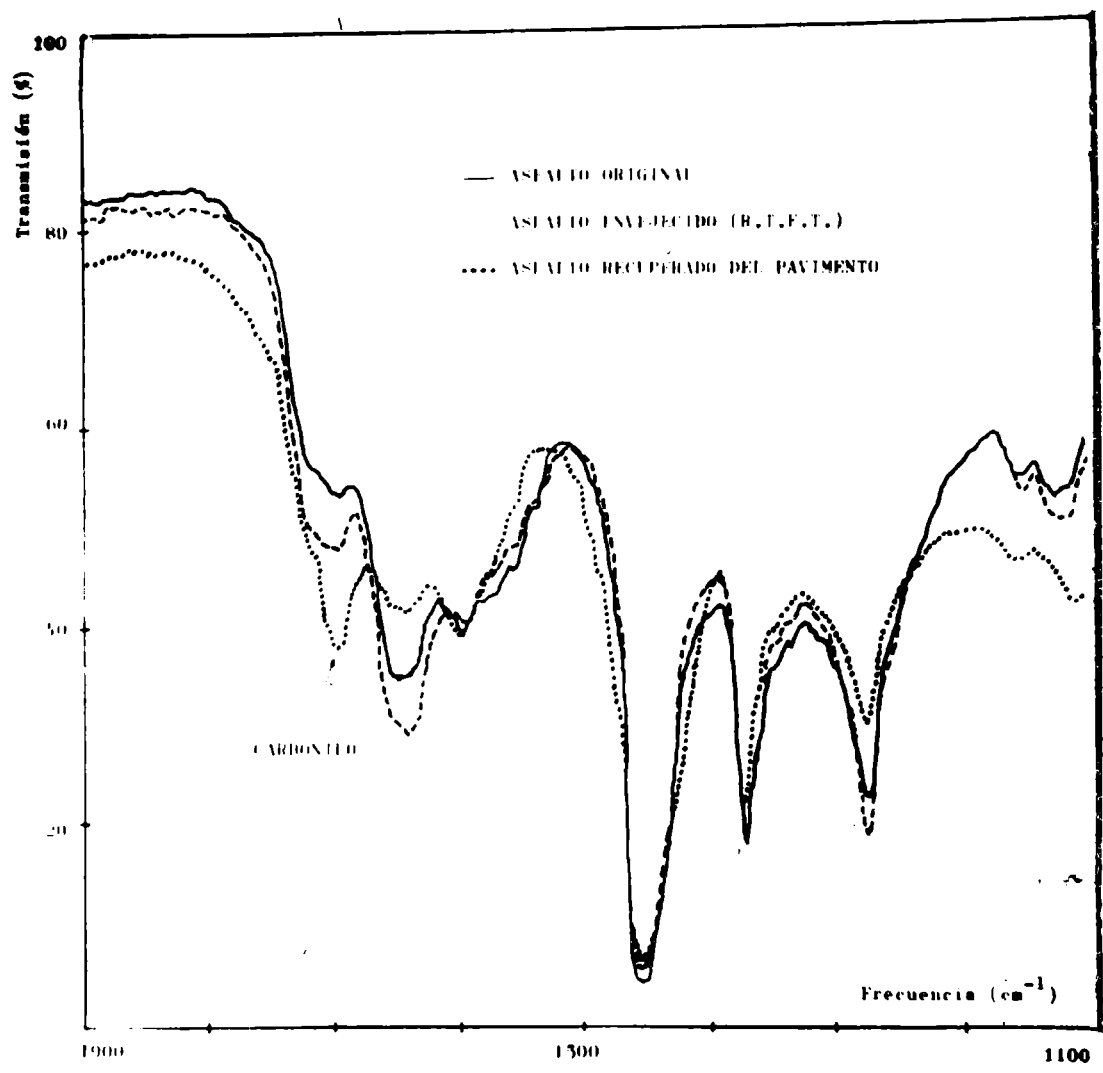


Fig. 3

Espectros de absorción infrarroja de los asfaltos

dos por la oxidación, como consecuencia de la cual se produce un aumento en la consistencia del asfalto.

Esta oxidación, fue establecida midiendo los cambios en la absorción infrarroja, en la banda del grupo carbonilo (1692 cm^{-1}) como una función del tiempo de envejecimiento. En la figura 3 se muestran los espectros obtenidos del asfalto original, el envejecido en laboratorio 75 minutos a 163°C y el recuperado del pavimento, donde se observa el incremento notable del pico correspondiente al grupo carbonilo, respecto al betún envejecido en laboratorio y aún más, respecto al original. De esta forma ponemos una vez más en evidencia, ahora desde el punto de vista químico, la notoria alteración alcanzada por el asfalto en el pavimento como consecuencia de la oxidación.

CONCLUSIONES

El pavimento motivo del presente estudio, se encuentra al límite de servicio, después de haber cumplido en forma satisfactoria su cometido durante 30 años. Las causas que han influido en su deterioro, se pueden resumir en la siguiente forma:

a) El envejecimiento del asfalto, traducido por un marcado aumento en su consistencia, ha sido el principal causante de las fisuras de contracción que presenta la carpeta asfáltica.

b) Lo dicho anteriormente, se apoya en el hecho de que la estructura de base y sub-base se encontraran en buen estado, apareciendo las fisuras, localizadas en la carpeta.

c) Que el envejecimiento del asfalto ha sido el factor de mayor incidencia, se refleja por los ensayos de estabilidad Hubbard Field, que marcaron una notable diferencia entre los valores alcanzados en las probetas remoldeadas con la mezcla proveniente del pavimento actual y los obtenidos con la mezcla al construirse la obra. El aumento de filler, producido como consecuencia de la degradación de los agregados por el tránsito, aportó muy poco a la estabilidad final de la mezcla y esto puede atribuirse, al elevado valor de la concentración crítica de la fracción que pasa el tamiz N^o200

y a la forma redondeada de las mismas. La consecuencia de esto, es la baja capacidad espesante del filler.

d) El estudio reológico del sistema filler-betún, está en total concordancia con lo expuesto en el punto c), ya que el aumento de filler no produce un incremento notorio en la consistencia del sistema filler-betún, sobre todo cuando se la compara con la del asfalto recuperado del pavimento.

e) Los cambios ocurridos en el betún con el transcurso del tiempo (aumento de consistencia), detectados por los ensayos realizados, son debido a pérdidas de compuestos volátiles y oxidación, esto último, revelado por el método de espectrofotometría infrarroja, por el aumento de absorción en la banda del grupo carbonilo.

f) Finalmente, el conjunto de valores de los ensayos de penetración, punto de ablandamiento, ductilidad, viscosidad y punto de fractura Fraass, suministran una herramienta útil para determinar cuándo una capa bituminosa está al límite del servicio.

Debe destacarse que el tipo de mezcla asfáltica estudiada, pese a estar constituida por un asfalto de características anormales, ha funcionado en forma satisfactoria durante muchos años, posiblemente por haber colaborado el hecho de tratarse de una mezcla fina, con elevado V.M.A., lo cual demandó un alto porcentaje de asfalto. Esta mezcla, desde su origen tuvo un reducido porcentaje de vacíos residuales, los cuales se encuentran casi totalmente colmatados en la actualidad por el efecto del tránsito.

Otro factor que ha influido en forma positiva es la bondad con que fue diseñado el pavimento, ya que el perfil adoptado superaba las exigencias de su época.

BIBLIOGRAFIA

1. Agnusdei, J.O. y Massaccesi, D.D.- XVII Reunión Anual del Asfalto, 335-355, 1971.

2. Publicación "día del Camino".- Pág. 395, octubre 1942.
3. Ruiz, C.L.- II Reunión Anual del Asfalto, 25-52, 1947.
4. Pinilla, A., Agnusdei, J.O. y Frezzini, P.O.- XVII Reunión Anual del Asfalto, 160-185, 1971.
5. Castellano, E. y Galli, J.- I Reunión Anual del Asfalto, 175-204, 1946.
6. Standard Methods of Testing Petroleum and its uses. I.P. 80/53.
7. Pinilla, A., Agnusdei, J.O. y Reynaldi, A.- VI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito. Tomo 3, 267-284, 1968.
8. Finn, F.- Highway Research Board, Report 39, 1967.
9. A.S.T.M.- Proposed method for viscosity of high consistency materials with modified sliding plate microviscometer, tomo 11, 885-895, 1969.
10. Traxler, R.- Asphalt its compositions, properties and uses. 70, 1971.
11. Agnusdei, J.O., Frezzini, P.C. y Comai, A.- LEMIT, 4-1970, 105-142.

GEOLOGIA SUPERFICIAL EN LA HOJA

"SIERRAS DE TANDIL", PROV. DE BUENOS AIRES *

Lic. Jorge Rabassa **

SERIE II, N° 240

- * Trabajo presentado al V Congreso Geológico Argentino, Córdoba, 1972.
- ** LEMIT y Cátedras de Geomorfología y Geología del Cuaternario, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP. Dirección actual del autor, Fundación Bariloche, Departamento de Recursos Naturales y Energía; San Carlos de Bariloche, Río Negro.

INTRODUCCION

El presente trabajo es un resumen del realizado para optar al título de Licenciado en Geología, en la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la Universidad de La Plata, y fue dirigido por las Cátedras de Geomorfología y Geología del Cuaternario, a cargo del Prof. Dr. Francisco Fidalgo y como parte de estudios regionales del Cuaternario bonaerense que dichas cátedras llevan a cabo. Los trabajos de laboratorio, sedimentológicos y mineralógicos, se realizaron en la División Geología del L.E.M.I.T., en momento en que el autor prestaba servicios en dicha Institución.

Se agradece al Prof. Dr. Rosendo Pascual, de la División Paleontología Vertebrados de la Fac. Ciencias Naturales y Museo de La Plata la determinación de los restos fósiles recogidos durante los trabajos de campo. Asimismo, se deja constancia del agradecimiento del autor hacia sus compañeros de la División Geología por la ayuda brindada durante la preparación de este trabajo.

El objeto principal fue establecer los lineamientos generales de la estratigrafía de los depósitos cenozoicos en el área pedemontana, de un sector de las Sierras Septentrionales de la provincia de Buenos Aires al sur de la ciudad de Tandil. Mientras el Basamento Cristalino de estas Sierras, como así también las sedimentitas paleozoicas, han sido estudiadas en repetidas oportunidades con distinta intensidad, los depósitos sedimentarios cenozoicos fueron tratados con poco énfasis, hasta el presente. Es una región de escaso relieve, constituyendo éste uno de los motivos por el cual el potencial morfogénico es reducido y los cortes naturales para la observación directa resultan entonces escasos. Para reunir un número aceptable de observaciones se visitaron destapes de las canteras, los cortes y préstamos para obtención de tosca en los caminos principales y los poco frecuentes cortes naturales de los arroyos. Complementariamente y donde fue posible, se hicieron perforaciones con barreno de mano. De esta forma se estudiaron los perfiles más representativos, reconociéndose así las unidades descriptas más adelante y su distribución regional.

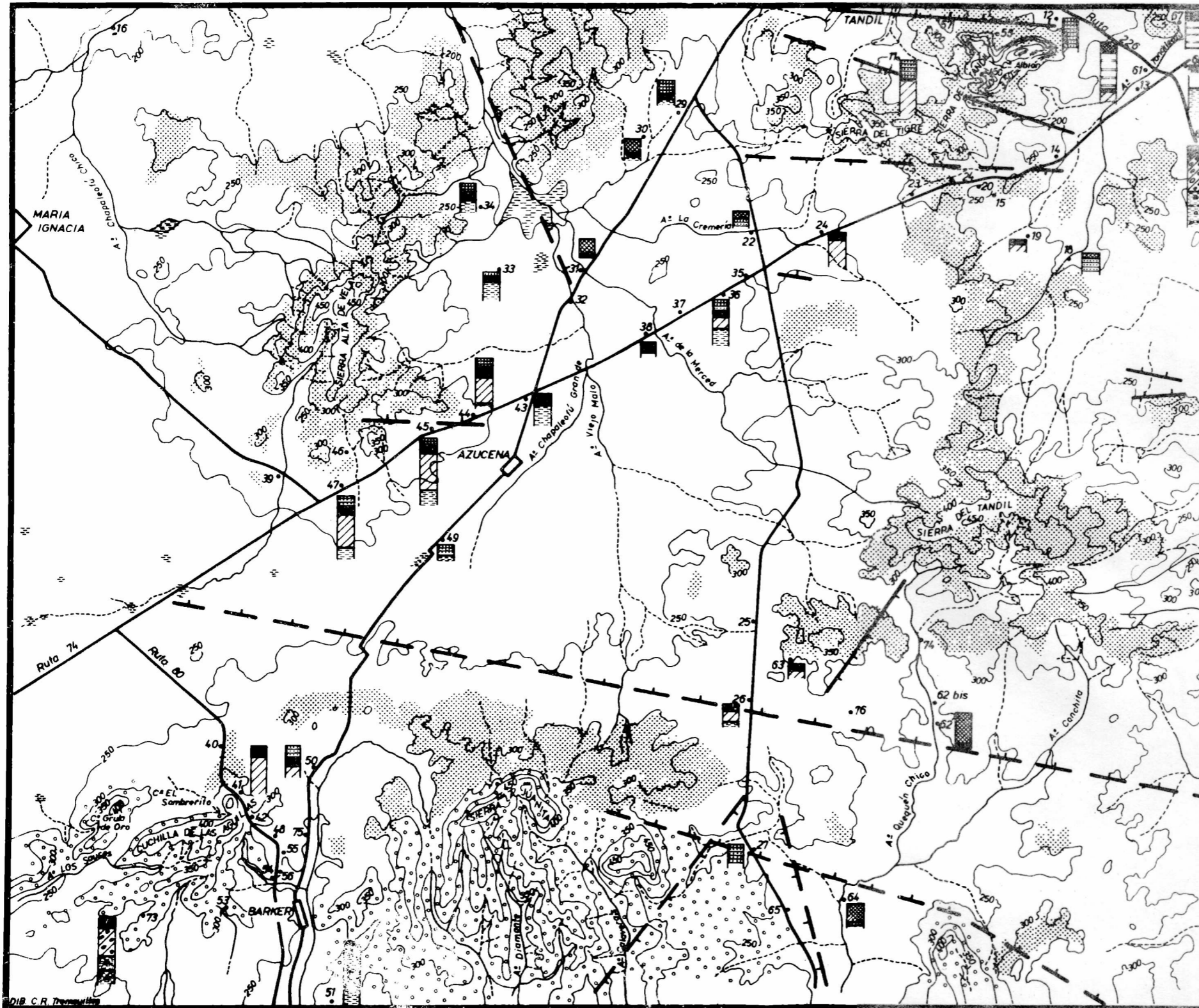
Fue realizado asimismo un muestreo detallado a fin de

establecer comparaciones granulométricas y mineralógicas, para intentar la caracterización de las entidades. Fueron escogidas unas 35 muestras que se analizaron por los métodos convencionales de pipeteo y tamizado. Se trabajó sobre 20 gramos de material, previa eliminación de materia orgánica y carbonato de calcio. Para ello, se utilizó agua oxigenada de 100 volúmenes y ácido clorhídrico en solución 1:10, respectivamente. Fue usado carbonato de litio como dispersante. Las muestras preparadas se dispersaron en un agitador ultrasónico, durante 30 minutos. El pipeteado fue realizado a intervalos de 1 grado phi, manteniendo la suspensión en medio ligeramente básico, con pH próximo a 8. El tamizado fue realizado en húmedo, sobre tamices con intervalos de 1/2 grado phi. Fueron confeccionadas las curvas acumulativas y se obtuvieron los parámetros estadísticos según Folk y Ward (1957) (fig. 3, tabla 3).

Se realizó la determinación mineralógica a grano suelto y se estimaron los porcentajes, mediante un recuento expeditivo, en distintas fracciones. Se prepararon diagramas por difracción de rayos X de los minerales de la fracción arcillosa, menor de 4 micrones, para unas 40 muestras. Los resultados fueron representados en diagramas triangulares, representando las distribuciones porcentuales de montmorillonita-illita-caolinita estimadas cuantitativamente, según Johns, Grimm y Bradley (1954).

UBICACION DEL AREA ESTUDIADA

La investigación se desarrolló sobre un sector de las Sierras Septentrionales, comprendido aproximadamente entre las Sierras de Tandil, Sierra Alta de Vela y Sierra La Juanita-Cuchilla de Las Aguilas, de Barker. El área estudiada está representada casi íntegramente en la carta I.G.M. nº 3760-29, a escala 1:100000, "Sierras de Tandil". Fueron utilizadas en los reconocimientos de campo las planchetas a escala 1:50000 del I.G.M., números 3760-29-1/2/3/4. La superficie comprendida es de unos 1600 km², aproximadamente, y está ubicada entre los paralelos 37°20' y 37°40' de latitud S y los meridianos 59°00' y 59°30' de longitud W de Greenwich (ver mapa).



REFERENCIAS

UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	UNIDADES GEOCRONOLÓGICAS
	ALUVIO (LIMOS Y ARENAS) RECIENTE
	FM. TANDILEOFU (ARENAS Y LIMOS) PLEISTOCENO SUPERIOR Y RECIENTE
	FM. LAS ANIMAS (LIMOS ARENOSOS) PLEISTOCENO SUPERIOR Y RECIENTE
	FM. VELA (LIMOLITAS, ARENAS Y PSEFITAS) PLEISTOCENO MEDIO
	FM. BARKER (LIMOLITAS Y PSEFITAS) PLEISTOCENO INFERIOR PLEOCENO ?
ROCA DE BASE (Geología según Teruggi et al., 1958)	
	SEDIMENTITAS PALEOZOICAS (FM. LA TINTA Y FM. LOMA NEGRA) PALEOZOICO
	BASAMENTO CRISTALINO PRECÁMBRICO
	FRACTURAS a) inferidas b) observadas
	TOSCA
	PERFILES (FUERA DE ESCALA)

ESCALA 1 : 100 000



FISIOGRAFIA

A pesar de que la región estudiada es la que presenta las mayores alturas topográficas de las Sierras Septentrionales, los cerros más destacados no son sino pequeñas elevaciones de rocas precámbricas o paleozoicas, con escasa altura relativa sobre la llanura circundante. La altura relativa de ésta raramente supera los 200 m, oscilando la altura máxima de los cerros entre 450 y 500 m.s.n.m.

El área consta de una planicie ondulada circundada por tres cuerpos serranos. Al E y NE, está limitada por la Sierra de Tandil, con su altura máxima en el Cerro Albión o de las Animas (502 m.s.n.m.). Estas elevaciones, junto con las ubicadas al S y representadas por el Cerro Gruta de Oro, la Cuchilla de las Aguilas y la Sierra de la Juanita (534 m.s.n.m.), constituyen una divisoria principal de aguas, casi continua, donde nacen redes hidrográficas que drenan hacia el N, NW, NE y S. En el cuadrante NW del área se encuentra otra amplia divisoria, integrada por la Sierra Alta de Vela (485 m.s.n.m.), que se une a la anterior en la Sierra del Tigre. La planicie ubicada entre estos cordones serranos es más o menos ondulada, caracterizándose por la presencia de divisorias subordinadas muy suaves y depresiones donde los valles generalmente tienen incipiente desarrollo. Hacia el W, la región se continúa sin límites precisos en la llamada Pampa Alta de Juárez.

La hidrografía está representada por arroyos de escasa importancia en general, pues sus caudales son muy reducidos y en gran parte temporarios o intermitentes. Los cursos principales dentro de la zona son, en orden de importancia, el Arroyo Chapaleofú Grande, el Arroyo Tandileofú, el Arroyo Quequén Chico y el Arroyo Chapaleofú Chico.

CLIMA

Para la caracterización climática de la región, fue utilizada la clasificación de Thornwaite (1948), adaptada por Burgos y Vidal (1951) para la República Argentina. La información climática disponible para la ciudad de Tandil

comprende sólo el período 1901-1920. Por tal motivo, se consignan en cambio los datos de la estación Azul, para el lapso 1901-1950, ubicada a unos 100 km al NNW de Tandil. Los datos fueron suministrados por el Servicio Meteorológico Nacional.

El valor medio de las temperaturas registradas en esta localidad fue 14,1°C. Las temperaturas máxima media y mínima media fueron de 21,2 y 7,6° respectivamente. La precipitación media anual alcanzó a 816 mm, concentrándose entre los meses de octubre y abril. La humedad relativa anual fue de 74 %. La velocidad media del viento se calculó en 11 Km/h, oscilando entre 9 y 13. La frecuencia de dirección de los vientos de escala de 1000 indica que la dirección N es predominante, con un valor de 157. Valores muy similares presentan las direcciones restantes, oscilando entre 118 y 97, con el siguiente ordenamiento: E, S, NE, NW, W y SW. La dirección menos frecuente es la SE, con sólo 88. La frecuencia de calma es de 92.

La determinación de los tipos de clima se realiza sobre la base de la combinación de 4 parámetros: 1) Regiones hídricas; 2) Variación estacional de la eficiencia hídrica; 3) Regiones térmicas y 4) Concentración estival de la eficiencia térmica. La localidad de Azul puede ubicarse en la región hídrica de tipo climático C₂ (subhúmedo húmedo). En cuanto a la variación estacional de la eficiencia hídrica, le corresponde la categoría r, con deficiencia de agua escasa o nula. La localidad mencionada se incluye en una región térmica de tipo mesotermal, con índice B'₂. A consecuencia de la poca variación anual de la temperatura, la concentración estival de la eficiencia térmica es baja, perteneciendo Azul a la clase a'. Estos 4 parámetros combinados permiten obtener el índice C₂B'₂r a', que corresponde a un clima subhúmedo húmedo, en la clasificación mencionada (Burgos y Vidal, op. cit.).

GEOLOGIA

ROCA DE BASE

A los fines del presente trabajo, se ha convenido en

reconocer como "roca de base" al Basamento Cristalino precámbrico, como así también las sedimentitas del Grupo Tandil (Borrello et al., 1969). Ambos constituyen la base sobre la cual se desarrolla la secuencia cenozoica.

Basamento Cristalino

El Basamento Cristalino constituye todos los cerros y lomadas de la Sierra de Tandil, la Sierra del Tigre y la Sierra Alta de Vela, y aparece por debajo de las sedimentitas paleozoicas, formando las laderas de la Cuchilla de Las Aguilas y la Sierra de la Juanita. La descripción geológica y petrográfica de la roca de base se ha resumido del trabajo de Teruggi et al. (1958).

Las rocas predominantes son las migmatitas, que constituyen la mayoría de los afloramientos. También se reconocen milonitas y ultramilonitas, en numerosas localidades. Son escasas las rocas típicamente metamórficas como las anfibolitas y las calizas cristalinas. Los esquistos cristalinos citados por González Bonorino et al. (1956) para el área de Chillar, no aparecen en este sector.

Sedimentitas paleozoicas

Constituyen un conjunto de ortocuarcitas, arcilitas y calizas, de posible edad paleozoica. Las ortocuarcitas y arcilitas se reúnen en la Fm. La Tinta, mientras que las calizas superiores integran la Fm. Loma Negra. Ambas formaciones se reúnen en el Grupo Tandil (Borrello et al., op. cit.). La secuencia se desarrolla en discordancia erosiva sobre el Basamento Cristalino, con una potencia máxima de unos 80 m, en las proximidades de Barker. Se presenta bajo la forma de estratos delgados, que buzan ligeramente (hasta 5°) hacia el SW o son subhorizontales.

Las ortocuarcitas, blancas a rosadas, están totalmente cementadas por sílice. Estas rocas forman la cubierta protectora del Basamento y por su resistencia a la erosión, dan la típicas formas de "mesa" o "cuesta", que constituyen la Sierra de La Tinta. En su parte superior, aparecen intercalaciones de arcilitas con frecuentes impregnaciones ferruginosas, que en algunos casos constituyen acumulaciones ferríferas explotables. Las calizas son rocas muy homogéneas de color

gris oscuro, constituidas por calcita recristalizada, que se presentan en bancos de hasta 1 m de espesor. Puede mencionarse un posible nivel dolomítico en La Calera, Barker.

SEDIMENTOS CENOZOICOS

Generalidades

El relieve de bloques es el rasgo característico de las Sierras Septentrionales. Dicho relieve fue modificado por la sedimentación cenozoica y parcialmente cubierto, posiblemente desde el Plioceno. La secuencia cenozoica del área estudiada fue establecida a través del análisis de más de 80 localidades, lo cual permite afirmar la existencia de varias entidades stratigráficas, y un nivel de tosca, de continuidad regional.

Pueden distinguirse fundamentalmente dos secuencias sedimentarias, una desarrollada sobre las divisorias que ocupa la mayor parte de la zona en estudio y la otra ocupando las áreas fluviales, de escasa distribución. La secuencia que se encuentra sobre divisorias de distinta jerarquía está integrada por las siguientes unidades:

Formación Las Animas
-----Discordancia de erosión-----
 Formación Vela (con una capa de tosca en su parte superior)
-----Discordancia de erosión-----
 Formación Barker
-----Discordancia de erosión-----
 Roca de base (Paleozoico + Basamento Cristalino)

El perfil establecido para las áreas fluviales presenta un desarrollo mucho más restringido, debido posiblemente entre otras causas, al carácter extremadamente joven de la red de drenaje actual. La columna observable es la siguiente:

Aluvio
-----Discordancia de erosión-----
 Miembro limo-arcilloso verde
 Formación Tandileofú
 Miembro arenoso castaño,
-----Discordancia de erosión-----
 Formación Vela

Formación Barker

a) Distribución regional

Este depósito está ubicado preferentemente en las zonas pedemontanas, en relación con la roca de base. Constituye importantes lomadas, formando gran parte de las divisorias de estos sectores, junto a la Fm. Vela. En el resto de la región se lo halla directamente aflorante en superficie sólo excepcionalmente, pues está generalmente cubierto por sedimentos más modernos. Aparece también apoyado directamente sobre la roca de base, constituyendo la parte proximal de depósitos de pie de monte, de tipo fanglomerado.

b) Perfiles

Esta unidad se presenta generalmente acompañada en el perfil por las limolitas de la Fm. Vela. En aquellas localidades donde fue posible observar espesores importantes el aspecto de esta limolita varía generalmente poco en sentido vertical. En la localidad 51, Cantera Loma Negra de Barker, fue donde se estableció el mayor espesor conocido, que alcanza a unos 20 metros. El perfil es el siguiente:

	----- 0 m
Suelo	
	----- 0,50 m
Formación Las Animas	
	----- 2,50 m
Formación Barker, limolitas con abundante carbonato de calcio en concreciones verticales, de hasta 2 m de largo y 30 cm de diámetro. Remata en tosca fina estratiforme de 1 m de espesor. Hacia la base presenta vetas oscuras y poco carbonato de calcio haciéndose muy compacta.	
	----- 22,50 m
Formación Loma Negra, calizas oscuras, Paleozoico.	

