

ISSN 0372-462x

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MUSEO
REVISTA DEL MUSEO DE LA PLATA
(NUEVA SERIE)

IX

Geología 78

LA ANDALUCITA DE MAZAN (PROVINCIA DE LA RIOJA) Y SUS CARACTERISTICAS TECNOLOGICAS

Por

Garrido, L.*
Etcheverry, R.**
Fernández, R.**
Schalamuk, I.**

*CETMIC: Centro Tecn. de Recursos Miner. y Cerám.

**INGEA: Fac. Ciencias Nat. y Museo - UNLP

RESUMEN

Han sido estudiadas las características mineralógicas y tecnológicas de la andalucita presente en pegmatitas del flanco suroccidental de la sierra de Ambato, provincia de La Rioja (minas "La Dichosa" y "Refrac"). Se señala su modo de yacencia, características ópticas, análisis químicos, difractogramas de Rayos X, espectrografía infrarroja, análisis térmico diferencial, así como ensayos tecnológicos que tipifican a este mineral en cuanto a usos industriales. Se sugiere un posible origen del mismo en los yacimientos tratados y finalmente se concluye que el material estudiado presenta aptitudes similares, para su utilización industrial a las de una muestra procedente de Sud Africa utilizada para comparación.

ABSTRACT

The mineralogical and technological features of the andalusite, placed in the pegmatite of the southwest slope of the Ambato range, La Rioja province, has been study. The occurrence, the optical properties, chemical analysis, X ray-diffraction data, infrared spectrography, differencial termical analysis, as well as technological test for its industrials abilities, are showed. Also an alternative for the origin at this mineral in the deposits and finally its concluded that this material show similar properties for its industrial use, than the sample from South Africa used as standart.

INTRODUCCION

El mineral objeto del presente estudio pertenece al Grupo Al_2OSiO_4 (Ramdohr y Strunz, 1978), al cual corresponden además la sillimanita y cianita o disteno. Estos tres nesosilicatos de aluminio presentan idéntica composición química pero distintas particularidades estructurales. Dichas diferencias consisten en que en cada red se establecen dos clases de iones aluminio, una parte entra con número de coordinación seis, único en el caso de cianita y otra parte entra con cinco, en la andalucita, o con cuatro, en la sillimanita.

La existencia de estos minerales polimorfos en nuestro país ha sido citada frecuentemente especialmente como constituyentes de determinadas rocas metamórficas, sedimentarias e ígneas, pero son escasas las concentraciones de importancia económica. La sillimanita y cianita se encuentran en pequeños depósitos y manifestaciones en ambientes cristalinos de las sierras de San Luis, normalmente en contacto con filones pegmatíticos y micaesquistos (Angelelli et. al., 1980). Asimismo, la sillimanita junto a otros silicatos de aluminio han sido estudiados por diversos autores, entre otros por Hayase y Prozzi (1966 y 1970), en el área de Tacuil, provincia de Salta, como nódulos y venillas asociadas a guías de cuarzo incluídas en metamorfitas.

En lo que se refiere a la andalucita, se la conoce en la provincia de La Rioja (Aceñolaza, 1969; Ricci, 1971 y Schalamuk et. al. 1983), en los departamentos Arauco y Capital, en concentraciones llamativas, aunque modestas, a modo de "nidos" o asociaciones en "abanico" en cuerpos pegmatíticos que se alojan en rocas graníticas porfiroideas. Durante el período 1975-79, se extrajo en la citada zona, un total de 14 t., según datos proporcionados por el concesionario de las propiedades mineras, con destino a la elaboración de materiales refractarios para el reacondicionamiento de hornos eléctricos. El mineral aprovechado proviene de la mina "La Dichosa" amparada por dos pertenencias y el denuncia minero "Refrac".

Cabe señalar que entre los principales países productores de este mineral, según las estadísticas para el lustro 1976-80 (Minerals Yearbook, 1980), se cuentan a Sud Africa: 621.231 t.; Francia (cianita-andalucita): 129.578 t.; España: 24.604; Corea: 695 t. e India: 612 t.

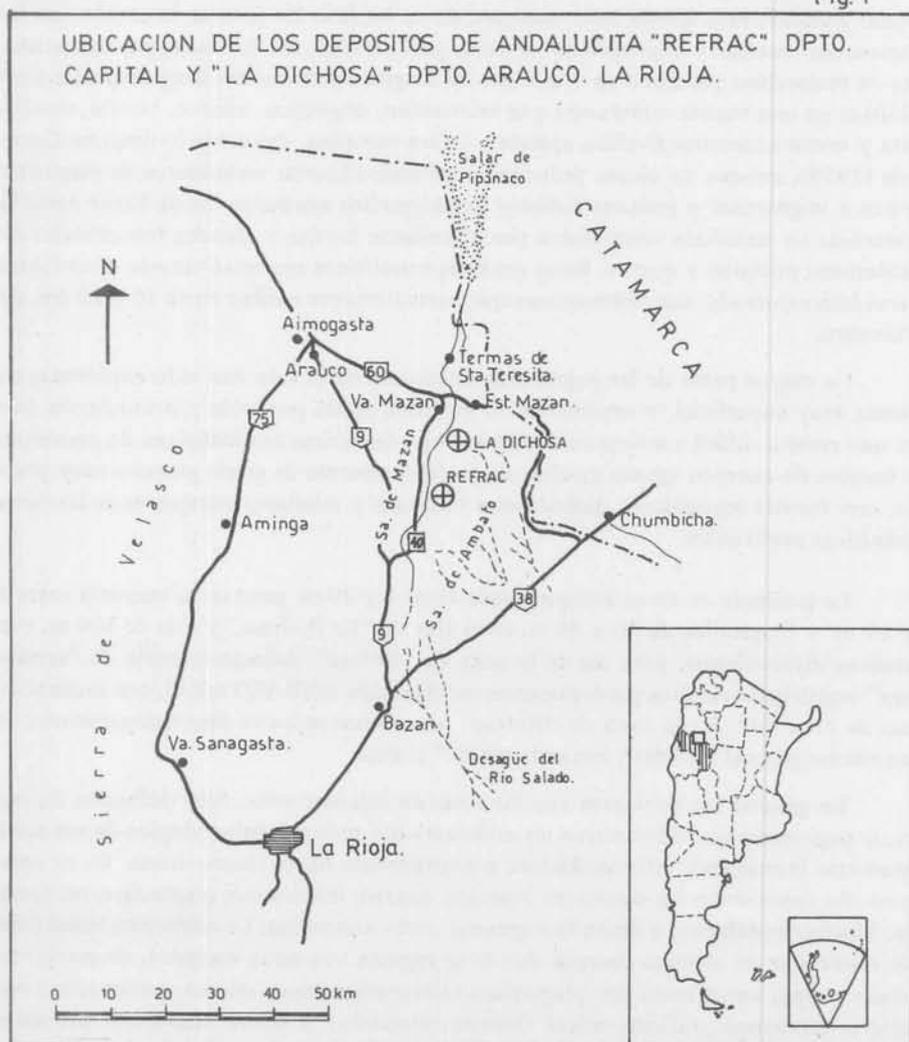
Dada la escasa información que se tiene acerca de las características de este mineral, este trabajo intenta caracterizar mineralógica y tecnológicamente a este silicato de aluminio yacente en la porción suroccidental de la sierra de Ambato, provincia de La Rioja.