Arealmente se ha comprobado que esta Formación presenta características similares para sus niveles cuspidales en todas las localidades estudiadas. Esta unidad se asienta directamente sobre la roca de base en los escasos lugares donde dicha relación pudo ser observada. En dos localidades ubicadas en las laderas de las sierras se determinó la exis-

tencia de un depósito psefítico cuya matriz es similar al material de los afloramientos de las zonas distales de la región pedemontana. La localidad 69 está ubicada en el faldeo S del Cerro Tandileofú. Se trata de una excavación realizada en la Cantera San Luis, para cubicar reservas de piedra granítica, que permite observar el siguiente perfil:

----- 0 m

Suelo

----- 0,50 m

Formación Vela, limolitas en parte psefíticas, con abundante carbonato de calcio, con rodados del Basamento distribuidos en lentes o concentraciones similares. El tamaño predominante de los rodados oscila entre 3 y 5 cm de diámetro, con escasos rodados mayores y sin bloques. El espesor del depósito se acuña hacia la sierra pero aumenta considerablemente pendiente abajo. En los niveles superiores lleva un manto de tosca.

----- 3,50 m

Formación Barker, depósito psefítico de tipo fanglomerado. Separado del superior por una discordancia de erosión. En algunos sectores la matriz es limosa de color castaño rojizo; en otros es psamítica castaño amarillenta. El tamaño medio de los rodados se puede estimar en 5 cm de diámetro. Se presentan bloques de hasta 1,20 m de diámetro. Son comunes los rodados entre 10 y 20 cm de diámetro. La disposición de los rodados es caótica y no se presenta ordenamiento ni gradación vertical. En general, son subredondeados. El redondeamiento es apreciable considerando la proximidad de la roca de base. El material psefítico procede íntegramente del Basamento Cristalino.

----- 6,00 m

Basamento Cristalino, migmatitas.

Un perfil similar pudo ser establecido en las Canteras de Arcilla de Barker, localidad 73, en el faldeo S de la Cuchilla de Las Aguilas. A diferencia de la localidad 51, en este caso los depósitos muestran apreciable gradación vertical y matriz muy arcillosa. El material psefítico pertenece al Basamento Cristalino y a las sedimentitas paleozoicas. Estas localidades son ejemplos adecuados para relacionar estos depósitos psefíticos pedemontanos con las limolitas típicas halladas en las áreas interserranas.

En la localidad 52, Cantera Vieja de Barker, los sedimentos de la Fm. Barker rellenan un paleorrelieve desarrollado sobre las calizas de la Fm. Loma Negra. Son psefitas integradas por rodados angulosos y subangulosos de cuarcitas y calizas, bloques de arcilitas rojas y rodados del Basamento. La matriz es muy arcillosa, rojiza a amarillenta. Tanto estos sedimentos como las calizas paleozoicas se encuentran cubiertos por el manto de tosca regional, similar al que se desarrolla en los niveles superiores de Fm. Vela. Las calizas presentan oquedades y escotaduras en su superficie, que recuerdan notablemente a cavernas o canales de disolución. Estos rasgos están rellenos por el mismo material que se acumula sobre las calizas y por gigantescos nódulos calcáreos, compuestos por una tosca rosada, muy dura, que difiere de la que forma el manto superior. Estas formas erosivas y su relleno pueden ser observados también en el destape mayor de la localidad 51 y en la Calera El Infierno, al SE de Barker (fuera del mapa), siempre desarrollados sobre la misma roca de base.

c) Características litológicas

Se trata de una limolita castaño rojiza, arcillosa, sin estratificación aparente, muy homogénea lateralmente; es muy compacta y se desgrana en pequeños paralelepípedos de 1 centímetro cúbico aproximadamente al ser golpeada con el martillo. Podría tratarse de un horizonte B de un paleosuelo decapitado, representado por la estructura mencionada. En general carece de carbonato de calcio en su masa, a excepción de muñecos de tosca, algunos de grandes dimensiones, formados por una tosca rosada muy dura.

Son característicos para este depósito su color, la presencia de impregnaciones ferruginosas diseminadas en la masa de la sedimentita y su homogeneidad en cuanto a estructura y granulometría. En relación a este último punto, es importante destacar que las observaciones fueron realizadas casi siempre sobre los niveles cuspidales de esta Formación.

Fueron efectuados análisis granulométricos en unas 12 muestras típicas de esta entidad. Para su clasificación se utilizó el triángulo de composición de los sedimentos clásticos finos de González Bonorino y Teruggi (1965) (Fig.1). Se trata de limos arcillosos en su mayoría y limos arcillo-

TRIANGULOS DE COMPOSICION GRANULOMETRICA

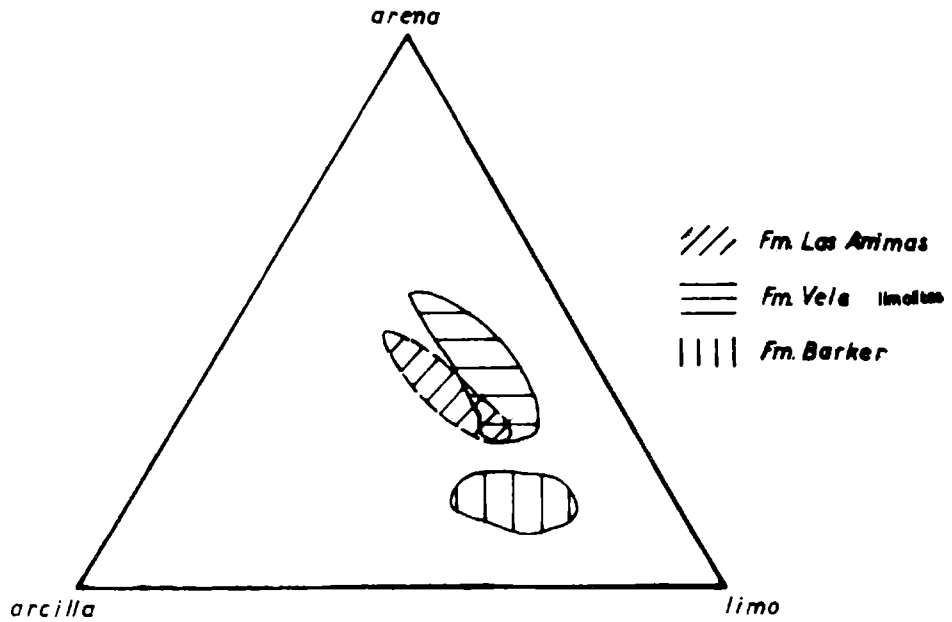
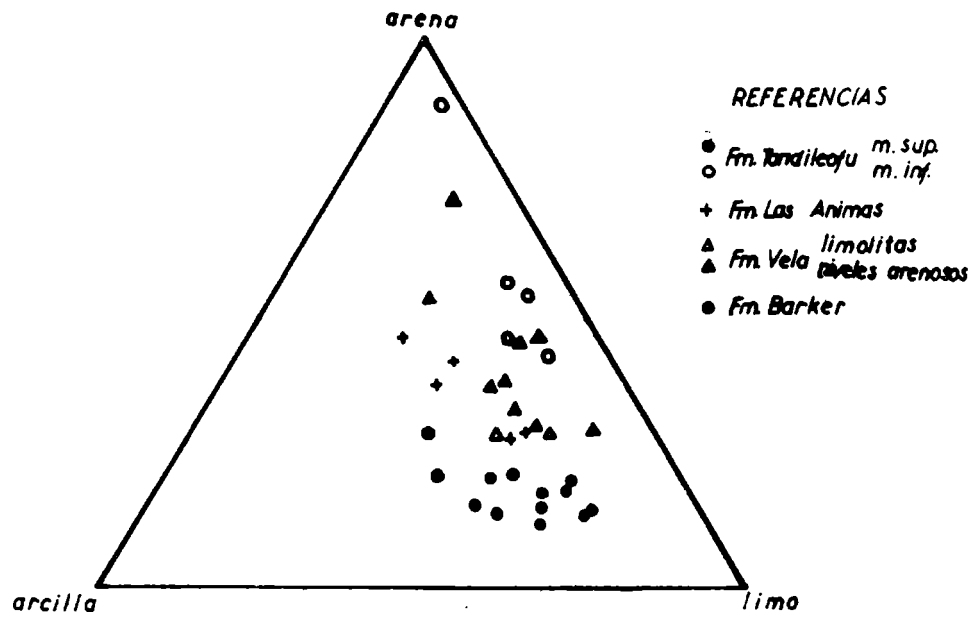


FIG. 1

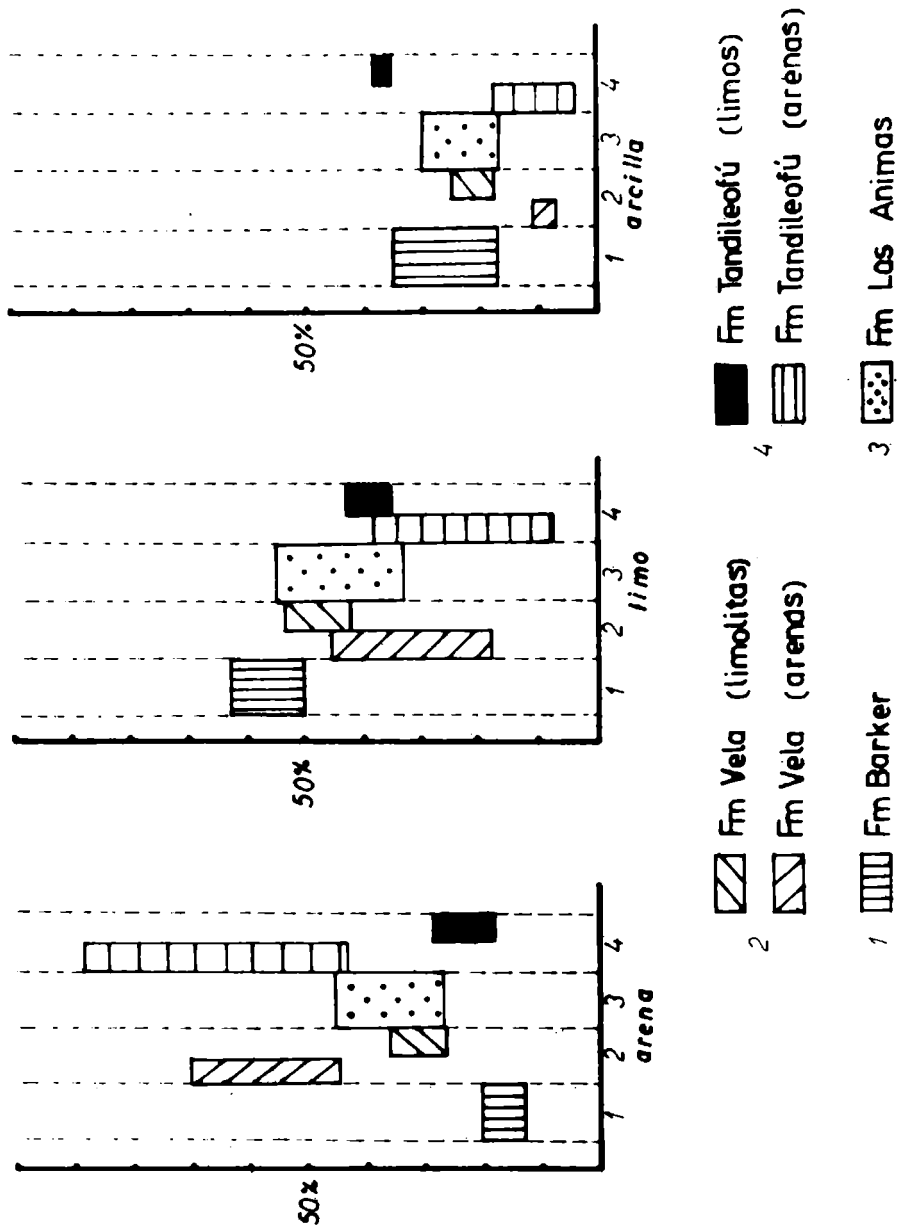
arenosos, no superando el contenido en arena el 15 % del total (Tabla 2). En casi todos los casos, la fracción arena es sumamente fina, concentrándose casi exclusivamente en los grados 3,5 y 4 phi. La fracción menor de 4 micrones está subordinada con sólo un 25 % del total (Tabla 1). Las curvas granulométricas acumulativas para esta entidad son en general bastante similares entre sí y toman el aspecto de una "ese" asimétrica, tendida ampliamente hacia las fracciones más finas (Fig. 4a).

Los minerales pesados constituyen aproximadamente el 1% de la fracción arena, con predominio de opacos y hornblenda. Entre los livianos predominan los litoclastos, en su mayoría fragmentos de pasta de rocas volcánicas, aunque se encuentran también clastos de rocas metamórficas de grano muy fino. Los litoclastos de origen volcánico están integrados en su mayor parte por vidrios castaños, microfenocristales de plagioclasas y opacos en pequeños granos. Aparecen asimismo, clastos de rocas volcánicas traquíticas, con microfenocristales de feldespatos alcalinos. El cuarzo proviene en gran parte de las cuarcitas paleozoicas, por presentar crecimiento secundario sobre clastos originales muy redondeados, numerosas marcas superficiales y contornos muy angulosos. Parte de los clastos considerados como "cuarzo" son en realidad clastos de cuarcitas de grano fino. Las plagioclasas se presentan en general alteradas, pero algunas son muy frescas y límpidas. Los feldespatos alcalinos (sódicos y potásicos) aparecen muy alterados y de contornos muy redondeados, aunque algunos suelen ser angulosos y límpidos. Es notable la ausencia casi total de vitroclastos, y cuando su número es apreciable, se trata de vidrios castaños, de contornos subredondeados y de índice de refracción $1,511 \pm 0,002$. Las trizas de vidrio incoloro son raras (Tabla 4).

La mineralogía de las arcillas indica que el mineral predominante es siempre la montmorillonita, con valores estimados entre el 50 y el 85%. La illita se encuentra subordinada, mientras que la caolinita puede faltar. La cristalinidad de las arcillas es en general baja (Tabla 5; Fig. 5 y 6).

FIG. 2

Variación porcentual de las distintas fracciones



Formación Vela

a) Distribución regional

Los sedimentos de esta Formación se desarrollan como un manto, generalmente de poco espesor, que cubre casi totalmente los afloramientos de la Fm. Barker. Esta unidad ocupa gran parte de las zonas pedemontanas y cubre totalmente las áreas distales de éstas. Sobre ella, se desarrolla la antigua superficie topográfica, sobre la cual se asienta el relleno loésico de las llanuras interserranas actuales. El manto de tosca que la caracteriza constituye en muchos lugares el piso de los cauces de gran parte de los arroyos del área. Encontramos esta unidad también en las áreas serranas, donde se compone de material psefítico de tipo fanglomerado, cuya matriz es similar a los limos típicos de esta entidad. Tal es el caso ya descrito, de las localidades 69 y 73. En el extremo SE del mapa son frecuentes los afloramientos de estas psefitas de la Fm. Vela, dispuestas sobre las sedimentitas paleozoicas. Presentan abundantes rodados de cuarcitas, cementados por una tosca dura, blanquecina. La parte superior de estos depósitos aparece conformando una superficie topográfica nivelada, cuya cota oscila alrededor de los 250 m.s. n.m. La Fm. Vela se dispone sobre la Fm. Barker mediando un plano de discordancia erosiva, muy neto, que es generalmente irregular, mostrando ondulaciones. Ello se observa en las localidades 45, 48 y 68, entre otras.

b) Perfiles

El espesor máximo que se reconoce para esta unidad, unos 4 metros, se encuentra en la localidad 45, en un préstamo vial ubicado junto a la ruta 74. Esta localidad se halla en el faldeo S de la Sierra Alta de Vela, sobre una loma cortada por el camino. El perfil observable es el siguiente:

----- 0 m

Suelo

----- 0,50 m

Formación Las Animas, loess castaño amarillento, pulverulento.

----- 1,00 m

Formación Vela, limolita castaño clara, coronada por un manto de tosca, que aumenta de espesor hacia la cúspide de la loma, para desaparecer en los tramos inferiores. La entidad presenta niveles estratificados de pelitas finas y oquedades ovooidales rellenas por niveles alternantes de material pelítico y psamítico. El carbonato de calcio presente aumenta hacia el techo.

----- 5,00 m

Formación Barker, limolita castaño rojiza, muy arcillosa, con impregnaciones ferruginosas y muñecos de tosca, gris rosada, muy dura.

----- 6,00 m

Por debajo de las limolitas típicas de la Fm. Vela, aparecen en algunas localidades importantes depósitos de arenas de color castaño, limosas, con estratificación marcada y aspecto fluvial. En la localidad 47, en el pie de monte S de la Sierra Alta de Vela, se presenta con estas características. En la esquina de la Avda. Avellaneda y la calle Alsina, en la ciudad de Tandil, los niveles conglomerádicos intercalados en estos depósitos presentan imbricación de sus rodados y una grosera estratificación diagonal. En las localidades 17 y 41, las limolitas castaño claras se disponen sobre las arenas limosas castañas, formando parte ambas de la Fm. Vela.

c) Características litológicas

Se trata de una limólita, color castaño claro, con variaciones locales en el tono de acuerdo al contenido en carbonatos. Es relativamente compacta; su compacidad está dada por una cementación carbonática bajo la forma de impregnaciones. En algunos casos presenta en su base depósitos arenosos.

Es característico de esta unidad el elevado contenido de carbonato de calcio. El manto de tosca se desarrolla preferentemente en los niveles superiores de esta entidad. Independientemente de dicho manto, toda la masa sedimentaria es muy rica en carbonato de calcio epigenético, el cual se presenta en pequeñas venillas, nódulos o filtraciones, o bien diseminado por ella en forma de impregnaciones. La abundancia de carbonatos hace de esta Formación un depósito de importancia económica. Esta unidad carece normalmente de estruc-

turas, pero algunos niveles presentan estratificación, con alternancia de niveles pelíticos y arenosos. Carece absolutamente de impregnaciones ferruginosas tales como las que se presentan en la Fm. Barker.

Los análisis mecánicos de unas 12 muestras indican que estos sedimentos varían entre limos arcillo-arenosos y limo-arenas arcillosas. La fracción arenosa, salvo excepciones, no supera el 35%, concentrándose en los tamices más finos. La fracción limo (45 a 60%) predomina sobre la fracción arcillosa (10 a 30%) (Tablas 1 y 2, y Fig. 1 y 2).

Para los niveles arenosos ya descriptos, puede decirse que granulométricamente, se trata de arenas limosas a limos arenosos. La fracción mayor a 62 micrones es generalmente muy fina. En algunos casos (muestra 47) más del 70% del sedimento es arena y en otros, el mismo porcentaje se concentra entre los 3,5 y 5 grados phi (Tablas 1 y 2, y Fig. 1 y 2).

Las curvas acumulativas de las muestras analizadas tienen forma de "ese", con una moda pronunciada entre los grados 3,5 y 5 phi, y una fracción fina muy distribuída (Fig. 4 a).

El porcentaje de los minerales pesados es variable entre 0,5 y 7%, según las fracciones. Predominan la hornblenda y los opacos.

Entre los livianos, predominan ampliamente las trizas de vidrio volcánico y los clastos líticos, sobre los cristalo-clastos. Las trizas de vidrio son en absoluta mayoría incoloras y muy angulosas, mientras que los vidrios castaños son escasos, redondeados y presentan alteración marcada. Los litoclastos son en general de rocas volcánicas mesosilícicas a básicas. Los cristalo-clastos muestran características similares a las descriptas para la Fm. Barker. (Tabla 4).

En cuanto a la mineralogía de arcillas, se observa que el mineral predominante es illita, con valores estimados entre 40 y 70%. La montmorillonita se encuentra siempre presente, con porcentajes de 20 a 50%. La caolinita puede faltar. La cristalinidad de las arcillas es en general muy baja (tabla 5 y Figs. 5 y 6).

PARAMETROS ESTADISTICOS

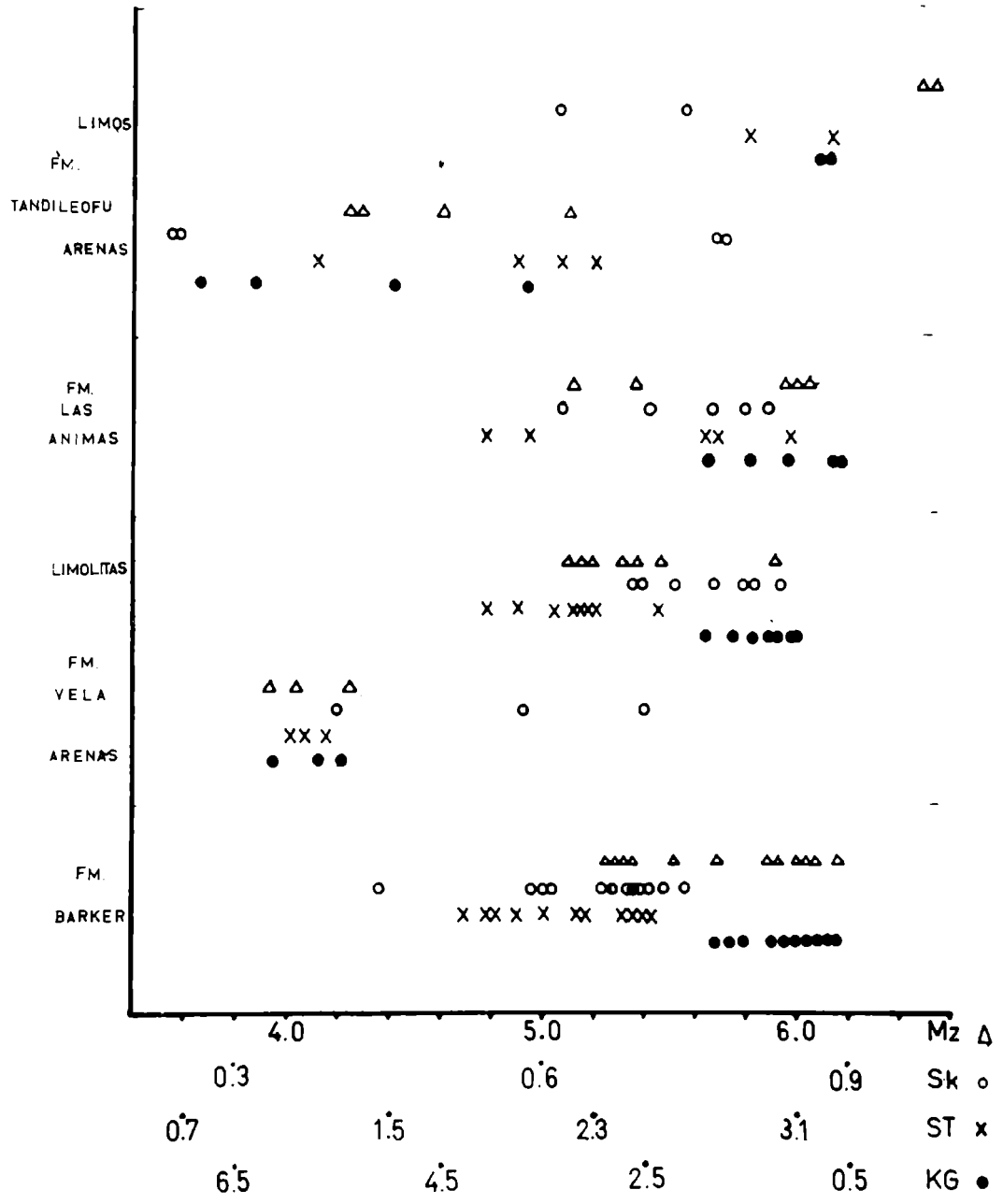


Fig. 3

Formación Las Animas

a) Distribución regional

Esta unidad constituye la entidad estratigráfica más moderna desarrollada preferentemente sobre las divisorias. Se extiende como un manto casi continuo de espesor muy variable. Ocasionalmente se presentan pequeños niveles de concentración de rodados. En algunas localidades, se observa que el derrubio de falda reciente presenta una matriz de características asimilables a estos depósitos, pasando transicionalmente a él en las áreas distales. Esta unidad se desarrolla en forma de manto loésico que ahoga el relieve preexistente, adosándose contra los bloques serranos. En el flanco septentrional de la Sierra de La Tinta, los arroyos presentan cauces de relativa importancia, que al descender hacia la planicie van desapareciendo y se insumen en el manto loésico. Estos depósitos se desarrollan en todos los casos en discordancia de erosión sobre las unidades más antiguas.

b) Perfiles

Son muchas las localidades que muestran desarrollo de los sedimentos de esta unidad, con espesores muy variables. El espesor máximo observado fue de 3 m en la localidad 12, al pie del Cerro de Las Animas, al SE de la ciudad de Tandil. En dicha localidad, el perfil observable es el siguiente:

----- 0 m

Suelo

----- 0,50 m

Formación Las Animas, limo loessoide castaño amarillento, sin estructuras ni tosca, con rodados pequeños de hasta 3 cm de diámetro, perteneciendo al Basamento Cristalino, que aflora a menos de 500 m de distancia. Estos rodados se encuentran totalmente dispersos en la masa homogénea. En forma excepcional, aparecen niveles lenticulares de rodados. No se observaron estructuras de tipo subácueo típicas, ni imbricación de los rodados. El depósito se desarrolla directamente sobre el Basamento Cristalino y aumenta su espesor pendiente abajo.

----- 3,50 m

Basamento Cristalino, migmatitas.

CONJUNTO UNION DE CURVAS ACUMULATIVAS

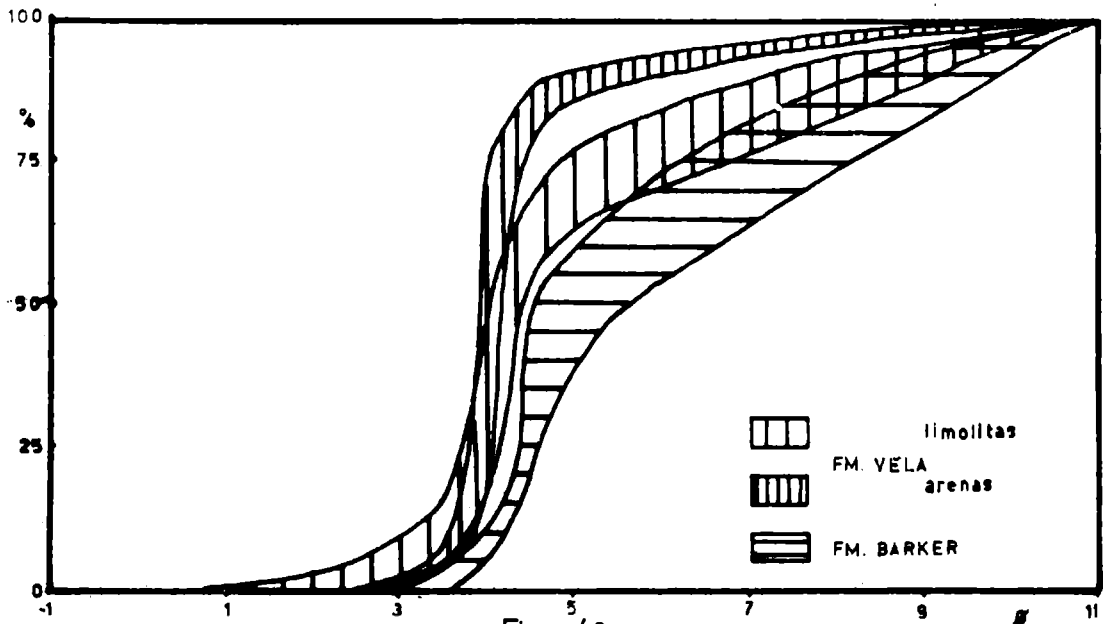


Fig. 4a

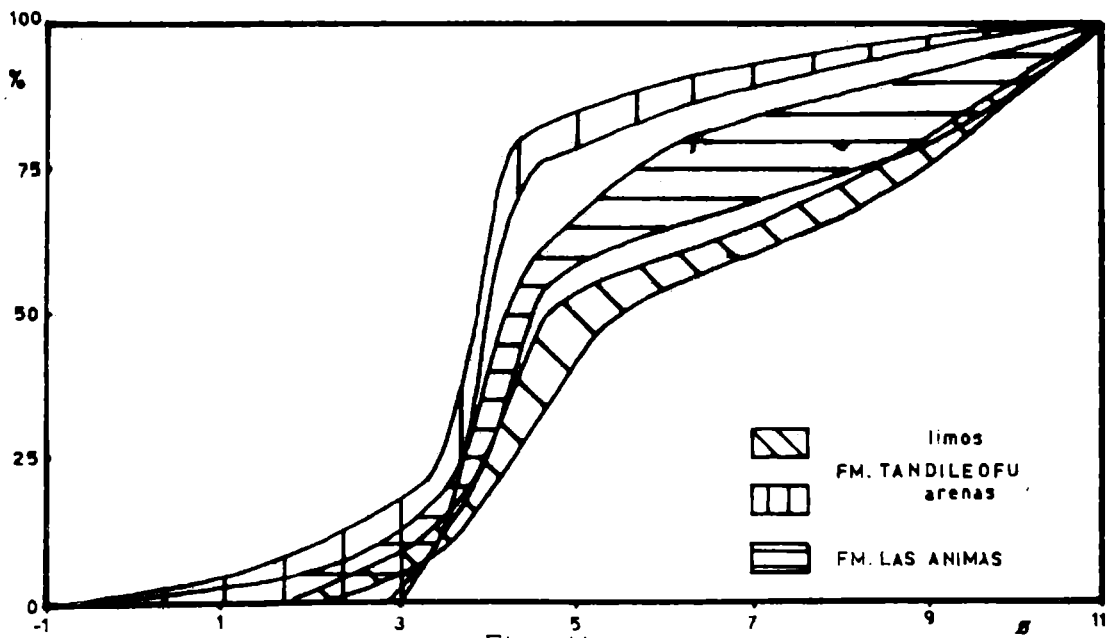


Fig. 4b

c) Características litológicas

Se trata de sedimentos con aspecto de limos arenosos, de color castaño amarillento, sin estructuras ni estratificación, con escaso carbonato de calcio, el cual está generalmente ausente. Estos sedimentos tienen un aspecto loésico muy marcado, apareciendo totalmente sueltos, sin compactación ni cementación visibles. Presenta saltuariamente rodados de tosca y de la roca de base, cuya distribución y tamaño depende de la proximidad de los bloques serranos o de los afloramientos de las sedimentitas más antiguas. La presencia de estos rodados puede asignarse generalmente a procesos gravitacionales en las laderas, pero algunos niveles de concentración de rodados permiten suponer la existencia, además, de acciones hídricas temporarias. Muy excepcionalmente presenta tosca concrecional de tipo radiforme y en forma de filtraciones verticales.

Granulométricamente son arenas limo-arcillosas, arena-arcillas limosas y limo-arenas arcillosas. Es decir, la distribución de las tres fracciones es aproximadamente similar, con ligera preponderancia de la fracción arena. (Tablas 1 y 2 y Fig. 1 y 2). Las curvas acumulativas para esta entidad son "eses" sumamente tendidas, similares a las descriptas para la Fm. Barker (Fig. 4b).

El mineral pesado predominante es la hornblenda. El porcentaje de los minerales pesados varía entre 1,5 y 6%, según las fracciones. El vidrio volcánico es muy abundante, bajo la forma de trizas muy angulosas límpidas, de índice de refracción $1,502 \pm 0,002$. Ocasionalmente presentan películas arcillosas de débil birrefringencia. Los vidrios castaños son muy escasos. En las fracciones más gruesas (tamices 60, 80) las trizas son muy raras, mientras que en el tamiz 120 pueden alcanzar a constituir el 80% de la fracción. Los clastos líticos son casi exclusivamente de rocas volcánicas, preferentemente básicas a mesosilícicas. El cuarzo es anguloso a subanguloso, a menudo equidimensional y con extinción ondulante. Las plagioclasas son generalmente oligoclasa-andesina, a veces muy frescas. Las plagioclasas básicas aparecen generalmente alteradas. Los feldespatos alcalinos aparecen frescos y también con alteración muy marcada (tabla 4).

La mineralogía de las arcillas arroja proporciones va-

riables de illita, entre 60 y 30%, y de montmorillonita entre 35 y 63%. Ambas especies están distribuidas por tanto, en forma equivalente. La caolinita está siempre presente en porcentajes bajos. La cristalinidad de las arcillas, sin ser óptima, es mucho más notoria que en las formaciones precedentemente citadas (Tabla 5 y Figs. 5 y 6).

Formación Tandileofú

a) Distribución regional

Mientras las divisorias presentan una secuencia sedimentaria de amplia extensión en el área de estudio, los valles fluviales muestran un desarrollo de unidades muy restringido. En la mayoría de las localidades, el perfil observado consta solamente de la unidad sobre la cual se ha excavado el cauce y depósitos aluviales recientes. Sin embargo, en dos localidades ubicadas sobre el valle del Arroyo Tandileofú fue posible establecer secuencias más completas. Lamentablemente, las observaciones realizadas están restringidas al cauce de dicho arroyo. No fue posible establecer en forma concluyente las relaciones estratigráficas con la Fm. Las Animas.

b) Perfiles

En la localidad 61, en el puente de la ruta 226 sobre el Arroyo Tandileofú, se estableció el espesor máximo para esta unidad, que es de 4 metros. El perfil es el siguiente:

	----- 0 m
Suelo de la planicie de inundación.	
	----- 0,40 m
Aluvio, limo gris oscuro, reciente, en discordancia erosiva sobre el inferior.	
	----- 0,90 m
Fm. Tandileofú, miembro superior. Limo arcilloso gris verdoso, con impregnaciones ferruginosas. Hacia la base pasa en transición al nivel inferior.	
	----- 2,00 m
Fm. Tandileofú, miembro inferior, arena limosa castaña; hacia la base aparecen niveles pelíticos blancos de 0,5 cm de	

Difractogramas de la fracción arcillosa

FM. TANDILEOFU

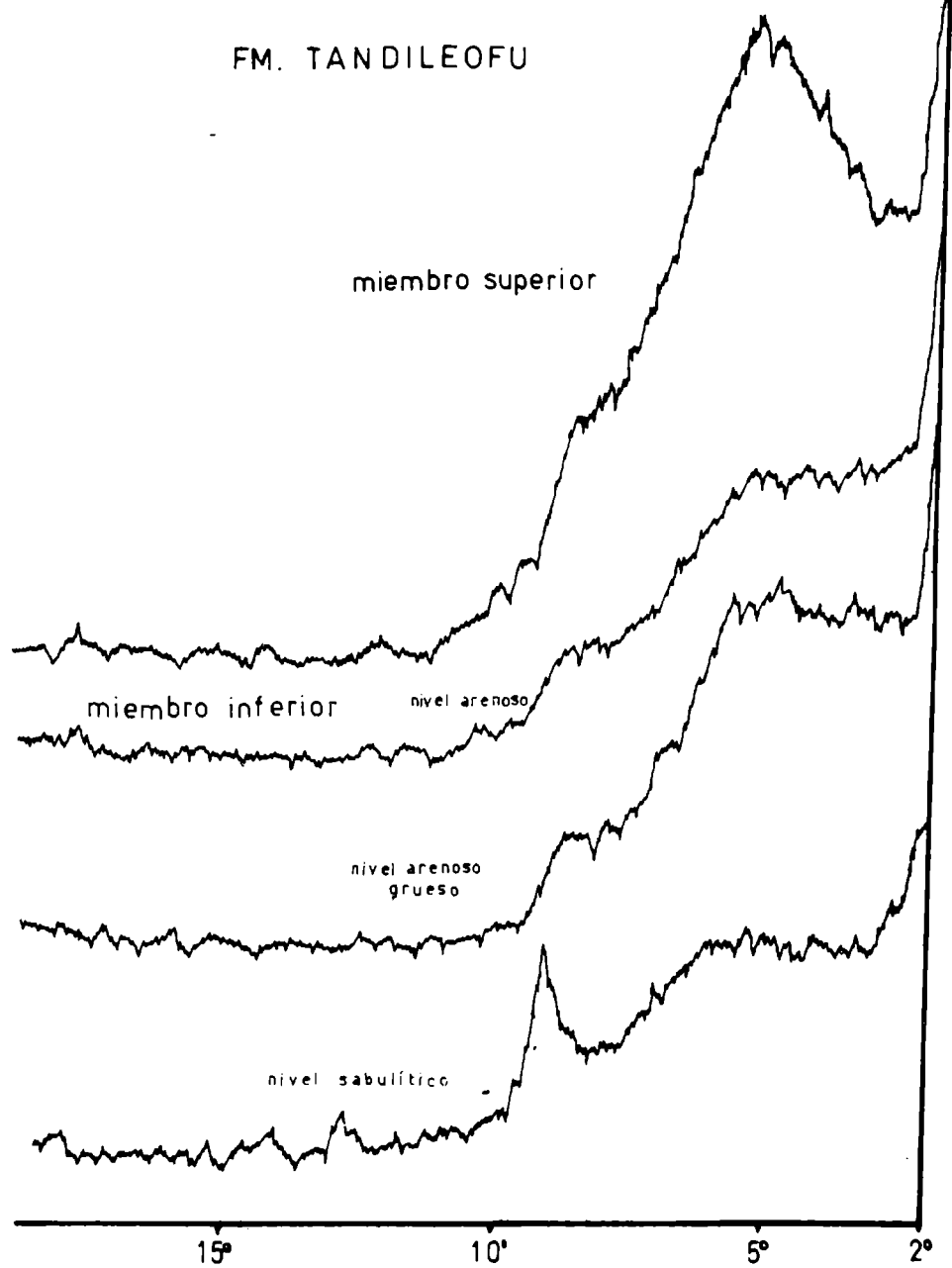


FIG. 5a

espesor y rodados de tosca de hasta 1 cm de diámetro.

----- 3,80 m

FM. Tandileofú, miembro inferior, limo-arena castaño, con fracción psamítica gruesa.

----- 4,25 m

Formación Tandileofú, miembro inferior, arena muy gruesa a sábulo, gris castaño. Hacia la base se presenta un nivel de rodados gruesos de hasta 5 cm de diámetro, muy angulosos, pertenecientes al Basamento Cristalino, en una matriz muy fina.

----- 5,00 m

Formación Vela, limolita castaño clara, con tosca, muy dura al barreno.

A unos 3 Km aguas abajo de la localidad descrita y siempre sobre el valle del Arroyo Tandileofú, se encuentra la entrada a la Ea. La Felicidad, localidad 67. El perfil establecido es similar.

c) Características litológicas

El miembro inferior es arenoso, hasta sabulítico, de color castaño. Presenta en su base rodados del Basamento Cristalino. Se trata de una arena en la base, que hacia los niveles superiores se hace una arena limosa, para pasar a limo-arena. El nivel basal posee 88,7% de arena; el medio, 42 a 52% y el superior, 44 a 54% (Tablas 1 y 2, y Figs. 1 y 2). Las curvas acumulativas son "eses" empinadas para el miembro inferior, desplazadas hacia las fracciones más gruesas (Fig. 4c). El miembro superior es limo arcilloso, de color verde a gris verdoso, presentando impregnaciones ferruginosas. Granulométricamente son limo-arcillas arenosos, con contenidos de arena variable entre 19 y 28% (Tablas 1 y 2, Fig. 1 y 2). Las curvas acumulativas para este miembro son muy tendidas y desplazadas hacia las fracciones muy finas (Fig. 4b).

El contenido en pesados no supera el 5% en ninguna fracción de las estudiadas, siendo la hornblenda y los opacos los más frecuentes. La mineralogía de los livianos es muy similar a la descrita para la Fm. Las Animas. Los litoclastos de origen metamórfico son frecuentes; la relación litoclastos/vidrio disminuye hacia los niveles superiores. El cuarzo y las plagioclasas se mantienen en proporciones notablemente cons-

Difractogramas de la fracción arcillosa

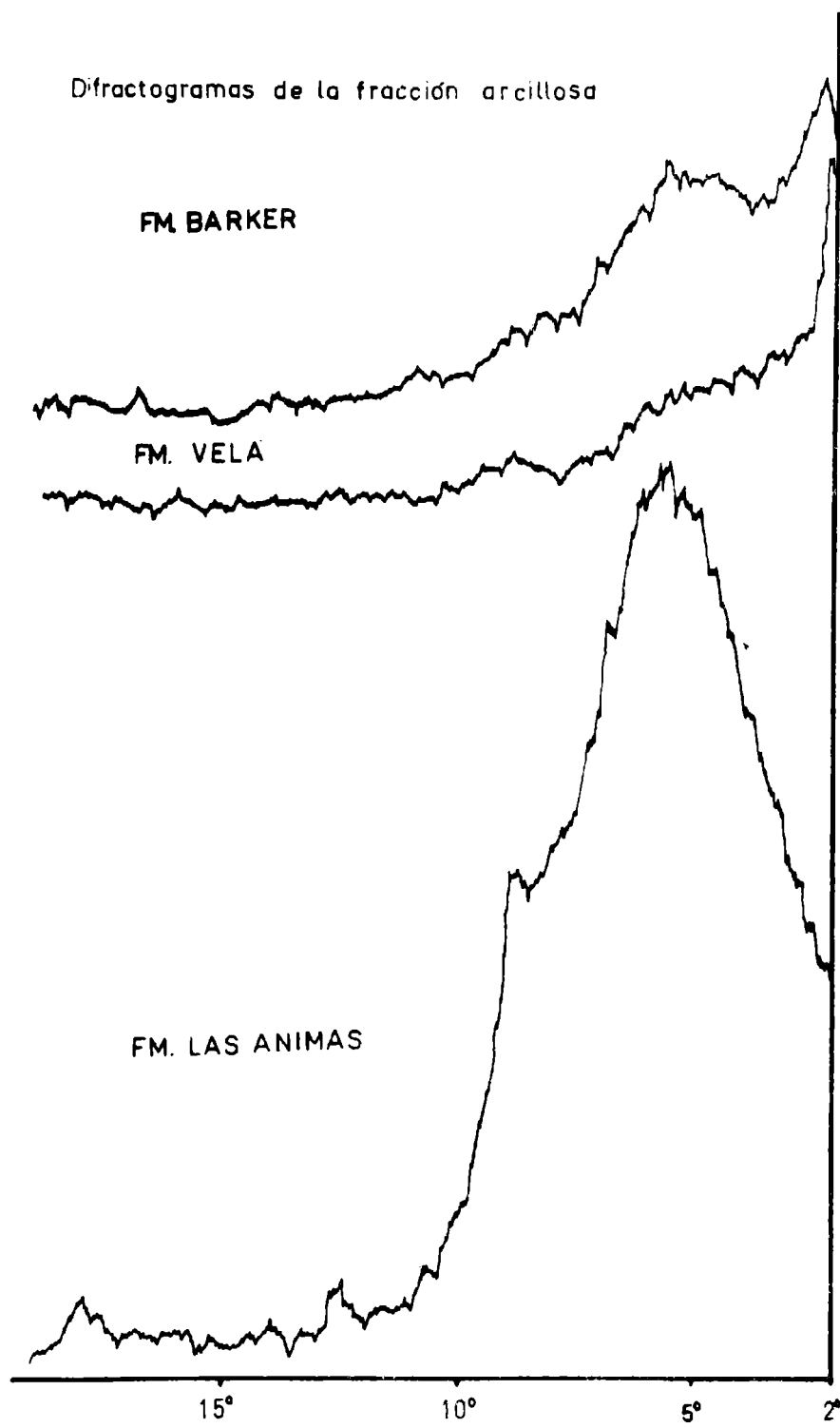


FIG. 5b

tantes en las muestras estudiadas. El feldespato alcalino más frecuente es el microclino (Tabla 4).

La mineralogía de las arcillas indica que las dos especies predominantes son illita y montmorillonita, no existiendo relación observable entre la mayor abundancia de alguna de ellas con algún nivel determinado. La caolinita está siempre presente excepto en el nivel medio del miembro inferior (Tabla 5 y Figs. 5 y 6).

Aluvio reciente

En la gran mayoría de los cauces estudiados, sólo fue posible determinar la existencia de depósitos limosos recientes, apoyados en discordancia sobre los sedimentos de la unidad por sobre la cual se instaló el drenaje. Aparentemente, el drenaje existente en la actualidad es muy joven, dado el incipiente desarrollo de los valles.

Fueron estudiados numerosos perfiles que muestran espesores variables entre 1 y 2 metros de arenas y limos arcillosos. Los cortes más completos se observan en la localidad 30, afluente del Arroyo Chapaleofú Grande, y en la localidad 64 en el Arroyo Quequén Chico. El Aluvio se desarrolla sobre la tosca de las Fms. Barker y Vela o bien sobre los sedimentos de la Fm. Las Animas.

ANTECEDENTES E INTERPRETACION

Muy pocos autores han abordado el tema de los depósitos cenozoicos del área en estudio. Entre ellos, las observaciones más completas pueden encontrarse en Tapia (1937), González Bonorino et al. (1956), Villar Fabre (1957), Teruggi (1957, 1960, 1968) y Teruggi et al. (1960).

Todas las unidades reconocidas están integradas fundamentalmente por arenas finas, limos y arcillas, en proporciones variables. Es excepcional la presencia de depósitos psefíticos, tales como los niveles fanlomerádicos mencionados para las formaciones Barker y Vela, y el derrubio de falda moderno correlacionable con la Formación Las Animas. La existencia de estos depósitos está condicionada a la po-

Triángulos de composición de los minerales de las arcillas

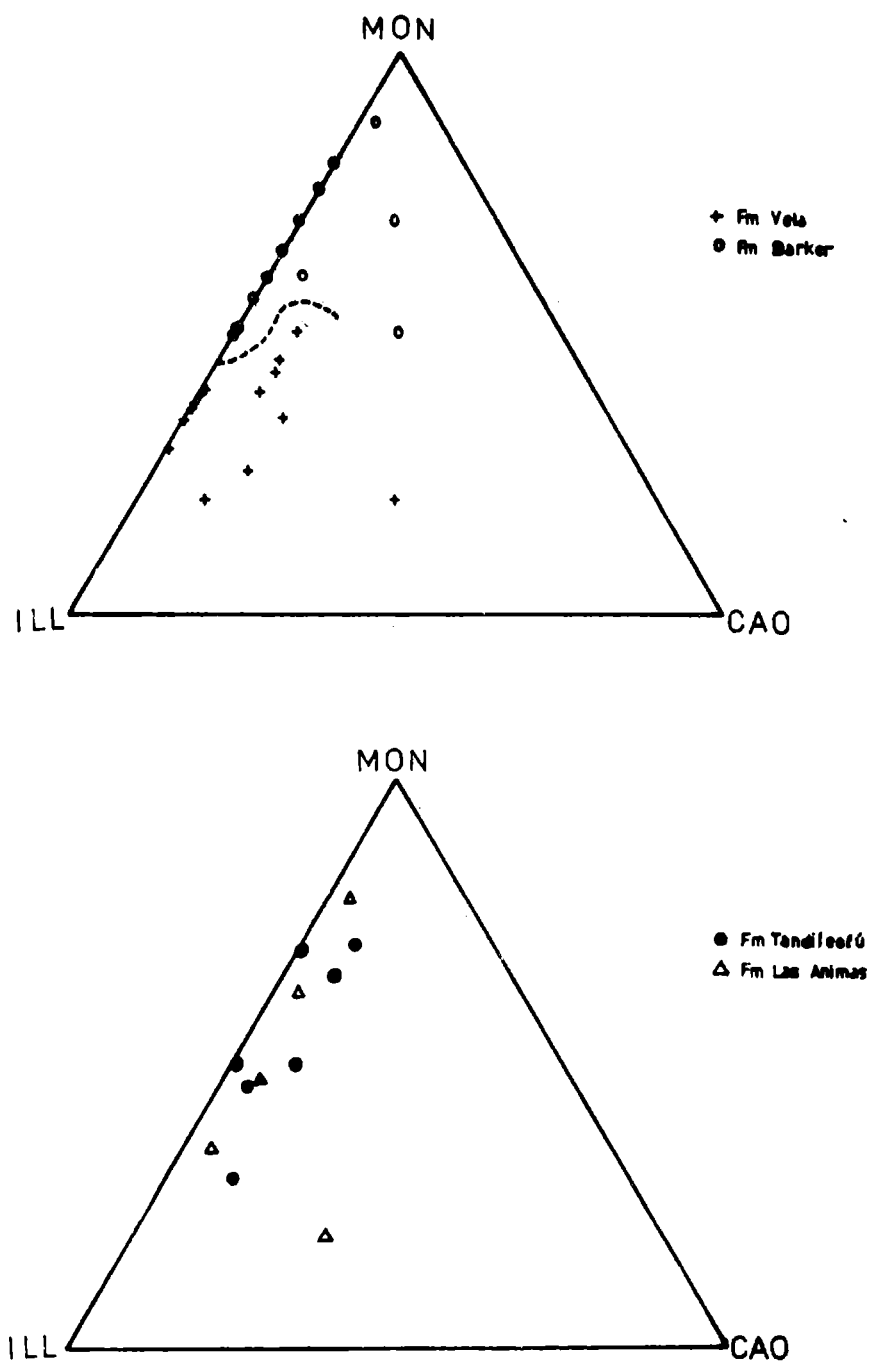


FIG. 6

sición topográfica del afloramiento. Pertenecen posiblemente a cinturones de detritos acumulados especialmente por remoción en masa y acción hídrica. De la misma manera podrían explicarse las concentraciones de rodados presentes esporádicamente en los sedimentos pedemontanos.

La relativa homogeneidad de los depósitos, su aparente carencia de estructuras y su distribución regional, indican una génesis eólica predominante. Si a ello agregamos el carácter alóctono de sus asociaciones minerales en la fracción psamítica, integrada por gran parte de materiales de origen volcánico, la importancia de la acción eólica durante la depositación podría ser aceptada.

Los depósitos de la Fm. Barker cubren en discordancia el relieve de bloques desarrollado sobre la roca de base, en las zonas proximales a las sierras donde fue observado, presentando ocasionalmente niveles de tipo fanglomerado. Fueron descritos rasgos de disolución sobre las calizas paleozoicas, rellenados con materiales de la Fm. Barker. Los procesos de disolución en rocas calcáreas generan los relieves llamados "kársticos", que requieren para su desarrollo determinadas condiciones climáticas (precipitaciones moderadas a abundantes) y petrográficas (una roca soluble, preferentemente caliza, densa y altamente diaclasada) (Thornbury, 1960, p. 337). Los rasgos descritos no configuran un verdadero relieve kárstico, pero presentan notables afinidades con ellos, por lo menos con los estadios iniciales de su desarrollo. Dichos rasgos y la presencia de impregnaciones ferruginosas en la masa sedimentaria permitirían suponer la posibilidad de condiciones climáticas húmedas durante la depositación de la Fm. Barker. Después de la sedimentación de esta unidad y previamente a la depositación de la Fm. Vela, tiene lugar una primera generación de tosca, bajo la forma de estructuras concrecionales exclusivamente.

Con posterioridad se produce la depositación de la Fm. Vela, que suele presentar niveles psamíticos bien estratificados o concreciones lenticulares de arenas gruesas y sábulos, sobre todo para la mitad o tercio inferior de esta Formación. Fueron observados asimismo, depósitos psefíticos de tipo fanglomerado para la sección basal de esta entidad, en las zonas proximales a los cuerpos serranos. Podría su-

ponerse entonces que la Fm. Vela, que se desarrolla en discordancia de erosión sobre la Fm. Barker, se inicia con procesos de sedimentación en la zona pedemontana, en condiciones climáticas aparentemente húmedas, con acción hídrica encauzada apreciable. Probablemente las condiciones climáticas sufren un cambio hacia el final del período de sedimentación de esta unidad, sugerido por el régimen de depositación predominantemente loessoide de los niveles superiores. Finalmente se desarrolla un manto regional de tosca en la parte superior de la Fm. Vela, en la mayoría de los casos. Ocasionalmente, el manto de tosca se forma también en los sectores más altos de la Fm. Barker y aún sobre la roca de base, siguiendo en estos casos la superficie topográfica. El manto de tosca muestra siempre las mismas características presentándose como acumulaciones estratiformes que van desapareciendo hacia las porciones basales del sedimento.

Luego de la formación del manto de tosca, sobreviene un período de erosión y la subsecuente sedimentación del loess de la Fm. Las Animas, mientras que en los valles ya elaborados, por lo menos para el Arroyo Tandileofú, se depositan arenas típicamente fluviales, que culminan en limos arcillosos. No fue posible establecer las relaciones estratigráficas entre la Fm. Las Animas y la Fm. Tandileofú, pero se estima que la parte basal de la primera puede ser coetánea con la segunda. No existen elementos que permitan suponer condiciones climáticas de extrema aridez, como las que se han asignado tradicionalmente a la Fm. Las Animas. Es probable que la acumulación ha tenido lugar en un ambiente de estepa herbácea no muy distinto al actual. Posteriormente, se completa el desarrollo del drenaje sobre las porciones inferiores de la Fm. Las Animas, generando los sedimentos fluviales del Aluvio, cuya formación continúa hasta nuestros días. Sobre las divisorias, la sedimentación loésica de la Fm. Las Animas prosiguió aparentemente sin interrupción detectable.