UBICACION

Las propiedades mineras mencionadas, se localizan en los departamentos Arauco y Capital de la provincia de La Rioja. La mina "La Dichosa", en el departamento citado en primer término, se sitúa en el faldeo occidental de la sierra de Ambato, en

la margen izquierda del río Salado. Su acceso se efectúa por la ruta provincial N° 10 hasta Est. Mazán, y desde esa población se debe proseguir unos 15 km. hacia el sur a través de un camino vecinal. "Refrac" se halla en el Dpto. Capital a unos 78 km. al norte de la ciudad de La Rioja y 30 al sur de Villa Mazan, frente al Km. 11 de la ruta provincial N° 10 (Fig. 1).

Fig. 1



CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DEL AREA

Los rasgos geológicos generales de esta unidad geográfica, que forma parte del sistema de las Sierras Pampeanas, han sido tratados por diversos autores, entre otros, por Gonzalez Bonorino (1950), Quartino y Villar Fabre (1960 y 1963) y Caminos (1972 y 1979).

En el ambiente geológico local, donde se alojan los cuerpos pegmatíticos portadores de andalucita, predomina un basamento granítico de grano mediano a grueso, porfiroide, con algunas variaciones que oscilan entre una textura maciza a otra de aspecto gnésico, esta última muy enriquecida en biotita. En general, lo común son las variedades macizas y homogéneas de color pardo rojizo, conformadas por fenocristales de microclino perfitico de 2 a 4 cm. de longitud distribuidos irregularmente e incluidos en una matriz compuesta por microclino, oligoclasa, cuarzo, biotita, muscovita y como accesorios titanita, apatita y escasa tumalina. Tal como lo describe Caminos (1979), aunque en escasa proporción, se suele observar transiciones de esquistos puros a migmatitas o granitos foliados hasta granitos normales. Es de hacer notar la presencia de xenolitos compuestos por abundante biotita y grandes fenocristales de feldespato potásico y cuarzo. Estos enclaves xenolíticos son relativamente abundantes en el área estudiada, con dimensiones que normalmente oscilan entre 10 y 20 cm. de diámetro.

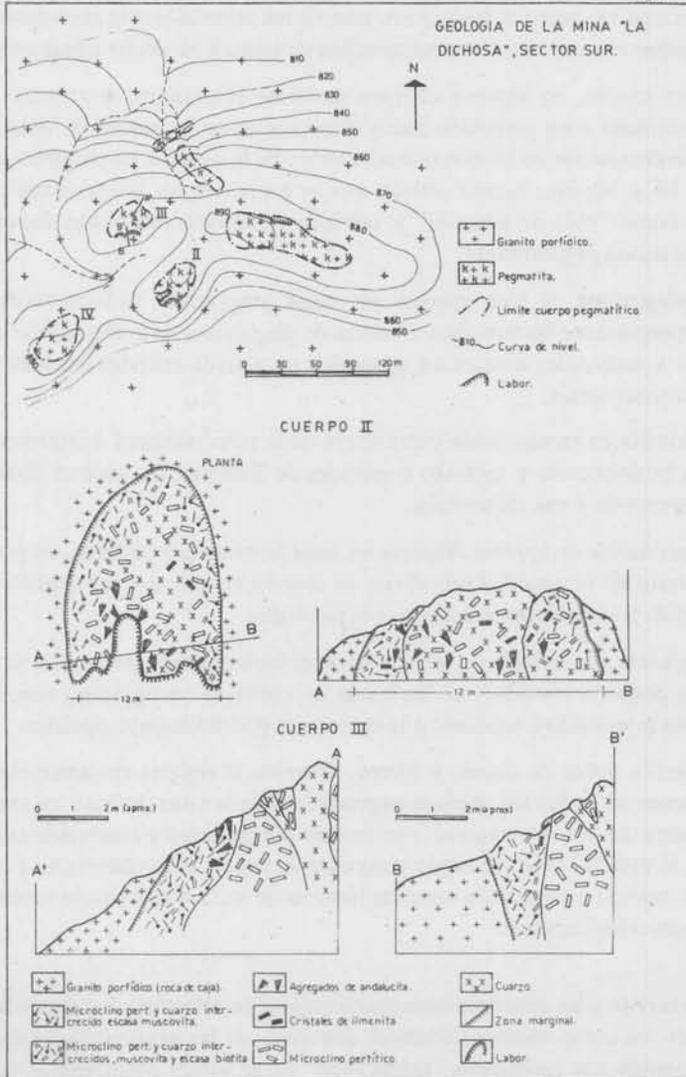
La mayor parte de las pegmatitas existentes en el área han sido exploradas en forma muy superficial, y explotadas en pequeña escala por mica y/o andalucita, por lo que resulta difícil conocer en detalle sus características morfológicas. Se presentan a manera de cuerpos ígneos intrusivos, preferentemente de grano grueso a muy grueso, con formas lenticulares, globulares o bulbosas y tabulares encajantes en las rocas graníticas porfiroides.