Gonzalez Bonorino (1965) utiliza criterios mineralógicos para dividir estratigráficamente el Pampeano en el área de la ciudad de Buenos Aires y alrededores. En el presente trabajo y siguiendo la metodología empleada por el autor mencionado, puede decirse que:

a) la relación cuarzo-plagioclasa no puede ser utilizada con criterio estratigráfico en el área estudiada, pues ambos minerales se presentan en proporciones similares y con varia-

ciones poco significativas (Tabla 4).

b) la relación montmorillonita-illita parece ser útil para diferenciar las Fms. Barker y Vela, ya que en la primera de ellas predomina la montmorillonita, mientras en la segunda la illita es más abundante (Tabla 5, Fig. 6).

c) la caolinita carece de significación stratigráfica.

d) el vidrio volcánico puede ser un elemento de utilidad stratigráfica. La Fm. Barker contiene escaso vidrio volcánico, siendo las trizas castañas frecuentes. En la Fm. Vela, como en las entidades que le siguen, el contenido de vidrio volcánico es importante y en muchos casos es el componente más abundante. Las trizas incoloras predominan ampliamente sobre las castañas, las cuales pueden faltar (Tabla 4).

Por lo expuesto precedentemente, parece ser posible identificar a las Fms. Barker y Vela, por lo menos, en base a criterios mineralógicos, que apoyan lo observado en el campo y los restantes parámetros sedimentológicos utilizados. Así, la Fm. Barker podría ser caracterizada como una unidad rica en montmorillonita y pobre en vidrio volcánico, mientras que la Fm. Vela sería rica en illita y con vidrio volcánico muy abundante. Tal interpretación sugiere distintas fuentes de aporte de los materiales.

Geomorfológicamente, pueden distinguirse tres áreas principales. En la mayor parte de la región, aparecen los bloques serranos, pequeños cerros en su mayoría aislados, suavemente redondeados, del Basamento Cristalino y las amplias mesetas y cuevas formadas por las sedimentitas paleozoicas. Las zonas pedemontanas interserranas constituyen una llanura suavemente ondulada, más o menos disectada por los procesos erosivos. En el sector W de la hoja, el relieve es sumamente chato, conformando una planicie de acumulación loésica, de drenaje desordenado, que se sobrepone a la morfología preexistente. Los depósitos loésicos ahogan el relieve, cubriendo toda la extensión de la planicie. Por ello, se considera que ésta es un rasgo construccional generado por la depositación de la Fm. Las Animas.

En el transcurso de los trabajos de campo, fueron hallados algunos restos óseos, cuya determinación fue realiza-

da por personal de la División Paleontología Vertebrados, de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo, de La Plata. En la localidad 26 fueron hallados fragmentos del cráneo de un mamífero herbívoro, dentro de los sedimentos de la Fm. Vela, inmediatamente por debajo del manto de tosca. El ejemplar pertenece al género Doedicurus, familia Glyptodontidae. Ha sido citado con dudas para el "Puelchense", apareciendo con seguridad en las Formaciones Miramar y Ensenada, edad-mamífero Ensenadense, y Fm. Luján, edad-mamífero Lujanense, en el sentido de Pascual et al. (1965). El presente ejemplar fue asignado a la edad-mamífero Ensenadense, por sus dimensiones y características morfológicas. En la localidad 75 se hallaron diversos restos fragmentarios y huesecillos dérmicos de Mylodon sp. y un astrágalo de Machrauchenia sp., en sedimentos de la Fm. Las Animas. Los fósiles mencionados se ubican en la edad-mamífero Lujanense (Pascual et al., op. cit., p. 191). En diversas localidades, fueron encontrados restos óseos de ganado vacuno y ovino en los niveles superiores de la Fm. Las Animas y en el Aluvio reciente. En base a los restos mencionados, puede confeccionarse en forma tentativa un cuadro estratigráfico de la secuencia cenozoica de la región en estudio.

UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	EADADES-MAMIFERO		UNIDADES GEOCRONOLOGICAS
	Aluvio		Reciente
Fm. Las Animas	Fm. Tandileofú	Lujanense	Pleistoceno superior
Fm. Vela		Ensenadense	Pleistoceno medio
Fm. Barker		?	Plioceno-Pleistoceno inf.?

CONCLUSIONES

1. El rasgo característico de la roca de base es su relieve de bloques. Estos bloques ascendieron a través de fallas regionales, que no pudieron datarse.

2. Dicho relieve fue modificado lentamente en condiciones subaéreas. En primer lugar se acumularon los sedimentos

de la Fm. Barker. Se trata de limos arcillosos, castaño rojizos, de génesis probablemente eólica.

3. A continuación, se forman los depósitos de la Fm. Vela. Son limos areno-arcillosos castaño claros, originados por la sedimentación eólica, pero con indicios importantes de acción hídrica encauzada.

4. Ambas entidades mencionadas presentan desarrollo local de niveles psefíticos propios de zonas pedemontanas. Donde aparecen ambos, están superpuestos en sucesión normal.

5. El área estudiada presenta la peculiaridad de poseer un nivel de piedemonte, que está siendo disectado en la actualidad. Sus remanentes se encuentran a una cota aproximada de 250 m.s.n.m.

6. Se reconocen dos generaciones de tosca. La primera se presenta como concreciones nodulares y se desarrolla sólo en la Fm. Barker. La segunda constituye un manto regional de tosca de tipo estratiforme, desarrollado preferentemente en los niveles superiores de la Fm. Vela. En algunos casos, se desarrolla indistintamente en la Fm. Barker o sobre la roca de base.

7. En discordancia erosiva sobre el manto de tosca regional, tiene lugar la depositación del loess de la Fm. Las Animas. El aporte eólico es fundamental, en un ambiente de estepa herbácea probablemente similar al actual. Su sedimentación continúa sobre las divisorias, hasta nuestros días.

8. En forma coetánea, posiblemente, a los depósitos basales de la Fm. Las Animas, se generan los depósitos fluviales de la Fm. Tandileofú, por lo menos en el valle del arroyo homónimo. Comienzan con arenas gruesas que hacia arriba pasan a limos arcillosos, de ambientes posiblemente playos y reductores.

9. Posteriormente, continúa la sedimentación fluvial, dando lugar a la formación del Aluvio reciente, integrado por limos grises, más o menos arenosos.

10. Mineralógicamente, se observa que sólo el vidrio volcánico y la relación montmorillonita-illita pueden ser utilizados como indicadores estratigráficos. La Fm. Barker es rica en montmorillonita, pobre en illita y practicamente ca-

rece de vidrio volcánico, predominando el vidrio castaño sobre el incoloro. La Fm. Vela, por el contrario, es rica en illita, pobre en montmorillonita y el vidrio volcánico es un componente muy importante, siendo las trizas incoloras mucho más abundantes que las castañas. Las Fms. Las Animas y Tandileofú muestran vidrio volcánico muy abundante, escasez de vidrio castaño y la relación montmorillonita-illita es variable.

11. No se han observado indicios de variaciones climáticas de importancia en la región, en el lapso comprendido durante la depositación de las unidades descritas. Algunas características indicarían la existencia de un período más húmedo que el actual durante la sedimentación de la Fm. Barker. No fueron hallados rasgos que señalen condiciones de extrema aridez durante la génesis de la Fm. Las Animas.

12. La secuencia estratigráfica presentada abarca quizás gran parte del Pleistoceno y posiblemente, el Plioceno superior.

OBRAS CITADAS

1. Borrello, A. V., Cingolani, C. A. y Méndez, E. J., (1969).- Bosquejo geotectónico del territorio bonaerense y zonas adyacentes. Actas IV Jorn. Geol. Arg., I, 91-97.
2. Burgos y Vidal, (1951).- Las regiones climáticas de la República Argentina. Rev. Meteoros, 1.
3. Folk, R. L. and Ward, W. C., (1957).- Brazos River Bar; a study in the significance of grain size parameters. Jour. Sed. Petrol., XXVII, 1, 3-26.
4. González Bonorino, F., Zardini, R., Figueroa, M., y Limousin, T. (1956).- Estudio Geológico de las Sierras de Olavarría y Azul. LEMIT, Serie II, nº 55, La Plata.
5. González Bonorino, F. (1965).- Mineralogía de las fracciones arcilla y limo del Pampeano en el área de la ciudad de Buenos Aires y su significado estratigráfico y sedimentológico. Rev. Asoc. Geol. Arg., XX, 1, 67-150.
6. González Bonorino, F. y Teruggi, M. (1965).- Léxico sedimentológico. Centro de Estudiantes de Ciencias Naturales, Serie Geología, nº 2, Buenos Aires.

7. Johns, W. D., Grimm, R. E. and Bradley, W. F. (1954).- Quantitative estimation of clay minerals by diffraction methods. Jour. Sed. Petrol., XXIV, 4.
8. Pascual, R., Ortega Hinojosa, E., Gondar, D. y Tonni, E. (1965).- Las edades del cenozoico mamalífero de la Argentina, con especial atención a aquellas del territorio bonaerense. Anales C.I.C., VI, 165-193, La Plata.
9. Tapia, A. (1937).- Las Cavernas de Ojo de Agua y Las Hachas. Boletín nº 43, Dirección de Minas y Geología, Bs. Aires.
10. Teruggi, M. E. (1957).- The nature and origin of Argentine loess. Journ. Sed. Petrol., XXVII, 3, 322-332.
11. Teruggi, M. E., Mauriño, V., Limousin, T. y Schauer, O. (1958).- Geología de las Sierras de Tandil. Rev. Asoc. Geol. Arg., XIII, 3, 185-204.
12. Teruggi, M. E. (1960).- Geología de las Sierras de Balcarce. LEMIT, La Plata (inédito).
13. Teruggi, M. E., Mauriño, V. y Limousin, T. (1960).- Geología de la porción oriental de las Sierras de Tandil. Actas, Ias. Jorn. Geol. Arg., II, 359-373.
14. Teruggi, M. E. (1968).- Geología y sedimentología de las cuevas de la cuchilla de Las Aguilas. ETNIA, nº 7, artículo 31, Olavarría.
15. Thornbury, W. D. (1960).- Principios de geomorfología. Editorial Kapelusz, Buenos Aires.
16. Villar Fabre, J. (1957).- Descripción geológica de la hoja 32 q, Sierras de Tandil. Boletín nº 86, Dir. Nac. Geol. Min., Buenos Aires.

APENDICE
TABLAS DE RESULTADOS

TABLA 1.- PORCENTAJES EN PESO RETENIDOS EN CADA FRACCION

Grados phi	Número de muestra											33
	51 A	51 B	51 C	55 A	26 C	26 A	73 A	45 A	68 A	68 B	37 C	
FM. BARKER:												
- 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 1/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0,3	-	0,1	0,9	2,0	0,6	0,1	0,1	0,1	-	-	0,7
2,5	0,2	-	0,1	0,5	0,3	0,3	0,2	0,1	0,2	-	-	0,6
3	1,4	0,3	0,3	0,8	0,9	1,7	1,8	0,5	1,3	0,1	-	1,2
3,5	2,6	1,9	1,6	1,1	1,8	3,8	1,7	1,5	1,7	1,0	-	3,0
4	11,3	11,4	12,9	14,0	8,8	14,3	6,8	10,7	15,7	11,7	-	8,6
4,5	29,0	37,7	30,6	29,6	22,3	22,4	22,4	24,4	25,0	28,4	-	32,0
5	15,2	17,8	13,8	15,2	8,9	14,1	20,2	17,6	12,5	7,4	-	15,4
6	11,0	7,4	8,4	11,7	7,8	8,1	7,9	9,1	6,4	9,7	-	12,3
7	6,1	6,3	8,9	6,7	11,8	8,7	10,7	10,1	6,6	9,0	-	9,5
8	7,7	4,8	4,8	6,9	7,1	9,3	4,1	4,6	7,0	9,4	-	7,8
9	3,2	1,8	6,8	3,6	5,9	0,9	4,3	5,4	5,2	7,1	-	3,1
10	6,6	3,5	3,5	3,9	8,9	4,5	3,3	3,7	5,3	4,8	-	3,5
11	5,0	7,0	8,0	4,5	13,4	10,3	14,2	11,8	12,7	10,6	-	2,0
Total	99,6	99,9	99,8	99,4	99,6	99,0	97,7	99,6	99,7	99,2	-	99,2
FM. VELA:												
1	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-
1,5	-	-	-	-	-	-	-	0,8	-	-	-	-
2	0,3	0,5	1,0	0,2	0,1	4,3	8,0	0,1	-	-	-	0,1
2,5	2,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	2,4	0,1	-	0,2	-	0,2

Grados phi	Número de muestra											47
	41 B	55 B	37 A	45 B	45 C	63 A	63 B	61 E	41 A	50 A	37 C	
FM. BARKER:												
- 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 1/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0,3	0,5	1,0	0,2	0,1	4,3	8,0	0,1	-	-	-	0,1
2,5	2,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	2,4	0,1	-	0,2	-	0,2
FM. VELA:												
1	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-
1,5	-	-	-	-	-	-	-	0,8	-	-	-	-
2	0,3	0,5	1,0	0,2	0,1	4,3	8,0	0,1	-	-	-	0,1
2,5	2,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	2,4	0,1	-	0,2	-	0,2

Grados phi	50	25	18 A	15 B	12	61 A	61 B	67 A	61 C	67 B	61 D	67 C
5	1,2	0,7	2,0	0,7	1,4	0,7	9,1	0,1	0,2	0,5	1,0	
7,5	5,6	4,1	10,6	4,4	5,4	2,7	6,9	8,2	2,1	6,5	11,1	
6	20,5	23,0	22,1	25,6	26,5	18,9	17,1	43,2	26,2	37,5	57,0	
4,5	28,4	35,6	23,1	27,9	24,4	29,3	24,6	15,3	51,7	42,7	14,1	
5	10,2	7,2	8,5	9,0	8,1	10,3	9,0	4,8	6,9	1,8	1,8	
6	9,5	6,9	2,1	4,7	5,5	4,0	4,4	3,0	2,5	1,1	0,7	
7	5,8	3,8	9,5	5,5	4,0	4,6	6,1	1,5	3,0	0,2	2,1	
8	7,7	6,6	5,7	4,4	3,5	3,5	0,4	5,8	0,8	1,6	3,2	
9	6,1	1,4	1,7	3,8	4,6	3,5	1,6	7,9	1,1	0,5	1,5	
10	5,6	4,0	4,2	5,2	7,9	4,9	3,0	0,9	2,5	2,5	1,0	
11	4,6	5,6	8,9	9,5	4,6	13,2	6,9	11,0	2,7	5,0	3,5	
Total	99,2	99,5	99,6	98,8	94,1	99,8	99,5	99,0	99,5	99,7	99,1	

FM. TANDILEOFU:

Grados phi	50	25	18 A	15 B	12	61 A	61 B	67 A	61 C	67 B	61 D	67 C
- 1	-	-	-	-	-	9,0	-	-	-	-	-	-
- 1 2	-	-	-	-	-	4,6	-	-	-	-	-	-
0	-	-	0,1	0,1	3,8	4,1	-	-	0,1	-	-	-
1 2	-	-	-	0,1	0,7	8,0	-	-	0,1	-	-	-
1	-	-	-	0,1	0,4	5,2	-	-	0,1	-	-	-
1,5	-	-	0,8	0,1	0,5	10,2	-	-	0,1	-	-	-
2	-	0,6	0,2	0,1	0,7	3,7	5,0	10,4	0,1	1,4	1,5	0,5
2,5	0,1	0,1	0,2	0,1	0,4	1,5	0,7	1,4	0,5	0,5	0,1	0,2
3	0,7	0,6	0,8	0,8	1,8	3,1	2,0	3,5	0,4	1,6	0,5	0,1
3,5	4,1	4,6	4,9	6,8	3,9	9,6	1,7	6,5	4,0	6,4	1,8	4,2
4	23,0	22,5	29,7	33,9	29,0	29,1	32,0	29,7	48,1	33,2	14,9	25,1
4,5	35,6	31,1	21,5	15,9	21,1	5,9	34,8	21,7	25,3	28,5	23,6	19,1
5	7,2	12,5	2,8	4,0	4,5	0,2	6,0	7,1	5,0	3,0	10,5	4,4
6	6,9	6,6	1,9	5,5	1,5	0,4	1,3	2,8	2,2	3,4	4,6	5,9
7	3,8	4,6	7,5	0,7	6,8	1,2	4,1	4,8	1,0	3,1	4,5	6,0
8	6,6	2,5	0,8	2,9	2,4	3,5	0,1	0,4	3,6	3,8	9,5	2,0
9	1,4	1,5	5,8	0,9	4,2	-	2,0	0,9	2,2	2,0	2,4	7,5
10	4,0	5,0	5,5	3,5	2,2	-	2,4	2,2	6,6	3,1	7,6	4,0
11	5,6	7,8	16,6	21,5	15,9	-	7,6	7,6	-	8,9	19,1	20,0
Total	99,5	99,8	98,5	96,8	99,2	99,5	99,7	98,8	99,2	98,7	100,0	99,8

TABLA 2
CONTENIDO DE ARENA, LIMÓ Y ARCILLA

Número de muestra y unidad litoestratigráfica	Areña	Limo	Arcilla	Clasificación
<u>Formación Barker:</u>				
1. 51 A	15,8	61,3	22,5	Limo arcillo-arenoso
2. 51 B	13,5	69,2	17,3	id.
3. 51 C	15,2	61,7	23,1	id.
4. 55 A	17,3	63,2	18,9	id.
5. 26 C	14,7	50,5	34,8	Limo arcilloso
6. 26 A	20,7	53,3	26,0	Limo arcillo-arenoso
7. 73 A	10,8	62,6	26,6	Limo arcilloso
8. 45 A	12,9	61,5	25,6	Limo arcillo-arenoso
9. 68 A	19,1	50,6	30,3	id.
10. 68 B (tosca)	12,9	54,9	32,2	Limo arcilloso
11. 33	19,2	63,0	17,2	Limo arcillo-arenoso
12. 37 C	14,1	69,2	16,4	id.
<u>Formación Vela:</u>				
1. 41 B	27,5	53,7	18,0	Limo arcillo arenoso
2. 55 B	28,4	53,5	17,6	id.
3. 37 A	36,0	43,4	20,6	Limo-arena arcillosa
4. 45 B	31,4	47,6	21,0	Limo arcillo-arenoso
5. 45 C	35,6	42,5	21,9	Limo arena
6. 63 A	26,8	48,3	24,9	Limo arcillo-arenoso
7. 63 B (tosca)	43,7	44,2	12,1	Limo arena
8. 61 E	52,7	24,7	22,6	Arena limo-arcillosa
9. 41 A	28,5	63,9	7,1	Limo arenoso
10. 47	70,3	18,7	11,0	Arena limo-arcillosa
11. 50 A	44,7	45,8	9,2	Limo arena
<u>Formación Las Animas:</u>				
1. 56	26,8	52,2	20,6	Limo arcillo-arenoso
2. 25	28,2	54,8	16,8	id.
3. 18 A	37,2	33,8	29,0	Limo-arena arcillosa
4. 15 B	45,5	24,7	29,8	Arena limo-arcillosa
5. 12	41,5	33,7	24,8	Limo- arena arcillosa
<u>Formación Tandileofú:</u>				
a) Miembro inferior				
1. 61 A	88,7	7,7	3,6	Arena
2. 61 B	41,6	46,2	12,2	Limo-arena
3. 67 A	51,9	36,8	11,3	Arena limosa
4. 61 C	54,0	33,5	12,5	id.
5. 67 B	43,7	38,3	18,0	Limo-arena
b) Miembro superior				
1. 61 D	18,6	42,9	38,5	Limo-arcilla arenosa
2. 67 C	28,7	35,7	35,6	id.

TABLA 5

PARAMETROS ESTADISTICOS

Número de muestra y unidad litoestratigráfica	Mz	ST	SK	KG
<u>Formación Barker:</u>				
1. 51 A	5,51	2,00	0,67	1,10
2. 51 B	5,26	1,79	0,74	1,68
3. 51 C	5,68	2,11	0,70	1,05
4. 55 A	5,36	1,87	0,66	1,27
5. 26 C	5,98	2,52	0,44	0,72
6. 26 A	5,87	2,49	0,61	0,98
7. 73 A	6,16	2,41	0,69	0,97
8. 45 A	5,92	2,24	0,69	0,98
9. 68 A	6,04	2,45	0,70	0,78
10. 68 B (tosca)	6,06	2,25	0,59	0,77
11. 33	5,26	1,89	0,72	1,77
12. 37 C	5,30	1,71	0,60	1,51
<u>Formación Vela:</u>				
1. 41 B	5,19	2,02	0,69	1,43
2. 55 B	5,10	1,88	0,81	1,87
3. 37 A	5,16	2,16	0,70	1,05
4. 45 B	5,47	2,22	0,80	1,19
5. 45 C	5,38	2,22	0,77	1,27
6. 63 A	5,01	2,57	0,73	1,03
7. 63 B (tosca)	4,44	2,26	0,83	2,52
8. 61 E	5,26	2,26	0,70	1,63
9. 47	3,93	1,26	0,58	5,45
10. 41 A	4,25	1,12	0,40	5,70
11. 50 A	4,03	1,17	0,40	6,12
<u>Formación Las Animas:</u>				
1. 56	5,37	2,06	0,80	1,46
2. 25	5,13	1,89	0,71	1,86
3. 18 A	6,00	2,73	0,77	0,64
4. 15 B	6,01	2,78	0,82	0,55
5. 12	5,96	3,04	0,62	1,12
<u>Formación Tandileofú:</u>				
a) Miembro inferior				
1. 61 A	2,17	2,10	- 0,50	1,13
2. 61 B	4,61	2,01	0,25	4,92
3. 67 A	4,30	2,31	0,24	6,81
4. 61 C	4,25	1,22	0,78	6,30
5. 67 B	5,11	2,18	0,78	3,63
b) Miembro superior				
1. 61 D	6,55	2,93	0,62	0,66
2. 67 C	6,50	3,26	0,74	0,74

TABLA 4
DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LOS CLASTOS EN LA FRACCION ARENA

Número de muestra	Tamiz	N Total	Qz %	Alc %	Plg %	L %	Vi %	Vc %	Op %	P %
73 A	80	159	52,0	1,0	3,0	40,0	-	-	3,0	1,0
26 A	60/120	300	1,5	0,5	3,5	91,5	0,5	-	2,5	-
45 A	60/120	301	11,0	5,0	2,0	76,5	3,0	1,0	0,5	1,0
51 C	60/120	200	29,0	2,0	7,0	43,0	10,0	3,0	6,0	-
68 A	60/120	200	6,5	1,0	2,5	83,0	1,5	-	5,5	-
68 B	60/120	139	15,5	8,0	8,0	30,5	6,0	11,0	18,0	3,0
69	60/120	200	7,5	5,5	3,5	75,0	-	-	1,5	7,0
26 C	120	217	5,0	0,5	4,5	75,0	4,0	10,0	0,5	-
73 A	120	300	56,0	1,0	2,0	37,0	0,5	1,0	2,0	0,5
51 A	120/230	300	5,5	2,5	9,5	78,0	1,5	1,0	1,5	0,5
51 B	120/230	216	9,0	1,0	16,0	70,0	1,0	0,5	2,0	0,5
26 A	170	224	6,0	1,0	5,0	84,0	-	-	3,0	1,0
26 C	170	329	5,0	3,0	6,0	76,5	1,5	1,5	5,0	1,5
45 A	170	337	13,5	5,5	7,0	67,5	3,0	0,5	2,0	1,0
51 C	170	307	15,0	6,0	12,0	52,0	10,0	1,0	3,0	1,0
68 A	170	200	12,0	2,5	12,5	65,5	5,0	0,5	2,0	-
68 B	170	202	20,5	8,5	17,0	49,0	2,0	2,0	0,5	0,5
69	170	209	9,0	6,0	8,0	67,0	0,5	-	1,5	8,0
73 A	170	610	30,0	3,0	7,0	55,0	1,0	0,5	3,0	0,5
26 A	230	202	10,5	1,5	15,0	67,5	-	-	3,0	2,5
37 C	230	300	8,5	2,5	14,5	61,0	10,0	1,0	1,0	1,5
45 A	230	401	17,5	5,0	12,5	58,5	4,0	-	2,0	0,5
51 C	230	330	13,0	5,5	24,0	47,0	6,0	1,5	2,5	0,5
68 A	230	352	13,0	5,0	13,0	63,0	1,5	-	2,0	2,5
68 B	230	330	20,0	8,5	22,0	45,0	-	0,5	1,5	2,5
69	230	200	5,5	6,5	7,5	72,5	-	-	2,5	3,5

FORMACION BARKER:

FORMACION VELA:

37 A	60/120	304	5,5	0,5	2,5	69,5	18,5	2,0	1,0	0,5
41 B	60/120	201	13,0	4,5	4,5	35,0	41,5	1,0	-	0,5
45 B	60/120	220	5,5	0,5	3,5	11,0	77,0	1,5	0,5	0,5
47	60/120	325	6,5	4,5	5,5	15,0	63,0	2,5	2,5	0,5
50 A	60/120	312	7,5	3,0	6,0	12,0	68,0	1,5	1,0	1,0
55 B	60/120	300	9,5	1,0	6,0	29,0	48,0	5,5	0,5	0,5
61 E	120	302	14,0	4,0	5,0	16,0	56,0	4,0	-	1,0
41 A	120	300	4,0	1,5	4,0	4,5	80,0	4,0	0,5	1,5
41 A	170	325	6,0	2,5	8,5	22,5	53,0	1,0	5,0	1,0
41 B	170	300	5,5	2,5	6,0	50,0	34,5	0,5	1,0	-
45 B	170	316	8,0	5,0	9,5	38,0	36,0	1,0	2,0	0,5
45 C	170	200	5,5	7,0	11,5	31,5	38,0	3,5	2,0	1,0
47	170	313	11,0	3,0	19,0	37,0	28,0	0,5	1,0	0,5
50 A	170	309	10,0	4,5	14,0	27,5	40,5	1,0	1,5	1,0
55 B	170	317	11,0	5,0	10,0	32,0	38,0	2,0	2,0	-
61 E	170	510	14,0	4,0	9,0	29,0	39,0	2,0	2,5	0,5
65 A	170	341	17,0	5,0	13,0	35,0	22,0	0,5	5,0	2,5
37 A	170	300	10,5	2,0	17,5	51,5	14,5	0,5	1,5	2,0
37 A	230	300	8,5	2,5	14,5	61,0	10,0	1,0	1,0	1,5
41 A	230	300	9,5	2,5	15,0	38,5	24,0	0,5	9,0	1,5
41 B	230	308	6,0	4,5	16,5	44,0	24,0	0,5	3,0	1,5
45 B	230	319	11,0	7,0	12,0	47,5	16,0	0,5	3,0	3,0
50 A	230	200	13,0	7,0	19,5	35,5	20,0	0,5	3,5	1,0
55 B	230	313	10,0	8,0	14,5	40,0	23,5	1,0	1,0	2,0
61 E	230	301	13,0	7,0	18,0	38,0	19,0	0,5	2,5	2,5
65 A	230	422	17,0	5,0	13,0	35,0	22,0	0,5	5,0	2,5
47	230	300	13,0	3,5	13,5	45,0	17,0	-	4,0	4,0

TABLA 4 (cont)
DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LOS CLASTOS EN LA FRACCION ARENA

Número de muestra	Tamiz	N Total	Qz %	Alc. %	Pig %	L %	Vi %	Vc %	Op %	P %
25	60/120	301	5,5	1,5	2,5	11,5	75,5	2,5	-	1,0
56	60/120	200	7,0	3,0	4,5	7,5	75,0	2,0	-	1,0
12	120	200	19,0	6,0	13,0	15,0	35,0	-	10,0	2,0
15 B	120	410	6,5	2,0	3,5	9,0	77,0	0,5	1,0	0,5
18 A	120	200	15,0	9,0	14,0	33,0	27,0	-	2,0	4,0
12	170	204	10,0	4,5	4,5	19,0	60,0	1,0	0,5	0,5
15 B	170	200	14,0	4,0	7,5	17,5	57,0	-	-	-
18 A	170	408	8,0	11,0	16,0	18,0	45,0	1,0	1,0	1,0
25	170	303	11,5	3,0	11,5	22,5	48,5	1,0	-	2,0
56	170	214	6,0	3,0	6,5	18,0	64,5	1,0	1,0	-
15 B	230	401	15,0	6,0	15,0	29,0	29,0	0,5	2,0	2,5
18 A	230	301	16,0	2,5	12,0	36,0	26,0	3,0	2,0	1,0
25	230	311	13,0	5,0	13,0	35,5	30,0	-	1,5	2,0
56	230	200	8,0	5,5	9,0	20,5	54,0	1,5	-	1,5

FORMACION LAS ANIMAS:

FORMACION TANDILEOFU:

61 A	10	100	30,0	25,0	10,0	35,0	-	-	-
61 A	14	124	38,5	11,5	5,0	45,0	-	-	-
61 A	18	61	52,0	18,0	6,0	19,0	-	5,0	-
61 A	25	154	68,0	5,0	1,0	25,0	-	2,0	-
61 A	120	506	13,0	8,0	6,0	43,0	24,0	1,0	2,5
61 C	120	301	11,0	4,5	13,0	29,0	37,0	0,5	2,5
61 A	170	305	14,0	11,0	15,0	40,0	16,0	0,3	0,7
61 C	170	208	15,0	6,0	13,0	25,0	38,0	2,0	0,5
61 D	170	300	11,0	7,0	10,0	29,0	38,0	1,0	3,0
67 C	170	415	17,0	6,5	5,5	54,0	35,5	0,5	0,5
61 A	230	306	15,0	5,0	15,0	39,0	22,0	0,5	0,5

Referencias

N total	Número total de clastos determinados
Qz	Cuarzo y clastos líticos de cuarcitas de grano fino
Alc	Feldespatos potásicos y sódicos de índices de refracción menores a 1,540
Plg	Plagioclasas
L	Clastos líticos de rocas volcánicas y metamórficas
Vi	Vitroclastos incoloros (trizas)
Vc	Vitroclastos coloreados
Op	Minerales opacos
P	Otros minerales pesados, i.e. hornblenda, piroxenos, zircón, apatita, gra- nates, biotita, epidoto, etc.

TABLA 5

MINERALES DE LAS ARCILLAS

Núm. de muestra y unidad litoestratigráfica	Montmorillonita	Illita	Caolinita
Formación Barker:			
1. 73 A	85	10	5
2. 26 C	80	20	-
3. 26 A	70	30	-
4. 45 A	50	50	-
5. 68 A	50	25	25
6. 68 B (tosca)	70	15	15
7. 69	75	25	-
8. 33	50	50	-
9. 51 A	60	30	10
10. 51 B	65	35	-
11. 37 C	60	40	-
Formación Vela:			
1. 63 A	60	40	10
2. 63 B (tosca)	20	40	40
3. 61 E	20	70	10
4. 47	40	60	-
5. 45 B	45	45	10
6. 45 A	40	60	10
7. 17 A	35	65	-
8. 17 B	30	70	-
9. 41 A	40	60	-
10. 41 B	25	60	15
11. 55 B	55	50	15
12. 48 B	40	50	10
13. 15 A	45	45	10
Formación Las Animas:			
1. 21	80	15	5
2. 18 A	60	35	5
3. 15 B	45	45	10
4. 12	35	60	5
5. 25	20	55	25
Formación Tandileofú:			
Miembro superior			
1. 61 D	50	40	10
2. 67 C	70	20	10
Miembro inferior			
1. 61 A	30	60	10
2. 61 B	50	50	-
3. 67 A	70	30	-
4. 61 C	65	25	10
5. 67 B	45	50	5

APLICACION DE METODOS DE DETERMINACION
DE RETENCION DE CREOSOTA EN POSTES DE
EUCALIPTUS IMPREGNADOS EN AUTOCLAVE

Dr. Leopoldo Becka *

Dr. Luis A. Borlando **

Tco. Quím. Daniel Arcelús **

- * Investigación y Desarrollo de SEGBA.
- ** Laboratorio de Ensayo de Materiales e Investigaciones Tecnológicas de la Provincia de Buenos Aires (LEMIT).

1. INTRODUCCION

La durabilidad de los postes usados para el tendido de líneas aéreas de energía y telecomunicaciones es función de la calidad y cantidad de preservador que haya retenido la parte afectada por hongos e insectos durante el proceso de impregnación. Las especificaciones que se formulan están basadas en ensayos de campo, ensayos toxicológicos en laboratorio y observaciones sobre estacas impregnadas colocadas en parcelas. Según los trabajos de H.L. Stasse (1) y de R.H. Colley (2), los postes de pino del sur utilizado en EE UU, requieren una retención de por lo menos 190 Kg de creosota por metro cúbico de albura en los 1,25 cm exteriores y por lo menos 120 kg/m³ entre los 1,25 y los 5 cm. Para postes de eucaliptus, la norma australiana (3) especifica una retención promedio mínima de 190 kg de creosota por metro cúbico de albura para cada carga de postes tratados en autoclave y una retención mínima de 127 kg/m³ de albura por cada poste; la norma sudafricana (4) especifica una retención mínima de 80 kg/m³ de madera total; la norma IRAM requiere una retención promedio por carga de 100 kg/m³ de madera total. Las normas ASTM (5), AWP (6), australiana y sudafricana admiten indistintamente el control de cumplimiento de estos requerimientos por pesada de los postes en la planta, por medida de creosota usada para la impregnación o por ensayo en laboratorio sobre muestras de madera impregnada. La norma Federal TT-W-57 del Gobierno de los EE.UU.(7) sólo admite el control por ensayo de laboratorio (8). La norma base para el método de ensayo en laboratorio es la ASTM. La precisión y exactitud de este método aplicado a postes de eucaliptus han sido evaluadas en el LEMIT y los resultados de dicho estudio informados en otro trabajo (9). Debido a las características de los diferentes métodos de determinación de retención de creosota y a la variación de retenciones de los postes de cada partida es necesario comparar los resultados obtenibles por cada uno de dichos métodos y evaluar la dispersión de resultados para poder formular una norma adecuada. Además, estos resultados permitirán extraer conclusiones sobre las características de la impregnación en cuanto a distribución de retenciones en una carga en función de la especie y del proceso de impregnación.

Este estudio consiste en la determinación de los siguientes parámetros:

R_p retención en kg/m^3 de albura, determinada por pesada;

R'_p retención en kg/m^3 de madera, determinada por pesada;

$R_{t/a}$ retención en kg/m^3 en 2 cm externos de albura, determinada por ensayo según el método ASTM D1860;

S^2 , S^2_ϵ , y S^2_ψ variancia total, por método experimental, y por variación intrínseca de valores reales, respectivamente, de cada uno de los anteriores;

esp espesores de albura;

ptn penetración de creosota;

para postes de e. viminalis y e. saligna impregnadas en las empresas IMPRECO y LIMSA respectivamente.

El trabajo experimental fue realizado en el LEMIT. En el Apéndice I se discuten los métodos de estimación de retención y sus errores y en el Apéndice II se dan los detalles de la impregnación y del método de ensayo.

2. RESULTADOS

En la tabla I a) se informan los valores correspondientes a la impregnación y a los ensayos de e. saligna y en la tabla I b) los correspondientes a e. viminalis.

Sobre las probetas obtenidas de postes de e. saligna a los 10 días de la impregnación no se realizaron ensayos mediante tarugos. Los ensayos mediante tarugos de las probetas extraídas a los 30 días de la impregnación de los postes de e. saligna se realizaron tres meses después de la ejecución de los ensayos mediante astillas. En todos los demás casos, ambos ensayos se realizaron simultáneamente.

Los valores que se informan son:

R_{p-1} y R'_{p-1} retención por pesada inmediatamente después de la impregnación (LIMSA) y por pesada a las 20 h de la impregnación (IMPRECO).

R_{p-2} y R'_{p-2} retención por pesada antes de la extracción de muestra para ensayo (ver Apéndice II).

R_t y R_a retención por metro cúbico de albura ensayada con muestra tomada de tarugos y de astillas, respectivamente. Los valores tabulados bajo la columna R_a son los valores experimentales menos una constante igual a 16 % del valor medio de dichos valores (ver ref. 9), con lo cuál son directamente comparables a los valores experimentales R_t .

Los supraíndices B, C y M significan que las muestras fueron tomadas a 1,50 m de la base, 1,50 m de la cima y en la parte media del poste, respectivamente.

Los índices 1 y 2 corresponden a lo definido anteriormente, y el índice 3 a los ensayos realizados a los 8 meses (LIMSA) o a los 7 meses (IMPRECO) de realizada la impregnación (ver Apéndice II).

esp espesor de albura determinado en las muestras correspondientes al índice 3.

ptn penetración de creosota, determinada en las muestras correspondientes al índice 3.

Las características del aceite de creosota utilizado en la impregnación de ambas especies de eucaliptus son las comunes del producto utilizado en nuestro medio y se ajustan a los requisitos de la Norma IRAM 9 512 y, salvo por una leve diferencia en el peso específico de la fracción 315-355°C, se ajustan también al standard P1-65 de AWWA (tabla 2).

3. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

3.1 Valores de retención

Las figuras 1a, 1b y 1c, presentan los valores de R'_{p-1} , R_{p-1} y $\langle R_t/a \rangle$ versus la penetración de creosota para los dos conjuntos de postes ensayados. Del análisis de estos gráficos se deduce que:

a) Hay una correlación significativa positiva entre los

TABLA 1 a

VALORES DE RETENCION DE CREOSOTA (µg/m³)

Postes de 8 m de la empresa LIMSA, e. saligna, impregnados el 31-7-72, con retención medida en tanque de 103 kg/m³ madera total; espesor medio de albura 2,5 cm; penetración de creosota 2,4 cm.

Nº	Esp. (cm)	ptn (cm)	R _{p-1} ¹	R _{p-2} ¹	R _{p-1}	R _{p-2}	R _{m-2} ^B	R _{m-2} ^C	R _{m-2} ^M	R _{a-2} ^B	R _{a-2} ^C	R _{a-2} ^M	R _{t-2} ^B	R _{t-2} ^C	R _{t-2} ^M	R _{a-3} ^B	R _{a-3} ^C	R _{a-3} ^M	R _{t-3} ^B	R _{t-3} ^C	R _{t-3} ^M	* <R> _{t/a}	σ %	N	ΣR	S ²	
1	3,0	2,6	135	113	248	208	155	160	191	-	-	-	191	157	196	175	12	6	1050	380							
2	2,8	2,8	145	124	245	210	96	98	93	111	92	106	83	-	-	97	10	7	679	86							
3	1,7	1,7	75	45	191	115	124	132	148	100	127	115	108	-	-	122	12	7	854	256							
4	2,2	2,0	105	68	217	141	126	157	148	146	174	132	128	-	-	144	12	7	1011	302							
5	2,8	2,6	125	103	215	177	154	162	147	-	-	-	175	-	-	159	7	4	638	144							
6	2,5	2,9	104	90	166	144	131	73	115	114	101	103	84	-	-	103	20	7	721	386							
7	2,8	2,5	92	45	202	99	58	77	85	85	84	80	81	61	90	78	15	9	701	123							
8	2,9	2,9	145	105	297	211	183	185	157	222	173	162	185	153	165	176	12	9	1585	443							
9	1,4	1,4	112	57	308	157	178	180	184	141	144	147	125	194	148	160	15	9	1441	576							
10	1,8	1,7	100	85	247	210	144	100	112	139	132	124	122	165	103	127	16	9	1141	433							
11	1,9	1,9	112	98	242	212	188	187	124	181	173	116	125	-	168	158	20	8	1262	943							
12	-	-	103	57	186	103	87	103	90	84	115	88	-	-	-	94	13	6	567	144							
13	2,7	2,5	103	63	175	107	117	124	103	117	129	116	121	-	-	118	7	7	827	66							
14	2,5	2,5	129	106	212	174	176	181	158	195	199	171	187	-	-	181	8	7	1267	202							
15	3,5	3,6	130	109	197	165	143	140	124	-	-	-	131	-	-	134	7	4	538	75							
16	3,0	2,5	108	73	226	153	109	116	85	138	108	127	155	-	-	120	20	7	838	517							
17	2,5	2,3	109	90	190	157	161	158	160	-	-	-	139	-	-	154	6	4	618	108							
18	2,4	2,2	96	73	196	149	93	102	90	-	-	-	113	-	-	99	10	4	398	107							
19	2,4	2,4	106	71	201	135	152	157	172	136	173	186	161	-	-	162	10	7	1137	266							
20	3,0	2,7	138	98	251	178	249	263	237	249	218	259	200	-	-	192	233	12	8	1867	728						
Media	2,5	2,4	114	84	220	160	141	143	136	143	143	135	131	146	152	140											
σ %	65	65	16	28	17	23	31	32	30	34	28	33	27	34	27	34	27										
N	19	19	20	20	20	20	20	20	20	15	15	15	19	5	7	20											
ΣR	47,8	45,7	2272	1673	4412	3205	2824	2855	2723	2158	2142	2032	2614	730	1062	2794											
S ²	2,8	2,6	348	548	1422	1403	1867	2095	1706	2354	1632	2040	1399	2515	1703	1416											
R _{min} /ΣR	100	56	58	65	54	75	62	41	51	62	59	59	59	41	59	56											

* Laboratorio IRAM

TABLA 1 b

VALORES DE RETENCION DE CREOSOTA (kg/m³)

Postes de 8 m de la firma IMPRECO, e. viminalis, impregnados el 12-9-72, con retención medida en tanque de 99 kg/m³ de madera total; espesor medio de albura 3,5 cm; penetración de creosota 3,1 cm

Poste n°	esp. (cm)	ptn. (cm)	R' p-1	R' p-2	R p-1	R p-2	R ^B a-2	R ^C a-2	R ^M a-2	R ^B t-2	R ^C t-2	R ^M t-2	R t-2	R t-3	$\langle R \rangle_{t/a}$	$\sigma \%$	N	ΣR	S ²
21	2,3	2,3	115	101	178	156	195	163	217	169	167	162	149	174	14	7	1222	542	
22	4,0	3,8	162	162	280	280	243	185	207	255	202	237	247	225	12	7	1576	718	
23	2,7	2,5	117	102	195	169	154	144	167	160	149	144	160	154	6	7	1078	78	
24	3,4	3,3	136	136	220	220	238	248	230	238	249	216	163	229	15	7	1602	1034	
25	-	-	110	110	203	203	209	186	143	149	148	194	-	171	16	6	1029	799	
26	3,7	2,8	135	135	271	271	265	197	222	254	213	212	271	233	13	7	1634	861	
27	2,8	2,5	137	121	246	215	193	213	225	213	202	219	203	210	5	7	1468	121	
28	4,7	3,7	165	158	242	231	225	231	220	247	211	207	155	214	14	7	1496	845	
29	3,3	3,1	146	117	192	178	197	187	191	186	200	232	170	194	10	7	1363	364	
30	3,4	3,3	142	119	244	239	236	220	193	239	235	224	199	221	8	7	1546	337	
31	4,4	3,8	152	149	267	263	229	164	197	217	185	214	263	210	15	7	1469	1024	
32	-	-	116	116	168	168	147	135	138	126	167	132	-	141	11	6	845	212	
Media	3,5	3,1	136	127	225	216	212,6	189	196	204	194	199	198	198					
$\sigma \%$	68	58	14	16	17	20	17	18	16	22	16	17	23	23	15				
N	10	10	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	10	10	12				
ΣR	34,7	31,1	1633	1526	2706	2593	2551	2273	2350	2453	2328	2393	1980	2376					
S ²	5,7	3,2	344	430	1449	1802	1399	1192	987	2015	1018	1201	2187	954					
$\frac{R_{min}}{\langle R \rangle}$	100	66	75	81	80	75	72	69	72	70	62	71	66	71	75				

valores de R'_{p-1} y la penetración, es decir, que a mayor espesor de albura se tiene mayor retención de creosota por metro cúbico de madera total.

b) No hay correlación significativa entre R_{p-1} y penetración, ni entre $\langle R_t/a \rangle$ y penetración.

El análisis de la distribución de valores de R'_p , R_p y R_t/a dados en las tablas 1a y 1b, indica que dichas distribuciones no son normales, sino más bien de tipo rectangular, con un valor mínimo del orden del 60 % de la media.

Los valores medios de R_t/a obtenidos por cada tipo de toma de muestra no difieren significativamente entre sí. Los valores medios obtenidos para cada conjunto de postes son:

$$\begin{aligned} \bar{R}_t \text{ (LIMSA)} & \quad 140 \text{ kg/m}^3, \text{ con } \sigma = 8 \text{ kg/m}^3 \\ \bar{R}_t \text{ (IMPRECO)} & \quad 200, \text{ con } \sigma = 9 \text{ kg/m}^3 \\ \bar{R}_{p-2} \text{ (LIMSA)} & \quad 160 \text{ kg/m}^3, \text{ con } \sigma = 8 \text{ kg/m}^3 \\ \bar{R}_{p-2} \text{ (IMPRECO)} & \quad 216, \text{ con } \sigma = 12 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Los valores de \bar{R}_{p-2} son menores que las retenciones reales porque las pérdidas de agua durante el estacionamiento fueron medidas como pérdida de creosota.

3.2 Análisis de variancias

Con los valores de la precisión de las pesadas del poste, y el error que estimamos se comete en el cálculo del volumen, podemos evaluar $\sigma_\epsilon(R'_p)$ %. Los valores numéricos de estos parámetros son, usando las fórmulas 6, 6' y 6" del Apéndice I:

$$\sigma \text{ (pesada)} \% \simeq \frac{1}{30} \cdot 100 = 3,3 \quad \sigma \text{ (volumen)} \% \simeq \frac{2}{60} \cdot 100 = 3,3$$

luego:

$$\sigma_\epsilon(R'_p) \% = \sqrt{2 \cdot (3,3)^2 + (3,3)^2} = 6$$

El valor de $\sigma_\epsilon(R_p)$ % lo estimamos usando las fórmulas 9, 10 y 11 del Apéndice I, con lo cual:

$$\begin{aligned} \sigma \text{ (V albura)} \% & \simeq \frac{0,4}{3} \cdot 100 = 13,3 \\ \sigma_\epsilon(R_p) \% & = \sqrt{2 \cdot (3,3)^2 + (13,3)^2} = 14 \end{aligned}$$

Los valores estimados de $\sigma(R_p) \%$ para los postes estudiados se dan en las tablas 1a) y 1b) en las casillas correspondientes a la fila $\sigma \%$ y a las columnas R_{p-1} y R'_{p-1} , respectivamente, siendo:

$$\sigma(R'_p) \% = 16 \quad \text{y} \quad \sigma(R_p) \% = 17 \quad \text{para los postes de LIMSA}$$

$$\sigma(R'_p) \% = 14 \quad \text{y} \quad \sigma(R_p) \% = 17 \quad \text{para los postes de IMPRECO}$$

En base a los valores estimados de $\sigma_\epsilon(R_p) \%$ y $\sigma_\epsilon(R'_p) \%$, se calcula $\sigma_\psi(R_p) \%$, $\sigma_\psi(R'_p) \%$, usando las fórmulas 6 y 9, siendo entonces:

$$\sigma_\psi(R'_p) \% = \sqrt{16^2 - 6^2} = 15 \quad \text{y} \quad \sigma_\psi(R_p) \% = \sqrt{17^2 - 14^2} = 9$$

para los postes de LIMSA

$$\sigma_\psi(R'_p) \% = \sqrt{14^2 - 6^2} = 13 \quad \text{y} \quad \sigma_\psi(R_p) \% = \sqrt{17^2 - 14^2} = 9$$

para los postes de IMPRECO

Agrupando ambos conjuntos, ya que sus variaciones son casi iguales, tendremos:

$$\sigma_\psi(R'_p) \% = 14$$

$$\sigma_\psi(R_p) \% = 9$$

$$\sigma(R'_p) \% = 15$$

$$\sigma(R_p) \% = 17$$

Los valores de desviación normal de los ensayos para cada poste son estimadores de la suma del error experimental del método de ensayo y de la variación de retenciones en diferentes zonas del mismo poste, es decir que los valores tabulados bajo las columnas $\sigma \%$ de las tablas 1a) y 1b) son estimadores de $\sigma_\epsilon(R_{t/a}) \%$.

Se verificó la homogeneidad de estas variancias aplicando el test de Bartlett (10). Hecha esta verificación se calcularon los valores de $S^2_\epsilon(R_{t/a})$ y de $\sigma_\epsilon(R_{t/a}) \%$, independientemente para los postes de LIMSA e IMPRECO. Los valores obtenidos son:

$$S^2_\epsilon(R_{t/a}) = 350 \quad \sigma_\epsilon(R_{t/a}) \% = 13$$

para 116 grados de libertad (LIMSA), y

TABLA 2
ANALISIS DEL ACEITE DE CREOSOTA UTILIZADO EN LA
IMPREGNACION DE LOS POSTES

	e. saligna	e. viminalis
Contenido de agua (% en peso).....	0,15	0,35
Peso específico relativo a 38. C/ 15 C.....	1,066	1,060
Materia insoluble en benceno.....	vestigios	vestigios
Curva de destilación (% en peso):		
hasta 210 C.....	1,6	1,0
hasta 235 C.....	8,0	7,2
hasta 270 C.....	25,9	25,2
hasta 355 C.....	72,9	70,5
Residuo de la destilación.....	26,3	29,1
Residuo de coque (% en peso).....	0,30	-
Acidos de alquitrán en la fracción 210 C-355 C (cm ³ /100 g).....	6,6	7,1
Peso específico de la fracción 235 C-315 C a 38 C/15 C.....	1,044	1,045
Peso específico de la fracción 315 C-355 C a 38 C/15 C.....	1,088	1,087

Nota: La muestra fue extraída del autoclave durante la impregnación. Los ensayos se realizaron según la norma IRAM 9512 con excepción del peso específico de las fracciones que se determinó según A.W.P.A., Al-71.

$S^2_{\epsilon}(R_{t/a}) = 580 \quad \sigma_{\epsilon}(R_{t/a}) \% = 12$
 para 70 grados de libertad (IMPREC0).

Dada la casi igualdad de los valores $\sigma_{\epsilon}(R_{t/a})$ % de los dos conjuntos, se agruparon ambos, y de esta manera se obtuvo que:

$$11 \% < \sigma_{\epsilon}(R_{t/a}) \% < 14 \% \quad \text{con } 99 \% \text{ de probabilidad}$$

Los valores tabulados en las filas "S²" y " σ %" son estimadores de la suma de las variancias por error experimental y por variación de retención, es decir de $S^2(R_{t/a})$ y $\sigma(R_{t/a})$ %, para las determinaciones por ensayo. También en este caso se verificó la homogeneidad de variancias para las distintas formas de toma de muestra y se estimaron valores de $S^2_{\psi}(R_{t/a})$ y $\sigma_{\psi}(R_{t/a})$ % para cada conjunto de postes, con el siguiente resultado:

$$S^2_{\psi}(R_{t/a}) = 1400 \quad \sigma_{\psi}(R_{t/a}) \% = 29 \quad \text{para } 19 \text{ grados de libertad (LIMSA)}$$

$$S^2_{\psi}(R_{t/a}) = 810 \quad \sigma_{\psi}(R_{t/a}) \% = 14 \quad \text{para } 11 \text{ grados de libertad (IMPREC0)}$$

El mayor valor de la variancia de los postes de LIMSA se puede atribuir a la variación adicional introducida en las retenciones por la desigual exudación, de magnitud importante, que han sufrido dichos postes inmediatamente después de impregnados. Esta suposición está avalada por el incremento importante en los valores de las variancias de las R_p y R'_p entre determinaciones hechas inmediatamente después de la impregnación y las hechas después de la exudación más manifiesta. Según se observa en la tabla 1a), $\sigma(R'_{p-1}) = 16$ % y $\sigma(R'_{p-2}) = 28$ %; $\sigma(R_{p-1}) = 17$ % y $\sigma(R_{p-2}) = 23$ %.

De manera que los valores de $S^2_{\psi}(R_{t/a})$ para una impregnación más adecuada, como la que se realizó en IMPREC0, estarían mejor representados por los resultados para estos últimos postes, es decir:

$$\sigma_{\psi}(R_{t/a}) = 14 \% \quad \text{para } 11 \text{ grados de libertad}$$

será un valor más realista para este parámetro. Dado que la distribución de retenciones no responde a la distribución "normal", no podemos dar un intervalo de confianza verdade-

ro para $S^2_{\psi}(R_{t/a})$ en base al valor obtenido en este estudio. Una estimación de $\sigma(R_{t/a})$ % estaría dada por:

$$\begin{aligned}\sigma(R_{t/a}) \% &= \sqrt{\sigma_t(R_{t/a}) \%^2 + \sigma_{\psi}(R_{t/a})^2 \%} = \\ &= \sqrt{(12,5)^2 + (14)^2} = 18 \%\end{aligned}$$

3.3 Valores y espesor de albura y penetración

Para los postes de la especie viminalis y saligna creosotados se han obtenido los valores siguientes:

	E. viminalis	E. saligna
Espesor medio de albura.....	3,5 cm, con $\sigma = 68$ %	2,5 cm, con $\sigma = 65$ %
Penetración media...	3,1 cm, con $\sigma = 58$ %	2,4 cm, con $\sigma = 65$ %
Espesor mínimo/espesor medio.....	0,66	0,56
Penetración mínima/penetración media..	0,75	0,58
Penetración media/espesor medio.....	~ 0,90	~ 0,95
(Vol.albura/Vol.madera total), promedio	0,59 con $\sigma = 55$ %	0,52 con $\sigma = 55$ %

Dados los altos valores de dispersión de espesores de albura, no se puede tener un valor confiable del espesor medio de una carga a partir de una muestra pequeña.