La potencia de estos cuerpos oscila entre 4 y 20 m. pero en su mayoría entre 5 y 10 m. y longitudes de 20 a 80 m. en el área de "La Dichosa" y más de 300 m, con asomos discontinuos, para los de la zona de "Refrac". Afloran a modo de "crestones" registrando rumbos predominantes de dirección NNE-SSO a E-O, con inclinaciones de 20 a 80°. En la zona de "Refrac" los mismos se los ve discontinuamente con un rumbo general N35-40°, buzando 60-80° al Este.

En general los contactos con las rocas de caja son netos, bien definidos. Se trata de pegmatitas que demuestran un ordenamiento textural-mineralógico de sus componentes (zonación), diferenciándose eventualmente hasta cuatro zonas. En su composición intervienen las siguientes especies: cuarzo, microclino, plagioclasa, muscovita, biotita, andalucita, e ilmenita y granate como accesorios. La estructura zonal puede observarse en algunos cuerpos donde se registra una zona marginal, de grano mediano a fino, constituida por plagioclasa (albita-oligoclasa), cuarzo y microclino con intercrecimientos gráficos, micas (biotita-muscovita) y como accesorios pequeños cristales de turmalina negra y granate. Dicha zona tiene un espesor de pocos milíme-

tros a menos de 10 cm.; la misma pasa transicionalmente a una intermedia de 40 a 50 cm. a 2-3 m. de espesor, con cristales gruesos a muy gruesos, integrada por microclino, pertita, cuarzo, muscovita y escasa biotita; y una central o núcleo con formas y dimensiones irregulares. En general el núcleo se ubica más o menos simétricamente con las zonas laterales, especialmente en aquellas pegmatitas lenticulares y globosas, y está integrado por amplias masas de cuarzo y microclino rosado (Fig. 2).

Fig. 2



Desde el punto de vista mineralógico, y antes de considerar al mineral que motiva este trabajo, puede señalarse algunas características de los minerales participantes. El feldespato predominante, microclino, muestra en general un buen desarrollo y un color blanco grisáceo con tono rosado; se presenta en cristales anhedrales a subhedrales en las zonas centrales o núcleos. El examen microscópico revela la presencia de plagioclasa (albita) en intercrecimiento peritítico, ya sea a modo de bandas o manchas (perititas maculosas) de formas muy irregulares.

El cuarzo es, junto al feldespato, uno de los minerales más abundantes, aparece en masas informes, con sus mayores tamaños de hasta 1 m. en las zonas centrales.

La muscovita, en algunos cuerpos suele ser abundante, se presenta formando fajas discontinuas o en pequeños nidos dispersos entre las masas de cuarzo y feldespato, preferentemente en las zonas intermedias. Se la observa en paquetes con dimensiones de 10 a 30 cm., siendo común que se presenten en asociaciones de texturas conocidas como "cola de pescado" y también en láminas muy finas dispersas en sectores de las masas pegmatíticas.

La plagioclasa, si bien aparece en escasa proporción, lo hace mayormente en las zonas marginales e intermedias. Se trata de plagioclasa de composición albitica, de grano fino a sacaroide; a veces en agregados de típicos cristales laminares, de color blanco con tono crema.

La biotita es escasa, suele presentarse en la zona marginal e intermedia, a veces asociada a la muscovita y también a cristales de ilmenita. Lo hace en láminas pequeñas no mayores de 2 cm. de sección.

La turmalina se aprecia dispersa en toda la masa pegmatítica, en proporciones bajas. Se trata de la variedad schorlita y se observa en cristales prismáticos negros, de una longitud que normalmente no excede los 4 cm.

El granate, de color rojo, en cristales subhedrales muy pequeños, se encuentra, aunque en pequeña cantidad, en las zonas de contacto (marginales) con el granito y en las zonas intermedias, asociado a la muscovita o al feldespato potásico.

El óxido doble de titanio y hierro, ilmenita, se registra en cantidades variables, prácticamente en todos los cuerpos pegmatíticos de la zona; lo hace en cristales tabulares de hasta 15 cm. de longitud, con formas pinacoidales y romboédricas bien desarrolladas. El mineral de color negro y raya parda rojiza, se lo observa en parte hematizado. Es normal encontrarlo entre las láminas de mica o rellenando interespacios en la masa cuarzo-feldespática.

De acuerdo a las observaciones practicadas y en relación a las asociaciones paragenéticas de los componentes minerales que integran las pegmatitas del área estudiada, se desprende que las mismas "prima facie" no se hallan comprendidas en ninguno de los cuatro tipos descriptos por Herrera (1965) para las Sierras Pampeanas, sin em-

bargo en lo que se refiere a la estructura y participación de minerales esenciales se podría aproximar al tipo 3 del citado autor.

En lo que respecta a la génesis de estos cuerpos diasquísticos, si bien no es motivo de mayor tratamiento en este trabajo, se puede considerar que se deben a fluidos pegmatógenos, exudaciones magmáticas o fusión de las rocas del basamento que se consolidaron dentro del granito, cuando éste no había cristalizado totalmente, sino que la masa conservaba aún su plasticidad, generando por ello cuerpos globosos, bulbosos o lenticulares. Aquellos de hábito tabular se presume que fueron inyectados posteriormente a procesos tectónicos algo tardíos.