Además, dada esta variación, es dable esperar que la dispersión de valores de retención por metro cúbico de madera total sea mayor que la dispersión de valores de retención por metro cúbico de albura, tal como se ha verificado en este estudio.

4. CONCLUSIONES

4.1 No hay diferencias significativas entre las retenciones medias de diferentes zonas del poste comprendi-

das entre 1,5 m de la base y 1,5 m de la cima.

4.2 No hay diferencia significativa entre las retenciones medias obtenidas por ensayos realizados con intervalos de hasta siete meses entre sí.

4.3 Las retenciones obtenidas por ensayo de muestras de tarugos de 15 mm de diámetro y 2 cm de largo extraídos con mecha y por muestras de astillas tomadas de los 2 cm exteriores de albura, tienen igual variancia.

4.4 La desviación normal relativa de los valores de retención obtenidos por ensayo de un mismo poste, está comprendida entre 11 % y 14 %, con 99 % de probabilidad.

4.5 Los valores estimados de las desviaciones normales relativas de las retenciones reales, son:

para retenciones por m^3 de madera total, $\sigma_{\psi}(R'_p) \% = 14$, para 30 grados de libertad;

para retenciones por m^3 de albura, $\sigma_{\psi}(R_p) \% = 9$, para 30 grados de libertad;

para retenciones por m^3 de albura en los 2 cm exteriores, $\sigma_{\psi}(R_{t/a}) \% = 14$, para 11 grados de libertad.

4.6 Los valores estimados de desviaciones normales relativas de los valores de retención obtenidos experimentalmente son:

por pesada: $\sigma(R'_p) \% = 15$; $\sigma(R_p) \% = 17$, para 30 grados de libertad;

por ensayo: $\sigma(R_{t/a}) \% = \sigma(R) \% = 18$, para 11 grados de libertad.

4.7 Los valores de retención obtenidos por medida de tanque son menores que los obtenidos por pesada cuando no hay exudación excesiva.

$\bar{R}' = 103 \text{ kg}/m^3$; $\bar{R}'_{p-1} = 114$, para la carga impregnada en LIMSA; y

$\bar{R}' = 99 \text{ kg}/m^3$; $\bar{R}'_{p-1} = 136$, para la carga impregnada en IMPRECO.

4.8 El proceso de impregnación seguido en LIMSA produce una exudación excesiva de los postes, que lleva a una

reducción de $\sim 30 \text{ kg/m}^3$ en la retención, con lo cual la retención media para los postes, una vez cesada la exudación importante inicial, da:

$$\bar{R}_{p-2}^i = 84 \text{ kg/m}^3 \text{ de madera total; y}$$

$$\bar{R}_{p-2}' = 160 \text{ kg/m}^3 \text{ de albura.}$$

4.9 Las retenciones medias determinadas por ensayo de tarugos de los 2 cm externos de albura, son menores que las retenciones por m^3 de albura determinadas por pesada.

$$\bar{R}_{p-2} = 160 \text{ kg/m}^3; \bar{R}_t = 140 \text{ kg/m}^3; \bar{R}_t/\bar{R}_p = 0,88 \text{ para LIM-}$$

SA, y

$$\bar{R}_{p-2} = 216 \text{ kg/m}^3; \bar{R}_t = 200 \text{ kg/m}^3; \bar{R}_t/\bar{R}_p = 0,92 \text{ para IM-}$$

PRECO.

4.10 La penetración llega, en promedio, a un 90 % del espesor de la albura.

4.11 La carga de postes impregnados en IMPRECO cumple cualquiera de las normas de retención de creosota en eucaliptus que se mencionan en la introducción. La carga impregnada en LIMSA las cumpliría si no hubiese habido tan alto grado de exudación de creosota después de la impregnación.

4.12 La relación volumen albura/volumen total de los postes de la especie *e. viminalis* estudiados es $\sim 15 \%$ mayor que la de los postes de *e. saligna*. Por lo tanto, los postes de *e. viminalis* deberán tener valores de retención por madera total un 15 % mayores que los de *e. saligna*, para tener igual retención por metro cúbico de albura.

4.13 Las conclusiones antes mencionadas son coherentes y pueden servir de base para formular una norma de control de calidad de retención de creosota en postes de eucaliptus (9).

REFERENCIAS

1. Stasse, H. L.- Proc. AWPA, 62 (1966), 265-285.
2. Colley, R. H.- Proc. AWPA, 66 (1970), 1-20.

3. Norma SAA 364.
4. Norma SABS 753.
5. Norma ASTM 1760.
6. Norma AWWA, C4.
7. Federal Specification TT-W-571.
8. Norma ASTM D-1860.
9. Borlando, L. A. y Becka, L.- LEMIT-ANALES, 3-1973, 191/209,
(Serie II, N° 247).
10. Bartlett, M. S.- p.161 de Estadística Aplicada, B. Os-
tle. Limusa-Wiley, Ed., Mexico, 1965.

NOTA.- Este trabajo fué realizado por convenio entre Investigación y Desarrollo de SEGBA y el LEMIT. Los autores agradecen a los técnicos del LEMIT J. Di Gerónimo y M. L. Barraza su valiosa colaboración. Asimismo agradecen a la Industrial Maderera S. A. (LIMSA) de San Isidro, y a IMPRECO S.A. de Junín, la donación de postes y demás facilidades brindadas.

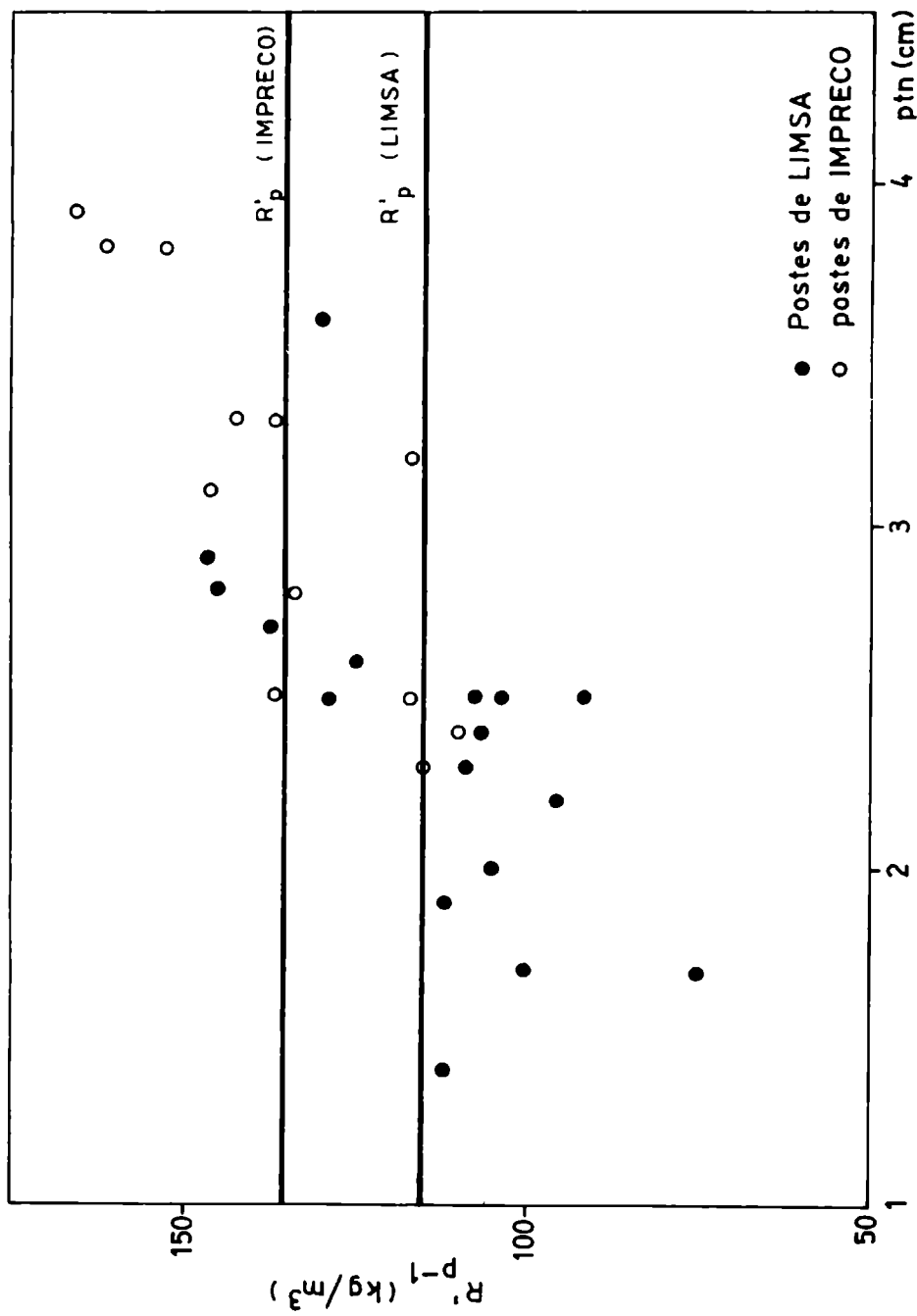


Fig. 1a.- Retención por metro cúbico de madera total v. penetración de creosota

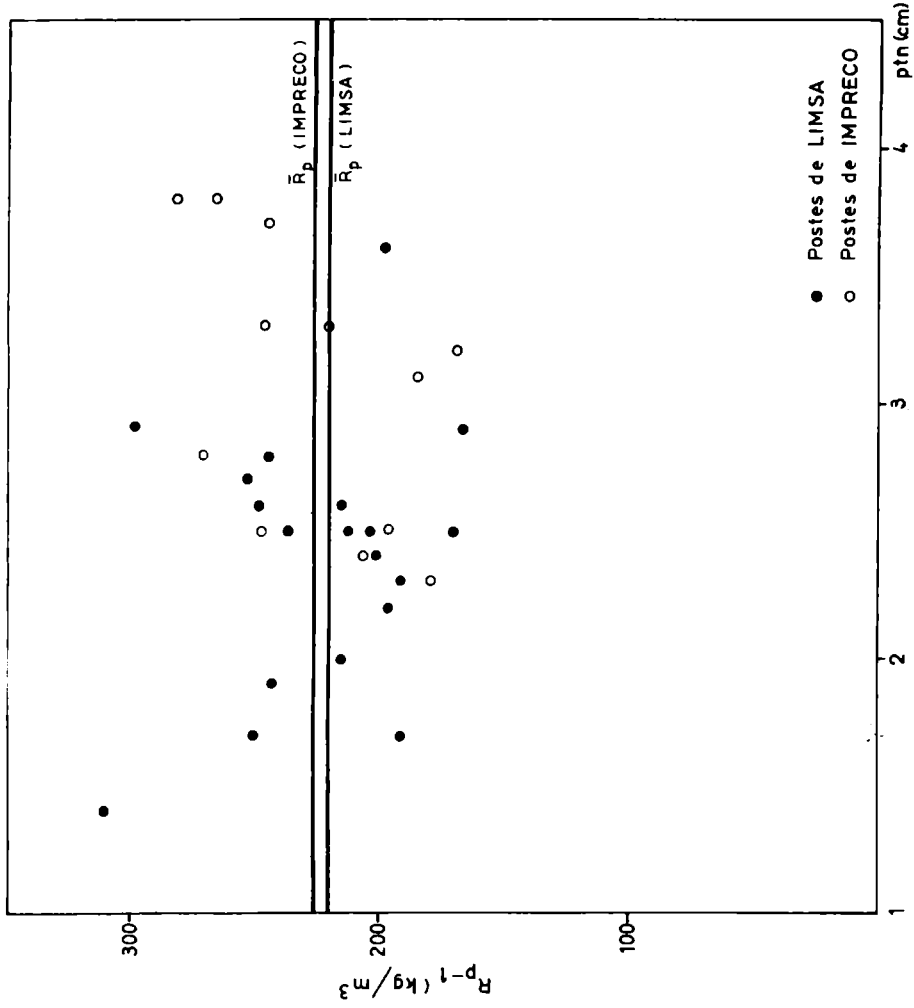


Fig. 1b.- Retención por metro cúbico de albura v. penetración de creosota

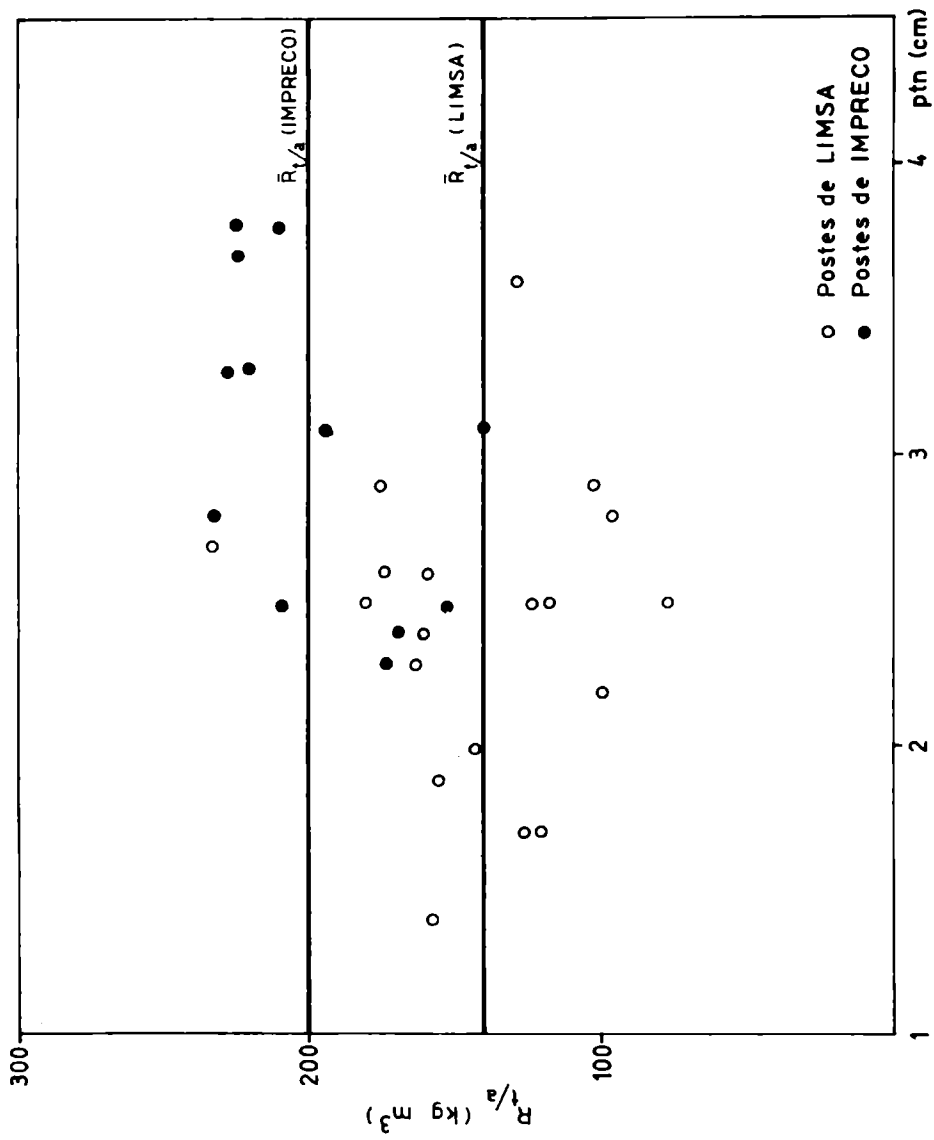


Fig. 1c.- Retención en 2 cm externos de albura v. penetración de creosota

APENDICE I

I.1 Métodos de estimación de retención

El control de retención se puede realizar de las siguientes maneras:

I.1.1 Por pesada de los postes

Se miden los perímetros de cima y base, la longitud, el peso y el contenido de agua de los postes que entran al autoclave. Terminado el proceso de impregnación y una vez que los postes dejan de exudar creosota en cantidades apreciables, se pesan y se determina su humedad.

La retención de cada poste, expresada en kg/m^3 de madera total, se obtiene de la siguiente relación:

$$R'_p = \frac{P_q - P_i + W_i - W_q}{L \cdot \Pi \cdot \overline{PM}^2 / 4} \quad (1)$$

donde:

P_q, P_i pesos del poste al finalizar y al comenzar las impregnaciones, respectivamente;

W_q, W_i pesos de agua en el poste al finalizar y al comenzar la impregnación, respectivamente;

L longitud del poste; y

\overline{PM} (perímetro base + perímetro cima) / 2

La retención promedio (\overline{R}'_p) se puede estimar determinando los parámetros antes mencionados sobre una muestra de los postes de la carga.

Para estimar la retención en albura (R_p) se mide el espesor medio de albura en la base y en la cima, y se calcula la relación:

$$C = \frac{\text{Volumen madera total}}{\text{Volumen albura}} = \frac{V_T}{V_A} \quad (2)$$

y se obtiene:

$$R_p = R'_p \cdot C \quad (3)$$

Dadas las dificultades prácticas en la determinación del

contenido de agua, es habitual estimar la retención por pesada sin considerar la variación de peso de agua durante la impregnación. Si la humedad inicial del poste no excede los valores fijados por norma, la diferencia será despreciable.

I.1.2 Por tanque de medición del autoclave

Se determina el volumen de la carga según lo descrito en I.1.1 y se estima la cantidad de creosota absorbida por dicha carga en base a lo indicado en un tanque medidor adosado al autoclave. Para ello se mide el nivel de creosota cuando el autoclave se llenó de creosota, antes de aplicar presión, y el nivel de creosota una vez finalizada la aplicación de la presión. De esta manera se obtiene la retención promedio por metro cúbico de madera total de la carga (\bar{R}'). Para estimar la retención promedio por metro cúbico de albura (\bar{R}), se estima la relación promedio \bar{C} , determinando espesores de albura, perímetros y longitudes de una muestra de los postes de la carga, y se calcula:

$$\bar{R} = \bar{R}' \cdot \bar{C} \quad (4)$$

I.1.3 Por ensayo en laboratorio

Se extraen muestras de albura de los postes y se determina la cantidad de creosota retenida, utilizando el método ASTM (9). Los valores obtenidos dan una estimación de la retención en la zona de albura muestreada del poste (R_t o R_a , para muestra constituida por tarugos o por astillas tomadas de torta, respectivamente) (9). Para estimar la retención por volumen de madera total, se estima C con los valores medidos de espesor de albura y perímetro del poste, en la zona ensayada, y se calcula:

$$R'_{t/a} = R_{t/a} / C \quad (5)$$

I.2 Errores de los métodos de determinación de retención

I.2.1 Error del método de determinación de retención por pesada

El valor R'_p estimado estará afectado por los errores en la pesada, en la determinación de volumen y en la determinación de contenido de agua del poste. Si en la estimación de R'_p no se toma en cuenta la variación en contenido de a-

gua durante la impregnación, se tendrá la siguiente expresión para la desviación normal relativa de una serie de medidas de R'_p sobre el mismo poste:

$$\sigma_{\epsilon}(R'_p) \% = \sqrt{2 (\sigma_p \%)^2 + (\sigma_{VT} \%)^2} \quad (6)$$

donde:

$$\sigma_p \% = \sigma \text{ pesada/peso creosota} \cdot 100 \quad (6')$$

$$\sigma_{VT} \% = \sigma \text{ perímetro / perímetro} \cdot 100 \quad (6'')$$

La variancia de \bar{R}'_p (valor medio de R'_p para los postes de una carga), será:

$$S^2(\bar{R}'_p) = \left[S^2_{\epsilon}(R'_p) + S^2_{\psi}(R'_p) \right] / n \quad (7)$$

donde:

n = número de postes de la muestra tomada para estimar \bar{R}'_p

$S^2_{\psi}(R'_p)$ = variancia de las retenciones reales de los postes de la carga.

Un estimador de $S^2(\bar{R}'_p)$ será el valor de la expresión:

$$\left[\sum_{i=1}^n (R'_p(i) - \bar{R}'_p)^2 \right] / n (n - 1) \quad (8)$$

Este último estimador es el que se puede calcular fácilmente determinando los valores de R'_p de los postes de una carga típica. La variancia de \bar{R}_p será análogamente:

$$S^2(\bar{R}_p) = \left[S^2_{\epsilon}(R_p) + S^2_{\psi}(R_p) \right] / n \quad (9)$$

$$\sigma_{\epsilon}(R_p) \% = \sqrt{2 (\sigma_p \%)^2 + (\sigma_{VA} \%)^2} \quad (10)$$

$$\sigma_{VA} (\%) \approx \left[\sigma \text{ espesor albura / espesor albura} \right] \cdot 0,8 \cdot 100 \quad (11)$$

$S^2_{\psi}(R_p)$ = variancia entre retenciones por metro cúbico de albura de postes de una carga típica

Un estimador de $S^2(\bar{R}_p)$ será el valor dado por la ecuación siguiente:

$$\left[\sum_{i=1}^n (R_p(i) - \bar{R}_p)^2 \right] \cdot n(n-1) \quad (12)$$

también obtenible determinando valores de R_p de los postes de una carga típica.

1.2.2 Error del método de determinación de retención por tanque de medición

Por este método se puede estimar \bar{R} y \bar{R}' pero no valores individuales. Por la aplicación típica del método esta estimación está afectada por los siguientes errores:

- absorción de creosota por los postes durante el llenado del autoclave, cantidad que no es registrada;
- escurrimiento de creosota cuando se hace el vacío final en el autoclave, cantidad que tampoco es registrada;
- exudación de creosota inmediatamente después de la salida del autoclave.

1.2.5 Error del método de determinación por ensayos de laboratorio

Para mediciones realizadas sobre el mismo poste, tomando todo el espesor de albura, la retención por metro cúbico de albura será:

$$R_{\ell, T} = R_{t, T} \cdot n_t \cdot f_e$$

$$\text{o} \quad R_{\ell, T} = R_{a, T} \cdot n_a \cdot f_e \quad (13)$$

con:

$$S_{\epsilon}^2 (R_{t/a, T}) = S_m^2 + S_{v, T}^2 \quad (14)$$

$$S_{\epsilon}^2 (R_{\ell, T}) = S_{\epsilon}^2 (R_{t/a, T}) \cdot n_{t/a} \cdot f_e \quad (15)$$

$$S^2 (R_{\ell, T}) = S_{\epsilon}^2 (R_{\ell, T}) + S_{\psi}^2 (R_p) \quad (16)$$

donde:

$R_{\ell, T}$ = retención por metro cúbico de albura determinada para toda la albura;

$R_{t, T}$ y $R_{a, T}$ = retenciones por metro cúbico obtenidas en el ensayo con muestras consistentes de tarugos o de as-

tillas, respectivamente, del total de espesor de albura;

n_t y n_a = factores de normalización que relacionan la retención obtenida por el método de ensayo con la retención real;

f_e = factor que da la pérdida de retención por envejecimiento;

$S_{v,T}^2$ = variancia de retenciones obtenidas tomando muestras del espesor total de albura de distintas partes del mismo poste;

S_m^2 = variancia del método para determinaciones sobre muestras iguales (precisión).

Dado que es más simple normalizar el método de ensayo sobre la base de muestras tomadas sobre un espesor fijo de albura (por ejemplo en el caso de las especies e. saligna y e. viminialis del país se podría tomar un espesor de 2 cm desde la parte externa), nos referiremos a los valores de retención y a sus variancias cuando se hace la determinación sobre espesores fijos. En este caso las expresiones serán:

$$R_l = R_t \cdot n_t \cdot f_e$$

$$o \quad R_l = R_a \cdot n_a \cdot f_e \quad (17)$$

con:

$$S_{\epsilon}^2(R_{t/a}) = S_m^2 + S_v^2 \quad (18)$$

$$S_{\epsilon}^2(R_l) = S_{\epsilon}^2(R_{t/a}) \cdot n_{t/a} \cdot f_e \quad (19)$$

$$y \quad S^2(R_l) = S_{\epsilon}^2(R_l) + S_{\psi}^2(R_{t/a}) \quad (20)$$

donde:

R_l = retención por metro cúbico de albura en el espesor fijo ensayado;

S_v^2 = variancia de retenciones obtenidas en el mismo poste tomando muestras de espesor fijo;

$S_{\psi}^2(R_{t/a})$ = variancia de retenciones reales entre zonas del mismo espesor de albura de los distintos postes de la carga.

La variancia del valor medio de $R_{t/a}$ para un poste será:

$$S_{\epsilon}^2(R_{t/a}) = (S_m^2 + S_v^2) / n \quad (21)$$

La variancia del valor medio de $R_{t/a}$ para una carga será:

$$S^2(\bar{R}_{t/a}) = \left[S_{\epsilon}^2(R_{t/a}) + S_{\psi}^2(R_{t/a}) \right] / n \quad (22)$$

donde n es el número de muestras del poste tomadas para calcular el valor medio.

El valor estimado para la retención por metro cúbico de madera total obtenida por ensayo es:

$$R'_{\ell} = R_{\ell}/C, \text{ con } S^2(R'_{\ell}) = \left[(S^2(R_{\ell}) / (R_{\ell})^2 + (S^2/C^2)) \right] R'_{\ell} \quad (23)$$

$$\bar{R}'_{\ell} = (\bar{R}_{\ell}/C) \text{ con } S^2(\bar{R}'_{\ell}) = S^2(R'_{\ell}) / n \quad (24)$$

Un estimador de $S_{\epsilon}^2(R_{t/a})$ será el valor:

$$\left[\sum_{j=1}^m (R_{t/a}(j) - \langle R_{t/a} \rangle)^2 \right] / m-1 \quad (25)$$

donde los valores de $R_{t/a}(j)$ corresponden a "m" ensayos realizados sobre el mismo poste y $\langle R_{t/a} \rangle$ es el valor medio obtenido para ese poste. Un estimador de $S_{\psi}^2(R_{t/a})$ será el valor de:

$$\left[\sum_{i=1}^n (\langle R_{t/a}(i) \rangle - \langle \bar{R}_{t/a} \rangle)^2 \right] / n-1 \quad (26)$$

donde los valores de $\langle R_{t/a}(i) \rangle$ corresponden a las medias para cada poste de los n postes de la carga.

Los valores de $n_{t/a}$ y S_m^2 se obtienen en los ensayos de calibración del método (9).