ANDALUCITA

Este silicato de aluminio $-Al^{(6)}Al^{(5)} [O/SiO_4]$ - se presenta en agregados fibro-radiados de hasta 50 cm. de longitud, preferentemente en las zonas intermedias y en los bordes de las pegmatitas, eso es en zonas compuestas por microclino perfitico con intercrecimiento de cuarzo y eventualmente asociado a muscovita. Suele aparecer a modo de enclaves circulares o nidos, en agregados radiales o en "abanico" muy característicos, de color verde amarillento a violáceo con tinte rojizo por tinción superficial de óxidos de hierro. Los cristales prismáticos muestran alta dureza (mayor de 7 en la escala de Mohs), con fractura astillosa y clivaje definido según (110). (Fig. 5).

De acuerdo a las observaciones practicadas en los frentes y en muestras de mano se aprecia que la andalucita es uno de los primeros en cristalizar, tal como parece indicar los intercrecimientos de feldespato que rellenan fracturas de la andalucita (Foto 5-a) o penetrados en los espacios inter-fibras. Asimismo es dable observar frecuentemente pequeñas laminillas de muscovita adosadas a los cristales de andalucita.

Las características del mineral son en general constante para toda el área pegmatítica estudiada, variando a un color más rojizo en los pertenecientes a "Refrac", asimismo las dimensiones de las fibras detectadas en esa propiedad no excede los 30 cm.

Características Ópticas

Las muestras analizadas bajo el microscopio presentan un color rosado amarillento a verdoso violáceo; las procedentes de "La Dichosa", presentan tonos verdosos más marcados. El pleocroismo es notable en todas las muestras estudiadas, X-Y: verde amarillento y Z: rosado amarillento violáceo.

Se suelen observar maclas según (101) y también, en algunos individuos, especialmente los que proceden de "Refrac" una cierta zonación. Las mediciones de los índices para las muestras estudiadas, indican los siguientes valores promedios de cuatro determinaciones:

"La Dichosa"	"Refrac"	"MG"*
$\alpha = 1,634$	$\alpha = 1,633$	$\alpha = 1,636$
$\beta = 1,642$	$\beta = 1,639$	$\beta = 1,640$
$\gamma = 1,644$	$\gamma = 1,641$	$\gamma = 1,646$

* Proporcionada por la firma Altschul y Cía. Sud Africa.

Las demás constantes ópticas son similares a las expuestas por Deer, Howie and Zussman (1967).

En una sección perpendicular al eje C el mineral se presenta en cristales de 1 a 1,5 mm de base y otras veces en individuos que conforman "haces"; con buen clivaje (exfoliación en 2 direcciones $110 - \bar{1}\bar{1}0 = 89^\circ$) y extinción ondulante. En un mismo cristal se distinguen sombras claras y oscuras, generalmente las primeras en los bordes; las diferentes zonas se deberían a etapas de crecimiento y posibles variaciones en la composición. Asociados a la andalucita aparecen: muscovita en escamas diseminadas; biotita en venillas o diminutas hojuelas; cuarzo y venillas no mayores de 100μ de ancho de un agregado de grano fino, pinítico-sericítico, con algo de muscovita y cuarzo, que a veces se continúa en una masa oscura (posiblemente materia carbonosa). Al estudiar otras secciones delgadas, paralelas a las fibras, se observó que las muestras provenientes de "Refrac" se presentaban muy fisuradas, dichas fracturas se disponían de manera oblicua al clivaje. Se procedió asimismo a medir el ángulo $2V$, obteniéndose: 73° ("Refrac") - 75° ("La Dichosa"). (Fig. 6).

Mediante la utilización del microscopio electrónico de barrido Scanning se detectó la presencia de Mn, además de Si-Al-Fe-Ti. El mineral aquí descrito se encontraría entre una andalucita propiamente dicha y una magnanoandalucita, aunque no se trata de la variedad "viridina" pues no presenta elongación positiva.

La densidad absoluta de las muestras en estudio se determinó por picnometría a 25° C, siguiendo la norma IRAM 12517, las mediciones se realizaron por duplicado y arrojan los siguientes valores promedios:

$$M1 = 3,161 \text{ g/cm}^3$$

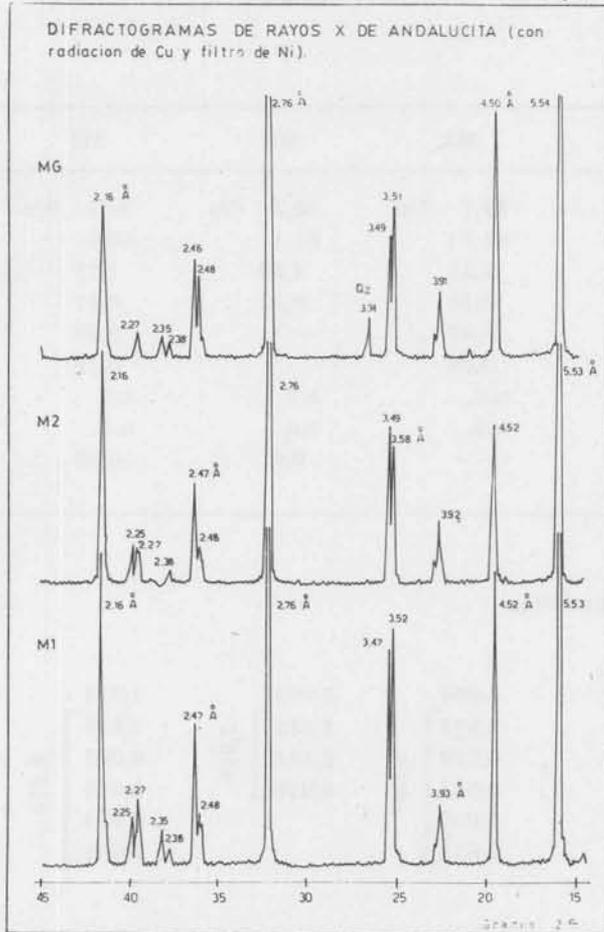
$$M2 = 3,145 \text{ g/cm}^3$$

$$MG = 3,117 \text{ g/cm}^3$$

Difracción de Rayos X

El estudio de los difractogramas (Fig. 3), indica que las muestras analizadas están compuestas principalmente por andalucita, sin que por esta técnica pueda ser detectada la presencia de material contaminante; observándose asimismo una similitud entre los registros de los materiales de "La Dichosa" (M1), "Refrac" (M2) y el del procedente de Sud Africa (MG).

Fig 3



Los análisis fueron realizados con un equipo Philips PW 1140 a 40 KW y 20 mA, con radiación α Cu ($\lambda = 1,54 \text{ \AA}$), filtro de Ni y una velocidad de 1° por minuto.

Análisis Químicos

Las determinaciones químicas efectuadas, a nuestra solicitud, por el Dr. Gordillo y el Sr. Iasi, indican que las andalucitas de La Rioja son algo más aluminosas que la procedente de Sud Africa, que acusan también una mayor proporción de Fe_2O_3 y contenidos menores en SiO_2 . Tal como puede observarse en la Tabla I, las diferencias son mínimas y por otra parte registran una notable semejanza con numerosos análisis de diversos depósitos mundiales que transcribe DEER et. al (op. cit.).

Tabla I

	M1	MB	M2	MG
SiO ₂	36,7 o/o	36,7 o/o	36,2 o/o	39,1 o/o
Al ₂ O ₃	61,4	61,1	60,9	58,6
Fe ₂ O ₃	1,21	1,80	1,15	0,42
TiO ₂	0,16	0,22	0,17	0,16
MgO	0,07	----	0,09	0,16
CaO	0,08	----	0,12	0,05
Na ₂ O	n.d.	n.d.	n.d.	0,10
K ₂ O	n.d.	n.d.	n.d.	0,26
Perd. por calc.	----	0,4	0,04	1,1

Nº de iones sobre la base de 20 (0)

Si	3,994	3,993	3,973	4,270
Al	7,875	7,835	7,878	7,544
Fe ⁽³⁾	0,099	0,146	0,095	0,034
Ti	0,013	0,018	0,014	0,013
Ca	0,009		0,014	0,058
Mg	0,011		0,015	0,026
Na				0,021
K				0,036

-MB- Andalucita mina "La Dichosa", analizada por Dr. Gordillo.

M1-M2-MG- Andalucitas analizadas por Sr. Iasi.

Espectrografía Infrarroja

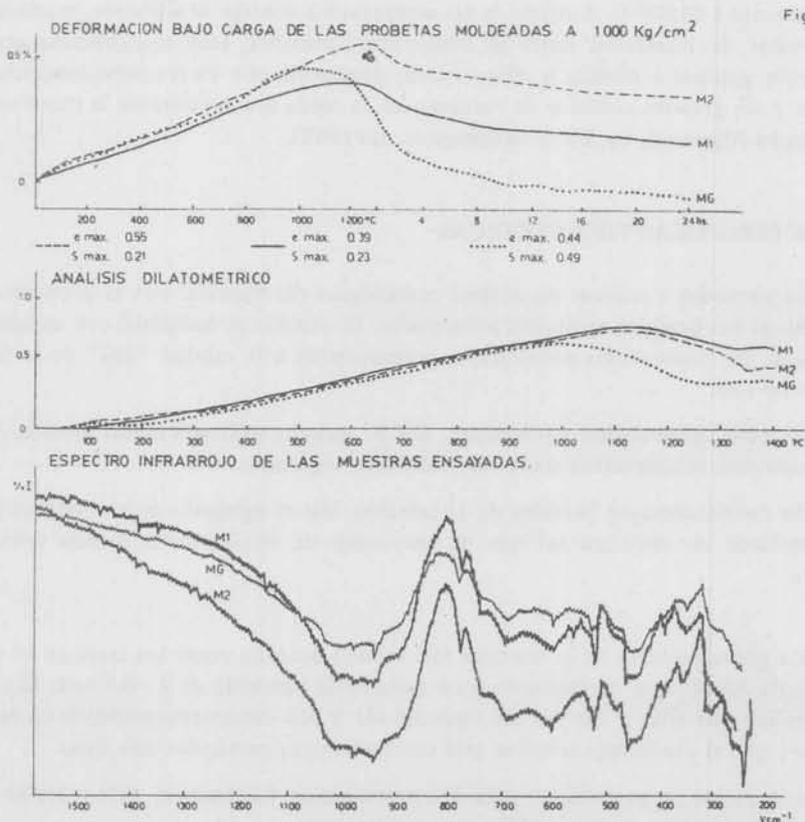
Mediante la utilización de un equipo Perkin Elmer, Modelo 577 se obtuvieron espectros infrarrojos para discos con BrK; en los mismos se observan las bandas típicas para este tipo de silicatos anhidros (Farmer, 1974) los que estructuralmente son oxo-ortosilicatos.

A continuación se presenta, de acuerdo a Gadsden (1975), un detalle de la ubicación de las bandas en el espectro y la intensidad frecuente de las mismas:

1020 - 1010	b,sh	} b	780 - 775	m,sh	} b	485 - 480	s
980 - 976	s		740 - 735	m,sh		455	vs
940	vs		685	b		440	sh
895 - 885	s,sh		610 - 600	vs,b		415	sh
855	sh		560 - 558	sh		390	m
			520	s		360	s

La simbología utilizada se traduce como: vs: muy definido (> 80 o/o absor.); s: definido (< 80 o/o absor.); m: medianamente definido (< 40 o/o absor.); b: banda ancha y sh: apenas definido.