1.3 Comparación de valores de retención y desviaciones normales

Si los postes no tienen una exudación excesiva al salir del autoclave, serán mayores los valores de retención por pesada que los obtenidos por tanque medidor, es decir:

$$\bar{R}'_p > \bar{R}' \quad \text{y} \quad \bar{R}_p > \bar{R}$$

Para muestras extraídas sobre el espesor completo de la albura se debería verificar:

$$\bar{R}_{\ell, T} = \bar{R}_p$$

Los valores obtenidos por ensayo con muestra que no tenga el espesor completo de la albura serán mayores que los obtenidos sobre toda la albura, ya que la concentración media de creosota en la parte exterior será mayor que la media para toda la albura, es decir:

$$R_{t/a} > R_{t/a, T} \quad \text{y} \quad R_{\ell} > R_p$$

Respecto a las desviaciones normales, es dable esperar que $S^2_{v, T} > S^2_v$ y que $S^2_{\psi}(R_{t/a}) > S^2_{\psi}(R_p)$.

Si hay una variación importante de valores de espesores de albura entre postes, es dable esperar que la variancia relativa de valores reales de R'_p por carga será mayor que la de valores reales de R_p ya que en ese caso debería ser más constante la retención por metro cúbico de albura que la retención por madera total, es decir:

$$S^2_{\psi}(R_p)/(R_p)^2 < S^2_{\psi}(R'_p)/(R'_p)^2$$

Por el contrario, el error experimental de la determinación de R'_p será menor que el correspondiente a R_p ya que el error de determinación de volumen de albura es mayor que el error de determinación de volumen de madera total, es decir:

$$S^2_{\epsilon}(R_p) > S^2_{\epsilon}(R'_p)$$

No se puede establecer a priori una relación entre $S(R_p)$ y $S(R'_p)$.

Respecto de las desviaciones de los $R_{t/a}$ determinados por ensayo, es evidente que:

$$S(R'_{t/a})/R'_{t/a} > S(R_{t/a})/R_{t/a}$$

ya que en la variancia de $R'_{t/a}$ va incluido el error de estimación de C.

Por lo tanto, para las determinaciones por ensayo será más adecuado informar los valores de "R" por su menor dispersión, mientras que para las determinaciones por pesada se deberán dar los valores de R_p y R'_p .

11.1 Impregnación de postes de e. saligna con aceite de creosota

Para este estudio se seleccionaron 20 postes de 8 metros de longitud, que por sus excelentes características tecnológicas representan el material de mejor calidad disponible en la playa de almacenamiento de la planta de preservación (LIMSA).

Según datos declarados por el impregnador se trata de postes de e. saligna procedentes de Entre Ríos (Concordia) y Misiones. Previo al tratamiento se identificaron los postes con placas de hierro galvanizado con el correspondiente número grabado en relieve y clavado sobre los mismos.

Luego se determinó: perímetro en la base, perímetro en la punta, longitud y espesor de albura en la base y en la punta (todas estas medidas al 0,5 cm) y peso inicial (al 0,25 kg).

De inmediato se introdujeron dentro del autoclave para ser creosotados junto con otros 62 postes de eucaliptus de la misma longitud. Los datos suministrados por la fábrica referentes a la operación de impregnación y a la retención lograda son los siguientes:

Período de carga de creosota: 25 minutos.

Período de presión: 40 minutos a 250 libras de presión y 85°C de temperatura.

Período de descarga de creosota: 20 minutos.

Período de vacío final: 30 minutos a 450 mm de mercurio.

Tiempo total empleado: 2 horas.

Volumen de la carga: 13,5 m³.

Consumo de creosota: 1 390 kg.

Retención por medida en planta: 103 kg/m³.

Antes del llenado con creosota no se aplica vacío ni aire a presión, de modo que la madera es impregnada mediante el proceso Lowry. Los postes ya impregnados fueron pesados inmediatamente después de ser extraídos del autoclave con el objeto de conocer su "retención inmediata", (R'_{p-1} y R_{p-1}). Con respecto a este valor debe tenerse en cuenta:

a) que los postes despiden abundante creosota líquida debido a la expansión del aire comprimido en el interior de la madera;

b) que durante el manipuleo de los mismos también se elimina la creosota estancada en sus rajaduras, grietas y nudos;

c) que debido a la temperatura elevada que tiene el poste puede suponerse que hay ligeras pérdidas de creosota por evaporación y pérdidas mayores por evaporación del agua que contiene la madera;

d) que no se pudo determinar la humedad de los postes antes de la impregnación por ser muy heterogénea su distribución en cada poste.

Los postes fueron luego estibados a plena intemperie en la playa de la fábrica durante el tiempo de duración del estudio.

Extracción de muestras. Transcurridos 10 días desde la impregnación se volvieron a pesar los postes número 1, 5, 15, 17 y 18, e inmediatamente se cortaron para extraer muestras para ensayos de laboratorio. Luego de 30 días se pesaron y cortaron los postes 2, 6, 10, 11 y 14; a los 60 días los postes 3, 4, 13, 16 y 19; y a los 90 días los postes 7, 8, 9, 12 y 20.

De cada poste se cortaron tres tortas de aproximadamente 30 cm de altura, que se identificaron de la siguiente manera:

- B extraída a 1,50 m del extremo de la base
- M extraída del medio
- C extraída a 1,50 m del extremo de la punta

Después de 8 meses se extrajo de todos los postes (con excepción del número 12) una nueva torta para ser ensayada, cortándola de los trozos de aproximadamente 2 m de largo que se encontraban identificados con la placa metálica colocada antes de la impregnación.

En este caso debe tenerse en cuenta que no fué posible conocer si la torta extraída se encuentra en la vecindad de las tortas B, M o C ensayadas anteriormente. En todos los casos las tortas se colocaron en bolsas de polietileno que

se cerraron hasta el momento del ensayo.

La impregnación se realizó el 31 de julio de 1972. Los ensayos de cada grupo de postes se realizaron en los días siguientes al de extracción de las tortas.

II.2 Impregnación de e. viminalis con aceite de creosota

Se trabajó con 12 postes de e. viminalis procedentes de la provincia de Buenos Aires, de 8 m de longitud, que fueron seleccionados, medidos y pesados de acuerdo con las mismas consideraciones ya expuestas. La impregnación se realizó en IMPRECO, S.A.I.C.

En este caso se controló también la humedad de los postes inmediatamente antes del tratamiento, midiéndola con un xilohigrómetro Siemens a 1,50 m de la base, en el medio y a 1,50 m del extremo de punta. De inmediato se impregnaron en autoclave junto con otros 90 postes de eucaliptus, con aceite de creosota, cuyas características se informan.

Antes del llenado con creosota aplican vacío, de modo que la madera es impregnada mediante un sistema tipo Bethell. Los postes impregnados fueron pesados 20 horas después de haber sido extraídos del autoclave, para conocer su "retención a las 20 horas" (R'_{p-1} y R_{p-1}). En esta oportunidad se observó que los postes se encontraban a temperatura ambiente y no despedían aceite de creosota, y que la humedad era igual a la que tenían antes de ser impregnados.

Extracción de muestras. Inmediatamente después de pesados se sacaron muestras de los postes número 24, 25, 26 y 32. Todos los postes quedaron estibados en la playa a plena intemperie durante todo el tiempo que duró el estudio.

De la misma manera ya descripta para el caso de los postes de e. saligna, se extrajeron muestras a los 30 días (números 22, 27, 28 y 31); a los 60 días (21, 23, 29 y 30) y a los 7 meses (todos los postes menos los números 25 y 32).

Las experiencias se realizaron entre el 12 de setiembre de 1972 y el 9 de abril de 1973.

II.3 Ensayos para determinar el contenido de creosota y agua

Se realizaron dos tipos de ensayos:

a) Ensayo mediante astillas

De cada torta se cortó un disco de 15 a 18 mm y otro vecino a éste, de 4 a 6 cm de altura (previamente se cortó una rodaja externa de 2 a 3 cm de espesor que fué descartada). En el primero se marcó con un gramil la corona externa de albura de 2,0 cm de espesor ($\pm 0,5$ mm) y utilizando un formón se cortaron tres sectores de esa corona situados a 120° (aproximadamente 60 g de albura). Con la misma herramienta se hicieron astillas de 2,0 a 3,5 mm de lado, se mezclaron bien las provenientes de los tres sectores y del conjunto se retiró una muestra que se pesó al 0,001 g y se colocó en el extractor.

Para la determinación del contenido de aceite de creosota y agua en la madera se utilizó el procedimiento ASTM-D-1860, con la siguiente modificación: en lugar del cestillo de malla metálica, se usó un sifón de vidrio de 34 mm de diámetro interno y 110 mm de altura, para colocar las astillas. Como solvente se utilizó tolueno rectificado y 18 a 24 g de madera en cada ensayo. El regimen de destilación se reguló para lograr un reflujo superior a una gota por segundo en el condensador. De esta manera el sifón se descarga cada 3 o 4 minutos. El período de extracción fué de 4 horas y el período de secado a $125 \pm 3^{\circ}\text{C}$ también de 4 horas. La serie de probetas provenientes de los postes cortados a los 10 días (e. saligna) se extrajo durante 3 horas y su período de secado fué de otras 3 horas.

La operación de corte de la albura impregnada se realizó sobre madera enchapada con laminado plástico y evitando en lo posible todo manoseo con vistas a evitar, o al menos disminuir al mínimo, las pérdidas de preservador.

El mismo disco de madera se usó para medir penetración, haciendo cortes muy delgados con el formón y cada vez a mayor profundidad hasta encontrar madera no impregnada.

El disco de 4 a 6 cm de altura se usó para determinar el peso específico, por el método de inmersión en agua (ASTM-D-2395; B-III) con balanza al 0,01 g y probetas de albura creosotada de 100 a 200 g de peso. La superficie de las probetas no fué tratada con parafina por considerárselo innecesario.

b) Ensayo mediante tarugos

De cada torta y de la zona vecina a la que se extrajo el disco para el ensayo mediante astillas, se extrajeron cinco tarugos de 3 a 3,5 cm de largo, ubicados aproximadamente a 72° uno del otro, sobre la periferia de la misma. Para ello se utilizó un sacabocados de 15 mm de diámetro interior, accionado mediante una agujereadora eléctrica de banco.

Se midió luego el diámetro de 20 tarugos (2 medidas a 180°) para determinar el valor del diámetro standard (15,20 mm) que se usó para calcular el volumen.

Teniendo en cuenta las precauciones ya mencionadas, se cortó cada tarugo con un formón, de modo que fuera ensayada la albura hasta una profundidad de 2,0 cm. La penetración no fué determinada, y para calcular la relación albura-madera se usó el valor hallado en el ensayo mediante astillas. Se midió también en cada caso la longitud del conjunto de 5 tarugos provenientes de cada torta, a los efectos de conocer su volumen y calcular su peso específico. Se subdividieron en pequeños cilindros de 3 a 5 mm de albura (4 o 5 por tarugo) que se pesaron al 0,001 g y colocaron en el sifón del extractor (16 a 18 g de madera). El regimen de destilación, tiempo de extracción y tiempo de secado en estufa fueron los mismos del ensayo anterior.

MÉTODO DE DETERMINACION EN LABORATORIO
DE RETENCION DE CREOSOTA EN MUESTRAS
DE EUCALIPTUS IMPREGNADOS

Dr. Luis A. Borlando *

Dr. Leopoldo Becka **

SERIE II, N° 247

- * Laboratorio de Ensayo de Materiales e Investigaciones Tecnológicas de la Provincia de Buenos Aires (LEMIT).
- ** Investigación y Desarrollo de SEGBA.

1. INTRODUCCION

Este estudio se ha realizado con el fin de evaluar los errores del método de determinación de creosota en madera impregnada, descrito en la norma ASTM D1860, cuando este método se aplica a madera de eucaliptus de las especies viminalis y saligna (las más utilizadas en nuestro país para proveer postes impregnados para líneas aéreas de energía y telecomunicaciones). Para definir los errores del método se realizaron ensayos destinados a obtener los siguientes valores: 1) precisión; 2) reproducibilidad entre laboratorios; 3) reproducibilidad en el tiempo.

2. PRECISION DEL METODO

2.1 Parte experimental

Se impregnaron con una mezcla de creosota-tolueno 1:1 a rechazo tarugos y cubos de altura de eucaliptus previamente secados. Los tarugos tenían 15 mm de diámetro y 20 mm de largo, con su eje longitudinal perpendicular a la fibra. Los cubos tenían un volumen de $\sim 5000 \text{ mm}^3$. El peso de creosota absorbida por cada espécimen se obtuvo como la diferencia entre peso antes y peso después del proceso de impregnación dividido por dos. La determinación de creosota por el método ASTM se realizó con las siguientes variantes:

- i) período de extracción: 4 h - período de secado en estufa a 125 °C: 4 h;
- ii) período de extracción: 5 h - período de secado en estufa a 125 °C: 18 h;
 - a) extracción y secado con muestras en cesto de alambre metálico;
 - b) extracción y secado con muestras en sifón de vidrio; y con especímenes preparados de los siguientes modos:
 - 1) pastillas de 4 a 5 mm de largo y 15 mm de diámetro cortadas de los tarugos;

- 2) astillas de $\sim 1300 \text{ mm}^3$ de volumen cortadas de los cubos con su eje mayor en la dirección de las fibras;
- 3) idem anterior pero las astillas de 400 a 600 mm^3 ;
- 4) idem anterior pero las astillas de 150 a 350 mm^3 (aproximadamente del tamaño de fósforos de madera).

Para cada ensayo se tomaron 4 tarugos o cuatro cubos.

Las retenciones obtenidas por diferencia de pesada fueron de 115 a 220 kg/m^3 para los tarugos y de 170 a 256 kg/m^3 para los cubos.

2.2 Resultados sobre precisión

En la tabla I se dan los rangos de valores de error relativo obtenidos para cada variante del método. Los valores de precisión para determinaciones correspondientes a las distintas retenciones no varían significativamente, como tampoco varía la precisión entre las diferentes variantes. Se concluye que la precisión para determinaciones sobre madera impregnada y seca es de $\sim 1\%$. Para determinaciones hechas sobre muestras que tienen agua además de creosota, la desviación normal de las determinaciones será mayor que 1% por los errores adicionales introducidos en la determinación del agua.

3. DIFERENCIAS ENTRE MUESTRAS TOMADAS CON MECHA Y TALADRO VERSUS MUESTRAS TOMADAS DE TORTAS DE POSTES

3.1 Parte experimental

3.1.1 Ensayos sobre tortas

Se tomaron tortas de $\sim 30 \text{ cm}$ de altura obtenidas cortando a $1,5 \text{ m}$ de la base, $1,5 \text{ m}$ de la cima y en la parte media de postes de e. saligna y e. viminalis, impregnados en autoclave. Se determinó la retención sobre muestras tomadas de un disco de $\sim 1,8 \text{ cm}$ de altura de la parte media de cada torta. Para cada ensayo se tomaron 20 g de astillas de los 2 cm externos de albura de 3 secciones ubicadas a 120° entre sí. El peso de creosota de cada muestra se obtuvo siguiendo el método de ensayo ASTM con la combinación i-b-4 de las variantes

TABLA I

PRECISION DEL METODO

Valores tabulados: rango de $\mathcal{E}\%$, (n) y $\hat{\sigma}$

$$\mathcal{E}\% = \frac{\text{Real} - \text{Medida}}{\text{Medido}}$$

n = número de determinaciones

$\hat{\sigma}$ = estimación de la desviación normal de los %

ii) Extracción: 5 horas		
Secado: 18 horas		
a) Cesto b) Sifón		
1) Pastillas	4,6 (30) 1,1	5,2 (24) 1,3
2) Astillas de ~ 1 500 mm ³	2,2 (6) 0,9	2,6 (6) 1,0
3) Astillas de 400 mm ³ a 600 mm ³	2,4 (6) 0,9	3,0 (6) 1,2
4) Astillas de 150 mm ³ a 300 mm ³	1,6 (6) 0,6	- -

TABLA II

COMPARACION DE METODOS DE TOMA DE MUESTRA

Valores tabulados:

R_t = retención en kg/m^3 de madera impregnada
determinado en tarugos del poste

R_a = Idem anterior en astillas tomadas de
tortas de poste

E. SALIGNA

R_t	100	115	127	146	132	174	117	116	129	138	127
R_a	141	165	149	143	165	174	134	120	141	126	102
R_t	108	136	186	173	85	80	84	222	162	173	
R_a	133	169	189	174	75	102	94	200	174	202	
R_t	141	147	144	84	88	115	249	259	218	238	216
R_a	195	201	197	104	107	120	266	254	280	285	257
R_t	249	149	194	148	254	212	213	126	132	167	
R_a	275	236	170	213	292	249	224	174	165	162	

E. VIMINALIS

R_t	255	237	202	213	219	202	247	207	211	217	214	185
R_a	270	234	212	220	252	240	252	247	258	256	223	191
R_t	169	162	167	160	144	149	186	232	200	239	224	235
R_a	222	244	190	181	194	171	224	218	214	263	220	247

descriptas en el párrafo 2.1. Los valores de retención por m^3 se obtuvieron por el algoritmo:

$$\frac{\text{Peso de creosota en muestra}}{\text{Peso de la muestra}} \times \text{densidad de la muestra}$$

La densidad de la muestra se determinó según el método ASTM D 2395-B-III sobre probetas de albura creosotada obtenidas de un disco de 4 a 6 cm de altura vecino al disco del cual se extrajo la muestra para determinar el peso de la creosota.

3.1.2 Ensayos sobre tarugos

De cada torta y de la zona vecina a la que se extrajo el disco para el ensayo anterior, se extrajeron 4 tarugos, de 3 a 3,5 cm de largo y ~15 mm de diámetro, en puntos ubicados ~72° uno del otro sobre la periferia. Para ello se utilizó un sacabocados de ~15 mm de diámetro interior accionado mediante una agujereadora eléctrica de banco.

Luego se subdividieron los 2 cm externos de cada tarugo en 4 ó 5 pastillas y con el conjunto de pastillas correspondientes a cada grupo de 4 tarugos se determinó el peso de creosota de la muestra con el método ASTM con la combinación i-b-1 de las variantes descriptas en el párrafo 2.1. Los valores de retención por m^3 se obtuvieron por el algoritmo:

$$\frac{\text{Peso de creosota en muestra}}{\frac{\pi}{4} \times (\text{diámetro})^2 \times (\text{N}^\circ \text{ de tarugos en la muestra}) \times 0,02}$$

Se midió el diámetro de 20 tarugos y se utilizó para el cálculo el valor medio de estas 20 determinaciones.

3.2 Resultados

En la tabla II se dan los valores de retención de cada una de las muestras obtenidas según lo descrito en el punto 3.1. Los valores correspondientes a cada forma de toma de muestra están apareados en columna. La diferencia en el valor medio de retención en muestras tomadas en astillas y el valor medio correspondiente a las muestras tomadas en tarugos es de ~16%, tanto para las muestras de e. viminalis, como para las de saligna. La desviación normal de esta diferencia relativa

es de $\sim 2\%$. La dispersión de diferencias alrededor de este valor medio es atribuible a las variaciones de retención que hay en el mismo poste.

4. REPRODUCIBILIDAD EN FUNCION DE TIEMPO DE ENVEJECIMIENTO

4.1 Parte experimental

Se determinó la retención media de conjuntos de muestras de tarugos tomados de postes de *e. viminalis* y postes de *e. saligna*, impregnados en autoclave. La toma de muestra se realizó primero en un período de hasta 3 meses de realizada la impregnación y luego al cabo de 5 meses desde la última toma de muestra, habiendo quedado los trozos de postes a la intemperie durante ese período. Los valores medios obtenidos fueron los siguientes (en kg/m^3):

	1º	2º
E. viminalis	198	198
E. saligna	140	137

Estos resultados muestran que no hay diferencia significativa de resultados por exposición de la madera a los agentes atmosféricos, durante 8 meses, verificándose así que no hay pérdida de creosota, ni disminución en la exactitud del método en ese período de tiempo.

5. REPRODUCIBILIDAD ENTRE LABORATORIOS

5.1 Parte experimental

En el LEMIT se determinaron las retenciones de un conjunto de muestras tomadas de postes de *e. saligna* impregnados en autoclave, por el método de astillas y por el método de tarugos según lo descrito en los párrafos 3.1.1 y 3.1.2.

TABLA III
REPRODUCIBILIDAD DEL METODO CON TARUGOS

Valores tabulados: R en kg/m^3 de madera
impregnada

	LEMIT	IRAM	COMUNICACIONES
PROMEDIO 7 muestras de e. saligna	147	147	148
PROMEDIO 4 muestras de e. viminalis	218	-	218

Luego se enviaron tortas y tarugos tomados de zonas vecinas de los mismos postes al IRAM y al Laboratorio de Maderas de la Secretaría de Comunicaciones.

5.2 Resultados

En la tabla III se dan los valores de retención en kg/m³ obtenidos en el LEMIT, en el IRAM y en la Secretaría de Comunicaciones. Las diferencias entre los valores obtenidos para el mismo poste en los tres laboratorios es atribuible a la variación de retención en distintas zonas del poste.

REFERENCIAS

1. Stasse, H. L.- Proc. AWPA, 62 (1966), 265-283.
2. Colley, R. H.- Proc. AWPA, 66 (1970), 1-20.
3. Norma SAA 364.
4. Becka, L., Borlando, L. A. y Arcelús, D.- LEMIT-ANALES, 3/1973, 161/90 (Serie II, nº 246).

NOTA

Este trabajo fué realizado por Convenio entre Investigación y Desarrollo de SEGBA y el LEMIT. Los autores agradecen a los técnicos del LEMIT Daniel Arcelús y José Di Gerónimo su valiosa colaboración. Asimismo agradecen a la Industrial Maderera S. A. (LIMSA) de San Isidro y a IMPRECO S.A. de Junín la donación de postes y demás facilidades brindadas.

APENDICE I

BASES PARA LA REDACCION DE UNA NORMA DE CONTROL DE RETENCION DE CREOSOTA EN POSTES DE E. VIMINALIS Y E. SALIGNA

I. DATOS

1) Los estudios de Stasse (1) y de Colley (2) sobre durabilidad de postes de pino del sur de EE UU versus retención de creosota, indican que en la zona externa del poste debe ser de por lo menos 190 kg/m^3 de albura.

2) La norma Australiana (3) fija una retención mínima promedio por carga que debe ser de 190 kg/m^3 de albura y la mínima por poste de 127 kg/m^3 .

3) La desviación normal relativa de retenciones por m^3 de madera total de postes adecuadamente tratados es de 15 % y la desviación normal relativa de la media de una muestra de "n" postes será aproximadamente $15\%/\sqrt{n}$, para valores medidos por el método de pesada (ver ref.4).

4) La desviación normal relativa de retenciones por m^3 de albura de postes adecuadamente tratados es de 17 % y la desviación normal relativa de la media de una muestra de n postes será aproximadamente $17\%/\sqrt{n}$, para valores medidos por el método de pesada (ver ref.4).

5) El valor de retención obtenido por ensayo sobre los 20 mm exteriores de albura será 10 % menor que el determinado por pesada, si la muestra consiste de tarugos y 6 % mayor que el determinado por pesada, si la muestra consiste de astillas obtenidas de tortas (ver 3.2).

6) La desviación normal relativa del valor medio de valores de retención en los 2 cm externos de albura, determinado por el método ASTM, será aproximadamente igual a $18\%/\sqrt{n}$ para postes impregnados adecuadamente (ver ref.4).

7) El espesor medio de albura encontrado en una muestra de 10 postes de e. viminalis fue de 3,5 cm, el encontrado en una muestra de 19 postes de e. saligna fue de 2,5 cm, siendo las relaciones de volumen albura/volumen madera total iguales

a 0,59 y 0,52 respectivamente (ver ref.4).

8) Las desviaciones normales relativas de los espesores de albura para las 2 muestras antes mencionadas son de 68 y 65 % respectivamente y un 80 % de estos valores para las relaciones (volumen albura/volumen madera total) (ver ref.4).

9) La retención media en tanque es menor que la real a la salida del autoclave, pero puede haber exudación de creosota de tal magnitud que la retención en los postes después de la exudación inicial sea inferior a la retención medida en tanque (ver ref.4).

10) Con procesos de impregnación adecuados el valor mínimo por poste de la carga será del orden de los $\frac{2}{3}$ de la retención media y la penetración promedio es un 90 % del espesor de la albura.

II. ESPECIFICACIONES RESPECTO A LA RETENCION

1) Dado que la protección del poste está dada por la creosota que hay en la albura, desde el punto de vista técnico la especificación debería darse en retención por volumen de albura (R_p).

2) Esto sería equivalente a una especificación de retención por volumen de madera total (R'_p) si no hubiera variaciones significativas en el promedio de la relación (volumen albura/volumen total) de postes de cada carga para una especie dada. De otro modo habría que medir el volumen de albura de la carga y asegurarse que la creosota retenida será

$$R_p \cdot V_{\text{albura de la carga}}$$

en lugar de

$$R'_p \cdot V_{\text{madera total de la carga}}$$

3) Sobre la base de los estudios citados en I.1, y hasta tanto se realice un control de durabilidad con estacas de las especies locales de eucaliptus, es conveniente fijar el valor mínimo de la media de R_p por carga en 190 kg/m^3 y un valor mínimo por poste de cada carga en $\frac{3}{4}$ de este valor, es decir en 142 kg/m^3 ; y una penetración del 100 % de la albura para espesores de hasta 2 cm y del 90 % para espesores

mayores.

III. APLICACION DE LA ESPECIFICACION DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL PRODUCTOR

1) Para poder asegurar el cumplimiento de la especificación II.3), el productor debería:

a) impregnar cargas con postes de la misma especie y cuyos espesores de albura tengan un rango menor que 100 %.

b) medir el volumen de albura de los postes de la carga.

c) controlar que la humedad del poste no exceda el 20 % en la parte interior de la albura.

d) realizar la impregnación con una retención de

$$190 \cdot V_{\text{albura de la carga}}$$

e) controlar que la creosota utilizada cumpla con la norma IRAM o AWPA.

2) En la práctica, con los postes de la especie saligna correctamente estacionados y utilizando el proceso LOWRY o el BETHELL se lograría el cumplimiento de la especificación con una retención de $(100 \cdot V_{\text{madera total de la carga}})$ cuando el espesor medio de albura es $\leq 2,5$ cm y el perímetro medio es ≥ 50 cm. Con los postes de la especie viminalis correctamente estacionados y utilizando el proceso BETHELL se logra el cumplimiento de la especificación con una retención de $(100 \cdot V_{\text{madera total}})$ cuando el espesor medio de albura es $\leq 3,5$ cm y el perímetro medio ≥ 57 cm. En ambos casos los valores de retención de creosota serían para toda la carga y medidas en el tanque.