Los diagramas de las muestras estudiadas se ajustan al del mineral andalucita sin inconveniente. (Fig. 4).



Análisis Térmicos

Las muestras fueron sometidas a un tratamiento térmico y su comportamiento durante el calentamiento fue seguido mediante análisis térmico diferencial y dilatometría.

El A.T.D. fue realizado a una velocidad de calentamiento de 10° por minuto hasta una temperatura superior a 1400° C, en que ocurre la transformación en mullita y sílice vítrea, de acuerdo a lo establecido por: Singer y Singer (1976); Norton (1972); Aliprandi (1979) y Fleurence (1965).

Para el análisis dilatométrico se trabajó sobre probetas con la muestra molida, la que al carecer de plasticidad con el agua fue necesario el agregado de ligante a fin de facilitar el moldeo. Los dilatogramas se presentan en la Fig. 4.

Se efectuó el ensayo con un dilatómetro Neztch entre 20 y 1400° C a una velocidad de calentamiento de 5° C por minuto. Las curvas obtenidas muestran una expansión regular con el aumento de temperatura, llegando a un valor máximo aproximadamente a 1100° C. A partir de esa temperatura contrae débilmente, manteniendo el valor de dilatación hasta la temperatura máxima; esto se explicaría por la formación gradual a mullita y sílice vítrea, producida por un reacomodamiento de átomos y sin grandes cambios de volumen en la celda unidad durante la transformación, según Aliprandi, op. cit. y Sadanaga et. al (1962).

CARACTERISTICAS TECNOLOGICAS

Se procedió a realizar un análisis tecnológico del material con el propósito de determinar sus posibles aptitudes industriales. El estudio se completó con andalucita comercial, de procedencia sudafricana, perteneciente a la calidad "MG" de la firma Altschul y Cía.

El cono pirométrico equivalente, C.P.E., prueba utilizada como medida de la refractariedad, se determinó sobre los materiales originales.

Se confeccionaron ladrillos de andalucita, con el agregado de un material plástico arcilloso en cantidad tal que el porcentaje de Al_2O_3 en la mezcla fuera de 55 o/o.

La granulometría de la muestra MG resultó acotada entre los tamices 10 y 35 de la serie ASTM que corresponde a un tamaño de partícula de 2 - 0,5 mm. El tamizado indicó que sólo el 80 o/o del material M1 y M2 estaba comprendido en ese intervalo y que el porcentaje restante está compuesto por partículas más finas.

Las piezas se prepararon para dos presiones de fabricación, 500 y 1.000 kgf/cm² y fueron calcinadas a 1450° C durante seis horas.

Las técnicas utilizadas para la medición de la refractariedad, porosidad, peso específico y variación de tamaño, están normalizadas y corresponden a: C.P.E., IRAM 12507; Porosidad y absorción de agua, IRAM 12510; Densidad aparente, IRAM 12510; Contracción lineal permanente, IRAM 12516 y "Creep" o ensayo de deformación bajo carga, DIN 51053. En la Tabla II se presentan los resultados obtenidos:

Tabla II

Características de los cuerpos después de la calcinación.

Muestra	C.P.E.	Contracción (%)	Porosidad (%)	Absorb. de agua (%)	Peso Específ. Aparente g/cm ³
M1 (1000 $\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$)	35	1	17	6,8	2,49
M2 " "	35	0,9	17,8	7,2	2,48
MG " "	35	0,5	19,3	7,9	2,42
M1 (500 $\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$)	--	0,65	18,9	7,8	2,43
M2 " "	--	0,5	19,1	7,9	2,43

El ensayo de "Creep" o deformación bajo carga se efectúa sometiendo a la pieza a un calentamiento hasta 1280°C a una velocidad de 5° por minuto y manteniendo luego la temperatura constante por 24 hs. La carga aplicada es de 2 kgf/cm².

Mediante un sistema diferencial se mide la dilatación o contracción de la probeta como una función de la temperatura y del tiempo.

De la curva obtenida se calcula:

e máx. = dilatación máxima en %.

S máx. = diferencia entre e máx. y el valor obtenido a las 24 hs. de ensayo, en %.

En la bibliografía se recomienda para los refractarios más resistentes al "Creep", valores de e máx. < 0,72 % y S máx < 0,4 %. Se trata de resultados empíricos requeridos por la firma Riedhammer GmbH & Co. de Alemania para sus piezas.

Las curvas y datos de "Creep" se presentan en la Fig. 4; se observa que los cuerpos fabricados con las muestras nacionales tienen muy buen comportamiento a la deformación bajo carga, aunque debe notarse que la curva correspondiente a la muestra MG manifiesta un valor S máx. superior al recomendado.

Mediante un análisis cuantitativo por difracción de rayos X se determinó el contenido de mullita de las piezas a ensayar. Los resultados encontrados por esta técnica son: 67, 61 y 39 % que corresponden a las muestras M1, M2 y MG, respectivamente. Dichos valores podrían relacionarse con el mayor porcentaje de partículas finas en los ladrillos fabricados con andalucitas nacionales, que facilita la transformación a mullita.

La mayor resistencia al "Creep" de las piezas moldeadas con los materiales M1 y M2 se explicaría por el mayor contenido de mullita encontrado en los mismos.

En la Tabla III se resume la distribución y tamaño de poros de las piezas calcinadas después del ensayo de deformación. Se deduce que no existen diferencias texturales apreciables entre ellas y que el ensayo de "Creep" afecta la distribución, reduciendo la cantidad de poros finos, con el correspondiente aumento de los de diámetro medio o grueso.

Tabla III
Distribución y Tamaño de Poros

Muestra	Porosidad	Poros	Poros	Poros	Clase Principal
		Gruesos	Medios	Finos	
		(100-22 μ)	(22-2 μ)	(< 2 μ)	(12-1.75 μ)
	(%)	%	%	%	%
M1	11	14	57	30	34
M2	12	10	80	10	52
MG	13	13	81	7	46
M1 después creep	13	11	75	13	49
M2 después creep	12	15	78	7	49
MG después creep	14	25	63	12	37

Discusión de resultados

Se trata de muestras de andalucita sin impurificaciones de cuarzo o minerales fundentes. El análisis químico corresponde a uno típico para este tipo de materiales, porcentaje de Al_2O_3 entre 61-61,4; bajo contenido en alcalis y sin pérdidas de calcinación (0,00 - 0,04 o/o).

El estudio dilatométrico evidencia una expansión durante el calentamiento, siendo el valor máximo de 0,5 - 0,7 o/o a 1100°C. Las andalucitas presentan alto cono pirométrico, para las muestras originales corresponde un valor de C.P.E. mayor de 36 (1804°C) y para los cuerpos fabricados con estos materiales se obtuvo mayor que 35 (1785°C).

La composición óptima para las probetas resultó de la mezcla de 80 o/o de andalucita con 20 o/o de arcilla gris del yacimiento Margarita II, situado en el distrito Amaná, La Rioja; con bajo contenido de Na_2O y C.P.E. 32 (1717°C).

Por moldeo de los cuerpos en semiseco (4 a 5 o/o de humedad) se obtuvieron probetas de muy buen aspecto a una presión de fabricación de 1000 kgf/cm², con baja contracción lineal permanente (0,5 - 0,9 o/o), con valores de porosidad y absorción de agua adecuados (17 - 6,83 o/o) y con un peso específico aparente de 2,48 g/cm³.

Los resultados del ensayo estandar de "Creep" mostraron un valor longitudinal máximo de 0,48 o/o y la relación con el valor correspondiente a las 24 horas fue de 0,23 o/o.

Se concluye finalmente, que los productos de minerales nacionales examinados presentan similar comportamiento que los obtenidos con la andalucita sudafricana, en consecuencia son apropiados para su utilización.

CONSIDERACIONES GENERALES Y CONCLUSIONES

El área estudiada es el único distrito pegmatítico portador de andalucita que se conoce en el país. El aspecto genético no ha sido considerado en este trabajo, sin embargo, siguiendo a diversos autores y en especial a Rose (1957), para distritos similares, la formación del mineral se debería a una combinación de procesos químicos que tuvo lugar a altas temperaturas, mediante el aporte de fluidos magmáticos ricos en alúmina provenientes de fuentes profundas o de fusión parcial de rocas del basamento. Es de señalar que Caminos (1972) determinó en las laderas sud-orientales del Cordón del Ambato, en la Fm. La Cébila, cuarcitas y filitas, con nódulos de sillimanita, muscovita y biotita y porfiroblastos de andalucita especialmente en las filitas.

El material estudiado posee alto poder refractario lo que lo hace adecuado para la fabricación de refractarios con alto contenido de alúmina.

La transformación de andalucita a mullita ocurre a temperaturas relativamente bajas (1380 - 1400° C), sin grandes cambios de volumen y posibilita la elaboración de ladrillos con menor porosidad y mayor densidad que los fabricados con mezclas de arcilla - bauxita.

El hecho de la pequeña variación volumétrica, sin pérdidas por calcinación, posibilita su uso como "chamote" sin calcinación previa con el consecuente ahorro de energía. Esto ha generado en los últimos años un importante desarrollo en refractarios que tienen como materia prima andalucita sobre todo en Europa (Dunçon y Mc Craken, 1981).

La baja cantidad de fundentes posibilita la elaboración de ladrillos que pueden soportar carga a alta temperatura durante períodos prolongados.

Las ventajas de procesamientos, de servicio y económicas, sobre los ladrillos de alta alúmina e incluso sobre los de sillimanita y cianita son señaladas y destacadas en la bibliografía, Carroll-Mattheus (1980) y Carroll-Grobbelaar (1981).

Las investigaciones actuales ponen en evidencia la superioridad de los ladrillos de andalucita para usos específicos como son: revestimientos de carro torpedo para el transporte de arrabio, en el empilado de los regeneradores, en cucharas para colada de acero y como refractarios en la construcción de hornos cerrados y abiertos para cocimiento de ánodos (Carroll-Mattheus, op. cit. y Carroll-Grobbelaar, op. cit.).

Agradecimientos

Los autores agradecen al Ing. V. Angelelli por sus interesantes sugerencias y lectura crítica del manuscrito; al Dr. E. Pereira -Director del CETMIC- por su colaboración para efectuar los ensayos tecnológicos; al Dr. C. Gordillo por el análisis químico de la andalucita de "La Dichosa" y al Sr. E. Kurzawinski, concesionario de las propiedades mineras.