IV. CONTROL DE CALIDAD POR PARTE DEL COMPRADOR

1) Control en planta

a) Se deben extraer muestras de creosota del autoclave, en un cierto número de cargas, por ej. una de cada 5, verificando en laboratorio si se cumple la norma. Si el análisis de alguna de estas muestras no cumple con la norma se podrá rechazar la producción.

b) Se debe estimar el volumen de albura de la carga. Para ello se miden las longitudes, los perímetros, y los espesores de albura de cima y base, para una muestra representativa de los postes de cada carga y se calcula:

$$V_{\text{albura de la carga}} = \sum_{i=1}^g N_i \bar{V}_{a,i}$$

donde los índices "i" se refieren al grupo de postes de la misma longitud,

N_i es el número de postes del grupo de longitud "i"

$\bar{V}_{a,i}$ es el volumen medio de albura de los postes del grupo "i"

siendo:

$$V_{a,i} = \sum_{j=1}^{n_i} V_{a,i(j)} / n_i$$

donde $V_{a,i(j)}$ es el volumen de albura del poste "j" de los n_i postes de longitud "i" de la muestra. Dicho volumen se calcula usando la expresión:

$$V_{\text{albura}} = L \bar{e} (2 \bar{R} - \bar{e}) \Pi$$

donde:

L longitud del poste

\bar{R} (perímetro base + perímetro cima)/4 Π

\bar{e} (espesor de la albura en base + espesor albura en cima)/2

El valor n_i se podría fijar como igual al 20 % del número de postes de longitud i de la carga, es decir:

$$n_i \simeq N_i / 5$$

c) Los postes tomados para determinar el volumen de albura se deben marcar y pesar antes de la impregnación. Al día siguiente de finalizada la misma se volverán a pesar los postes si no parecen mojados con creosota cuando se pasa la mano por ellos. Si todavía están mojados de creosota se deberá de-

jar transcurrir el tiempo necesario hasta que estén secos y recién entonces pesarlos.

d) Se estimará la retención media de la carga calculando el promedio de retenciones por metro cúbico de albura de los postes muestreados, usando la siguiente expresión para el cálculo de la retención por poste:

$$R_p = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}{V. \text{ albura}}$$

y

$$\bar{R}_p = \frac{\sum R_p}{n}$$

donde n es el número de postes de la muestra.

Si $\bar{R}_p \leq 190 \cdot 0,9$ se deberá volver a impregnar la carga, repetir la pesada de los postes una vez secos y calcular el nuevo valor de \bar{R}_p . Este criterio implica una probabilidad de 5 % de obligar a reimpregnar cargas con \bar{R}_p reales ≥ 190 y una probabilidad de 10 % de aceptar cargas con $\bar{R}_p = 190 \cdot 0,85$.

Una vez verificado el cumplimiento del requisito anterior se extraen tarugos de la parte media de los 5 postes de mayor espesor de albura de los muestrados. Los tarugos deben ser perfectamente cilíndricos y de una longitud tal que por lo menos lleguen al duramen. Sobre estos tarugos se medirá la penetración y el espesor de albura. Si el promedio de penetraciones de la muestra es menor que 90 % del espesor de albura o si es menor que 100 % para los tarugos de menos de 2 cm de albura, se deberá volver a impregnar la carga y repetir la extracción de tarugos hasta que se verifique el requisito de penetración.

2) Control en laboratorio

a) El comprador extraerá periódicamente (por ej. cada mes) muestras de creosota de los autoclaves de los proveedores para verificar que utilizan creosota que cumple con las normas IRAM o AWPA. Si alguna muestra no cumple, rechazarán las partidas de dicho proveedor.

b) Se verificará que los postes de cada partida a entregar no están mojados de creosota en su superficie.

c) Se extraerán tarugos de una muestra de postes agrupados en lotes de 200 a 2000 especímenes. La muestra consistirá del 5 % de los postes del lote, si el lote es mayor de 400, o de 20 postes si el lote es menor. Los tarugos se extraerán de la parte media del poste, a razón de un tarugo por cada espécimen de la muestra. La parte de la cual se extrae el tarugo no deberá tener imperfecciones (nudos, rajaduras, etc.). El tarugo deberá ser perfectamente cilíndrico y con un diámetro de ~ 15 mm y de una longitud tal que por lo menos llegue al duramen.

Se deberá cerrar o tapar el agujero dejado por la extracción del tarugo para permitir la utilización del poste. Se medirá el perímetro del poste en la zona donde se extrajo el tarugo.

d) El comprador guardará los tarugos en frascos cerrados reservándose 8 tarugos y enviando el resto a ser ensayados a uno o más laboratorios.

f) El ensayo se realizará con el método ASTM, usando tolueno como solvente y con un régimen de destilación que de un reflujo de 1 a 2 gotas por segundo en el condensador. El período de extracción será de 5 horas y el de secado de 18 hs en estufa a $125 \text{ }^\circ\text{C} \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$. Cada ensayo consistirá en la determinación de creosota sobre los 2 cm externos de albura de 4 tarugos cortados en pastillas de ~ 4 mm de altura. Si un tarugo tiene menos de 2 cm de albura se usará sólo la parte de la albura, en dicho tarugo. Además, se determinará el espesor de albura y la penetración de creosota para cada ensayo.

g) Para cada determinación se informará:

esp(j) espesor de albura de cada uno de los "j" tarugos.
 ptn(j) penetración de creosota en cada uno de los "j" tarugos.

$$C(j) : \frac{\text{Volumen madera total}}{\text{Volumen albura}} = \frac{V_T}{V_A} \text{ para cada uno de los "j" postes}$$

D diámetro medio de los tarugos de la muestra.
 r número de determinaciones.
 q número de tarugos.
 L_i suma de las longitudes de tarugo usados en la determinación "i" (en cm).

$P_i(i)$ peso inicial del cesto más pastillas del grupo "i" de tarugos.
 $P_q(i)$ peso final del cesto más pastillas del grupo "i" de tarugos.
 $W(i)$ volumen de agua extraída del grupo "i" de tarugos.
 $R_t(i)$ retención en kg/m^3 de albura en los 2 cm externos determinados por ensayo.
 \bar{R}_t retención media en kg/m^3 de albura en los 2 cm externos.

con
$$R_t(i) = \frac{P_i(i) - P_q(i) - W(i)}{\pi D^2 L_i} \cdot 1000$$

$$\bar{R}_t = \sum_{i=1}^r R_t(i) / r$$

y $\sigma(e) \%$, $\sigma(\text{ptn}) \%$, $\sigma(R_t) \%$.

h) Se rechazará el lote si

$$\bar{R}_t < 190 \cdot 0,90 \cdot f_1$$

donde $f_1 \simeq 0,90$, es el factor de corrección que relaciona la retención real en la muestra con la retención obtenida en el ensayo (ver ref.4).

Con este criterio, el riesgo de rechazar lotes con una retención real de $\geq 190 \text{ kg/m}^3$ es de 5 %, con un riesgo de $\sim 10 \%$ de aceptar lotes con una retención media real de $(190 \cdot 0,80) \text{ kg/m}^3$ de albura.

i) Se rechazará el lote si el promedio de las relaciones (penetración/espesor de albura), para la muestra, es menor que 90 % o si en alguno de los tarugos de menos de 2 cm de espesor de albura la penetración es menor que el 100 %.

APENDICE II

BASES PARA LA REDACCION DE UNA NORMA DE CONTROL DE RETENCION DE PENTACLOROFENOL EN POSTES DE E. VIMINALIS Y E. SALIGNA

1) El uso de pentaclorofenol (PCIF) como preservador de postes está ampliamente difundido en muchos países, como por ej. EE UU, Australia, Canadá, etc.

2) Con la impregnación de postes con soluciones de pentaclorofenol en solventes derivados del petróleo se puede lograr una retención de preservador tal que la durabilidad del poste llegue a ser comparable a la que tienen postes impregnados con creosota, con la ventaja de que la exudación de los postes impregnados con pentaclorofenol es menos molesta que la de creosota.

3) Las normas de EE.UU., Australia, Gran Bretaña, etc., fijan retenciones de pentaclorofenol iguales al 5 % de las fijadas para creosota, es decir que para igual volumen de albura se debe usar la misma cantidad de solución al 5 % de pentaclorofenol que de creosota.

4) Hasta tanto se obtengan datos de un estudio similar al efectuado sobre impregnación de postes de e. viminalis y e. saligna con creosota, se puede postular que la distribución de retenciones de la solución de pentaclorofenol en cada poste y entre postes de una carga será similar a la que se observa cuando se usa creosota. Esta hipótesis se basa en suponer que la distribución en el poste de la solución de solvente derivado del petróleo será similar a la de la creosota, por ser ambas sustancias oleosas.

5) Teniendo en cuenta los puntos 3 y 4 anteriores, se puede formular una norma provisoria para el control de retención y penetración de postes de e. viminalis e. saligna impregnados con soluciones de pentaclorofenol que tenga esenciales las mismas exigencias que la recomendada para postes creosotados, con las siguientes modificaciones:

a) El control de preservador se hará verificando en el laboratorio que el contenido del tanque del autoclave con-

siste de una solución al 5 % de pentaclorofenol en gasoil.

b) En el control por ensayo de laboratorio se verificará el contenido de pentaclorofenol, por alguno de los métodos normalizados por la AWWA, exigiéndose que la retención de pentaclorofenol en los 2 cm externos de la albura sea:

$$R_t (\text{PClF}) \geq 9,5 \cdot 0,90$$

expresado en kilogramos de pentaclorofenol por metro cúbico de porción ensayada de albura, cuando se realiza la determinación a partir de muestras tomadas de tarugos.

Abstracts of Papers in this Issue

Suero, T. et al.

U.D.C. 551.73(821.2)

Ulibarrera, J. (revision and publication)

GEOLOGICAL PROFILES OF AUSTRAL SIERRAS IN THE BUENOS AIRES PROVINCE (ARGENTINA)

LEMIT-ANALES, 3-1973, 1/64 (Serie II, nº 236)

We present a series of geological profiles transversal to the formation that conform the system named Austral Sierras, with the purpose of clarifying the structural conditions of various lithological complexes that compose them. We have chose for this the most interesting gaps or sectors, in which, owing to the outcrops properties, it was possible to obtain a greater amount of information. The most important profiles are Profile III, Tornquist-Abra de la Ventana, and VI, Sierra de Pillahiuncó. They cross together the whole Sierras.

Strike and dip measurements have been made in all studied sites, samples of the outcropping rocks have been collected and macroscopically classified in the place. This rebuilding is hypothetic owing to the complicated style of the fold.

Vetere, V. and Iasi, R. R.

U.D.C. 543.24

DETERMINATION OF DIFFERENT CHEMICAL FORMS OF CALCIUM IN HYDRAULIC LIMES

LEMIT-ANALES, 3-1973, 65/81 (Serie II, nº 237)

This method makes use of a very simple and quick technique, which makes possible the determination of the different forms in which calcium is found in limes. The method is particularly useful for the evaluation of limes from the road engineering standpoint.

The oxides and hydroxides are separated from the silicates and carbonates by several treatments with ammonium chloride in different conditions of temperature and time.

The calcium of the different parts separated by this method is titrated with EDTA.

Suero, T. y colaboradores
Ulibarrena, J., revisión y edición

C.D.U. 551.73(821.2)

PERFILES GEOLOGICOS DE LAS SIERRAS AUSTRALES DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

LEMIT - ANALES, 3-1973, 1/64 (Serie II, nº 236)

Se presentan una serie de perfiles geológicos transversales a las estructuras que conforman el sistema conocido como Sierras Australes, con el objeto de aclarar las condiciones estructurales de los diferentes complejos litológicos que lo componen. Para ello se escogieron las abras o sectores de especial interés, en los que, dadas las características de los afloramientos, era posible esperar una mayor cantidad de información. Los perfiles más importantes son el Perfil III, Tornquist-Abra de la Ventana, y el VI, Sierra de Pillahuincó, los que adicionados cruzan la totalidad de las Sierras.

En todos los puntos estudiados se hicieron mediciones de rumbo e inclinación de las estructuras, se recogieron muestras de las rocas aflorantes, las que se clasificaron macroscópicamente en campaña. La reconstrucción tiene carácter hipotético dado lo complicado del estilo de plegamiento.

Vetere, V. y Iasi, R.

C.D.U. 543.24

DETERMINACION DE LAS DIFERENTES FORMAS QUIMICAS DEL CALCIO DE LAS CALES HIDRAULICAS, AEREAS Y MAGNESICAS

LEMIT - ANALES, 3-1973, 65/82 (Serie II, nº 237)

El método permite determinar mediante una técnica rápida, sencilla y suficientemente precisa, las diferentes formas bajo las cuáles se halla el calcio en las cales. Es particularmente útil para la evaluación de las cales desde el punto de vista vial, incluso en obra.

Mediante tratamientos con acetato de amonio en diferentes condiciones de temperatura y tiempo se logran separar, por una parte los óxidos e hidróxidos, y por otra los silicatos y el carbonato de calcio.

El calcio proveniente de los diferentes ataques es determinado por complejometría con EDTA.

Vetere, V.

U.D.C. 543.24

DIRECT DETERMINATION OF CALCIUM AND MAGNESIUM IN PORTLAND CEMENT BY COMPLEXOMETRIC TITRATION WITH EDTA

LEMIT - ANALES, 3-1973, 83/92 (Serie II, n° 238)

The CaO/MgO rate in cements is in general higher than 60. The complexometric methods commonly used consist in a previous joint determination of Ca and Mg followed by another determination of calcium. The magnesium content is obtained by difference. The analytical criterion, however, shows that it is not convenient to determine the lesser element by this way.

The proposed technique makes possible the separated determination of Ca and Mg. It is based in a previous formation of iron and aluminium complexes, a subsequent determination of calcium by EDTA complexometry in a sodium hydroxide medium, the separation of magnesium as Mg(OH)₂ which precipitates in this medium, and the titration of this element with EDTA in an ammonium chloride/ammonium hydroxide medium.

C.D.U. 625.041:620.17

Agnusdei, J. O., Massaccesi, D. D. and Frezzini, P.

INCIDENCE OF THE BITUMEN AGEING AND THE INCREMENT OF MINERAL FILLER IN THE CRACKING OF AN ASPHALTIC SURFACE

LEMIT - ANALES, 3-1973, 93/114 (Serie II, n° 239)

This paper deals about the cracking produced by the bitumen ageing and by the increment of the mineral filler (as consequence of the aggregate degradation) of an urban pavement after a long-term performance.

The ageing of the bitumen is studied by consistency measurements and by infrared spectrophotometry. The influence of the mineral filler is made evident by Hubbard Field stability and by the rheological behaviour of the filler-bitumen system.

Vetere, V.

C.D.U. 543.24

DETERMINACION DIRECTA DE CALCIO Y MAGNESIO EN CEMENTO PORTLAND POR TITULACION COMPLEJOMETRICA CON EDTA

LEMIT - ANALES, 3-1973, 83/92 (Serie II, nº 238)

La relación CaO/MgO en los cementos es, en general, mayor de 60. Las técnicas complejométricas utilizadas comúnmente determinan, por un lado, la suma de calcio y magnesio, y por otro se evalúa calcio; el valor de magnesio se obtiene por diferencia. El criterio analítico, sin embargo, indica que no es conveniente dar por diferencia el contenido de los elementos minoritarios.

La técnica que se propone, por el contrario, permite la determinación directa y por separado del calcio y del magnesio. Se funda en el complejamiento previo del hierro y del aluminio, la determinación de calcio con EDTA en medio de hidróxido de sodio, la separación del magnesio que precipita como hidróxido en esas condiciones y su posterior titulación con EDTA en medio de cloruro de amonio-amoníaco.

C.D.U. 625.041:620.17

Agnusdei, J. O., Massaccesi, D. D. y Frezzini, P.

INCIDENCIA DEL ENVEJECIMIENTO DEL ASFALTO Y DEL GRADO DE FILLERIZACION EN EL FISURAMIENTO DE UNA CARPETA ASFALTICA

LEMIT - ANALES, 1-1973, 93/114 (Serie II, nº 239).

Este trabajo estudia la incidencia que tiene el envejecimiento del asfalto y el aumento de "filler" (como consecuencia de la degradación de los agregados pétreos) en las fisuras producidas en un pavimento urbano luego de un período prolongado de servicio.

El envejecimiento del asfalto se estudia por medidas de consistencia y por espectrofotometría infrarroja.

Se trata de poner en evidencia la influencia del grado de fillerización mediante ensayos mecánicos de estabilidad Hubbard Field, y por el estudio reológico del sistema "filler"-betún.

Rabassa, J.

U.D.C. 551.77(821.2)

SUPERFICIAL GEOLOGY IN THE NORTHERN HILLS, BUENOS AIRES PROVINCE, ARGENTINA

LEMIT-ANALES, 5-1973, 115/159 (Serie II, nº 240).

This paper deals with the stratigraphy of Upper Caenozoic piedmont deposits of the Northern Hills (Sierras Septentrionales), Buenos Aires Province, Argentina. Three loessic formations and a sandy, fluvial one, have been described over an 1 600 km² area according to field data and sedimentological studies. Sandy and clayey silts are the most important petrographic types of these units, but gravels and sedimentary breccias were found close to the mountain front.

Erosional unconformities and caliche deposits were regionally recognized. Middle and Upper Pleistocene fossil mammals were found in the younger deposits. The oldest formation is considered to be of Pliocene or Lower Pleistocene age.

Becka, L., Borlando, L. A. and Arcelús, D. U.D.C. 634.0.41:668.736

APPLYING OF DETERMINATION METHOD OF CREOSOTE RETENTION ON PRESSURE TREATED EUCALIPTUS POLES

LEMIT-ANALES, 3-1973, 161/190 (Serie II, nº 246)

Determination of creosote retention have been performed in groups of pressure treated poles of eucaliptus viminalis and saligna, from readings in working tank gauges, from weight and from extraction by ASTM laboratory method, taken three samples from each pole.

It was established that the poles perform whichever of the following standards: IRAM, Australian and South African, with a retention measured in tank gauge of 100 kg/m³ of wood. After 7 months of pressure treatment, there is any reduction in creosote retention nor in the value detected by assay. There is not a significative difference in the retention in the two zones 1,5 m from either end.

Rabassa, J.

C.D.U. 551.77(821.2)

GEOLOGIA SUPERFICIAL DE LA HOJA "SIERRAS DE TANDIL", PROVINCIA DE BUENOS AIRES

LEMIT-ANALES, 3-1973, 115/159 (Serie II, nº 240).

Se presentan los lineamientos generales de la estratigrafía del Cenozoico superior pedemontano de un sector de las Sierras Septentrionales de la Provincia de Buenos Aires. Sobre la "roca de base" (Basamento Cristalino + Grupo Tandil) se disponen las Formaciones Barker, Vela y Las Animas, entidades preferentemente loésicas con facies fangloméricas proximales a los cuerpos serranos. Se describe una unidad de origen fluvial, la Formación Tandileofú, para el valle del arroyo homónimo.

Todas estas entidades están separadas por discordancias erosivas observadas regionalmente. Se intenta una caracterización sedimentológica de las unidades litoestratigráficas descriptas, reconociéndose la existencia de dos generaciones de tosca. Los depósitos estudiados representan al Holoceno, la mayor parte del Pleistoceno y quizás el Plioceno superior.

C.D.U. 634.0.41:668.736

Becka, L., Borlando, L. A. y Arcelús, D.

APLICACION DE METODOS DE DETERMINACION DE RETENCION DE CREOSOTA EN POSTES DE EUCALIPTUS IMPREGNADOS EN AUTOCLAVE

LEMIT-ANALES, 3-1973, 161/190 (Serie II, nº 246)

En conjuntos de postes de eucaliptus viminalis y saligna impregnados en autoclave, se determinaron valores de retención de creosota por medida en el tanque de trabajo, por pesada y por extracción en laboratorio según ASTM-D-1860, tomando tres muestras de cada poste.

Se estableció que los postes cumplen las normas IRAM, australiana y sudafricana, con retención medida en tanque de 100 kg/m³ de madera total. No hay reducción en la retención ni en el valor detectado por ensayo después de 7 meses de la impregnación.

No hay diferencia en la retención entre zonas a 1,50 m de la base y 1,50 m de la cima.

Borlando, L. A. and Becka, L.

U.D.C. 634.0.41:668.756

LABORATORY DETERMINATION METHOD OF CREOSOTE RETENTION ON IMPREGNATED EUCALIPTUS SAMPLES

LEMIT-ANALES, 3-1973, 191/209 (Serie II, nº 247)

A series of creosote retention tests on sapwood of eucalyptus viminalis and e. saligna were performed by using the standard ASTM-D-1860 and some varying of it.

Conclusions are obtained as follows: the estimated standard deviation of the determinations (precision) is about 1 %; the difference detected between results obtained in three laboratories (reproducibility) is about 1 %; the difference detected in values obtained on samples made up by tablets obtained from cores of 15 cm of diameter and of 2 cm length, and those obtained from samples made up by chips taken off the outer 2 cm zone from 30 cm specimens cutted from the aforesaid poles is of 16 %, with a standard deviation of 22 %; the difference between the retention values obtained after 6 or 8 months of impregnation and the original values, is about 1 %.

Borlando, L. A. y Becka, L.

C.D.U. 634.0.41.668.736

METODO DE DETERMINACION EN LABORATORIO DE RETENCION DE CREOSOTA EN MUESTRAS DE EUCALIPTUS IMPREGNADOS

LEMIT-ANALES, 3-1973, 191/209 (Serie II, nº 247)

Se realizaron ensayos para determinar la retención de creosota en albura de eucaliptus viminalis y saligna, utilizando la Norma ASTM-D-1860 y algunas variantes de la misma.

Se concluye que: la desviación normal estimada de las determinaciones (precisión) es de aproximadamente 1 %; la diferencia entre los resultados obtenidos en tres laboratorios (reproducibilidad) es de aproximadamente 1 %; la diferencia entre los valores obtenidos sobre pastillas cortadas de tarugos de 15 mm de diámetro y 2 cm de largo, y valores obtenidos sobre muestras de astillas tomadas de los 2 cm de corona exterior de tortas cortadas de los mismos postes es de 16 %, con desviación normal de 2 %; la diferencia entre los valores de retención obtenidos luego de 7-8 meses de impregnación y los valores originales es de aproximadamente 1 %.

ESTUDIOS SOBRE TECNOLOGIA DE MADERAS

realizados en el LEMIT entre 1948 y 1972

1. Composición y posibilidades de aprovechamiento industrial de algunos alquitranes de madera producidos en el país. Pinilla A. y V. Refi. LEMIT, serie II, n° 28, 1948.
2. Plásticos de tanino de quebracho. Nico R. LEMIT, serie II, n° 38, 1950.
3. Estudio sistemático de las maderas producidas en la Provincia de Buenos Aires. Solari F. LEMIT, serie II, n° 42, 1952.
4. Determinación de la durabilidad natural del duramen de algunas maderas argentinas. Borlando L. LEMIT, serie II, n° 51, 1953.
5. Durabilidad natural relativa del duramen de varias maderas argentinas. Borlando L. LEMIT, serie II, n° 68, 1956. Revista Construcciones, n° 134, Buenos Aires, 1956.
6. Estudio de maderas terciadas de industria nacional. Características de chapas. Solari F. LEMIT, serie II, n° 71, 1957.
7. Paneles de partículas de madera ligadas con resinas sintéticas. Nico R. LEMIT, serie II, n° 76, 1957.
8. Adhesivo de tanino de quebracho-formaldehído para tablas de partículas. Nico R., Cremaschi J. Kunststoffe-Plásticos. Año 3, cuaderno 4, 143/146. 1959. I Reunión Latinoamericana de Tecnología de Maderas, Buenos Aires, 1959. Sesiones Químicas de San Juan, 1958 y Revista Sociedad Química de Méjico, V, n° 3, 1961.
9. Problemas de durabilidad en hormigones livianos con agregados orgánicos (lana de madera). Borlando L.A. LEMIT. Serie II, n° 89, 1963; Revista de Ingeniería, año X, n° 39, 1962. I Simposio sobre Alterabilidad de Materiales y Estructuras, La Plata, 1961.

- * 10. Estudio sobre aglomeración de partículas de coihue con resinas sintéticas. Borlando L. A., 1961.
11. La industria de preservación de maderas en la República Argentina. Borlando L. A. Revista de Ingeniería, año XI, nº 41, 1963. II Simposio sobre Alterabilidad de Materiales y Estructuras. La Plata, 1962.
12. Paneles de bagazo de caña de azúcar y resina sintética. Borlando L. A. Industria y Química, 23, 2, 1963. VIII Congreso Latinoamericano de Química, Buenos Aires, 1963.
13. Parquet de madera para asentar en obra con pegamento asfáltico. Características y ensayos comparativos. Wall C. A. y C. A. Saenz. LEMIT, serie II, nº 101, 1965. I Simposio sobre Materiales y Elementos Constructivos para la Vivienda. LEMIT, 1964.
- * 14. Estudio sobre aglomeración de partículas de maderas blandas con adhesivos de tanino-formaldehido y de urea-formaldehido. Borlando L. A., 1967.
15. Humedad de la madera. Influencia sobre las características y problemas vinculados con su determinación experimental. Wall C. A. Informaciones IRAM, octubre-diciembre 1967.
16. La influencia de la humedad de la madera en su comportamiento. Wall C. A. LEMIT, serie II, nº 138, 1969. Revista de Ingeniería, XVII, nº 65.
- * 17. Estudios sobre tableros de partículas de madera de algarrobo aglomerados con adhesivo de tanino-formaldehido. Borlando L. A., 1969.
18. Causas y prevención del deterioro de la madera en torres de enfriamiento de agua. Borlando L. A. LEMIT, 3-1970, serie II, nº 164.
19. Estudio sistemático de las maderas producidas en la

Provincia de Buenos Aires. Parte II. Propiedades físico-mecánicas del eucalipto. Wall C. A. y C. Barbieri Basso (en ejecución).

20. Estudio sistemático de las maderas producidas en la Provincia de Buenos Aires. Parte III. Ensayos de madera seca y verde de *Eucaliptus camaldulensis*. Wall C. A. y C. Barbieri Basso (en ejecución).
21. Estabilización de las maderas (secado natural y artificial del eucalipto). Wall C. A. y C. Barbieri Basso (en ejecución).
22. Estudio de características físico-mecánicas de maderas: *Eucaliptus grandis*; *Copernicia alba* (palma negra y colorada); *Pinus insignis*. Barbieri Basso C. (en ejecución).
23. Estudio comparativo sobre determinación de la retención de creosota en el laboratorio y en la planta de impregnación. Borlando L. A. (en ejecución).

* Trabajos realizados por Convenio, no publicables (difusión restringida).

Este ejemplar se terminó de
imprimir en los Talleres Gra-
ficos del M. O. P., el día 16
de julio de 1973

Se permite la reproducción total o parcial de estos trabajos
siempre que se deje constancia de la fuente de origen