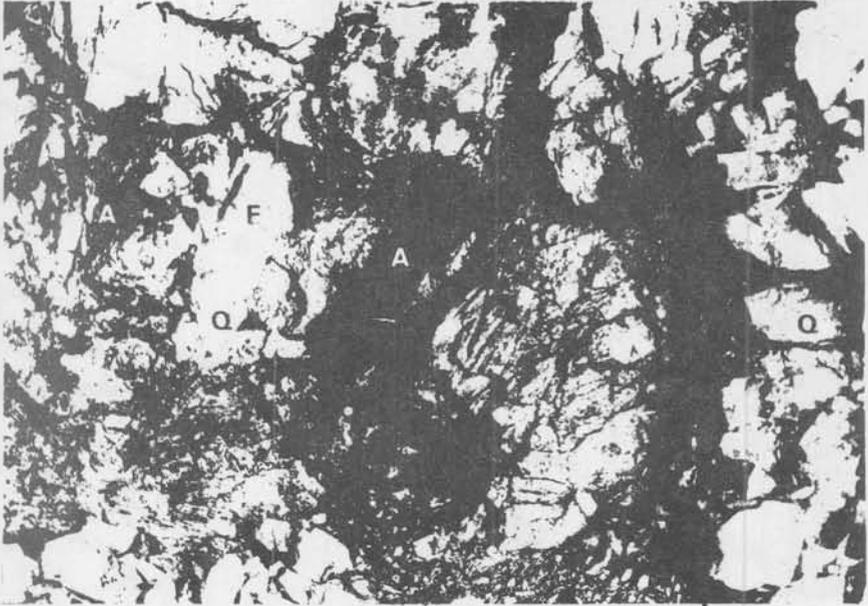
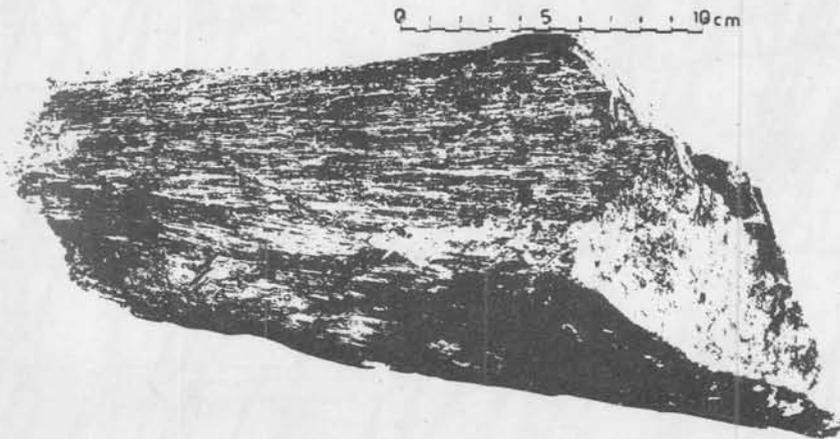


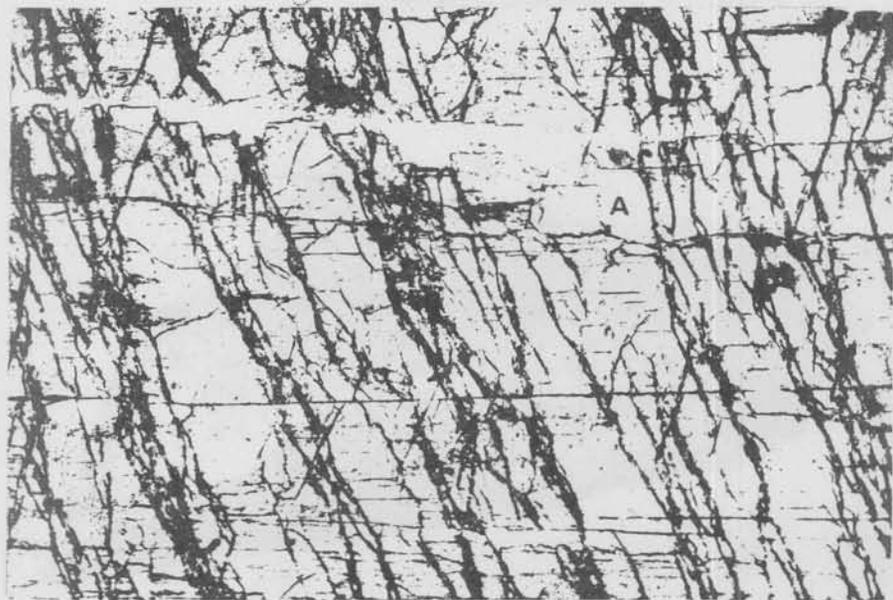
Fig. 5- a) Mina " La Dichosa " , cuerpo II (labor)
A-andalucita, F-feldespato, Q-cuarzo



b) Agregado de andalucita, mina "La Dichosa".



Fig. 6- a) Mina " La Dichosa " - Sección transparente paralela a C. Andalucita (A), Sericita (S) - x 44.



b) Mina " Refrac ". Sección transparente paralela a C. Andalucita (A), se observa su clivaje y abundantes microfisuras. - x 44.

BIBLIOGRAFIA

- ACENOLAZA, F. G. 1969: *Informe acerca de la andalucita de la mina "La Dichosa", dpto. Arauco, La Rioja.*
Dir. Provincial de Minería. La Rioja. Inédito.
- ALIPRANDI, G. 1979: *Materiaux refractaires et ceramique techniques. Part. I. Ed. Séptima, Paris.*
- ANGELELLI, V., SCHALAMUK, I. y FERNANDEZ, R.: 1980: *Los yacimientos de minerales no metalíferos y rocas de aplicación de la región Centro-Cuyo.*
Sec. Est. Minería. Anales XIX.
- CAMINOS, R.: 1972: *Sierras Pampeanas de Catamarca, Tucumán, La Rioja y San Juan.*
Geol. Regional Arg.-Acad. Nac. de Ciencias de Córdoba, p. 41 - 79.
- CAMINOS, R.: 1979: *Sierras Pampeanas Noroccidentales. Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja y San Juan.*
Geol. Reg. Arg.-Acad. Nac. de Ciencias de Córdoba, t. I, p. 225 - 291.
- CARROLL, J. y MATTHEWS, W. 1980: *Tendencia al uso de andalucita en el empilado de los regeneradores y revestimientos de cucharas.*
Paper presentado al Congr. ILAFA-ALAFAR, Perú.
- CARROLL, J. y GROBBELAAR, A. 1981: *Refractories for anode baking furnaces. Paper presentado al 110th TMS-AIME Annual Meeting light metals committee.*
- DEER, W.; HOWIE, R. y ZUSSMAN, J. 1967: *Rock-Forming Minerals. Vol. I: Ortho and Ring Silicates. Ed. Longmans, Inglaterra.*
- DUNCON, L. y MC CRAKEN, W.: 1981: *Materies Réfractaires et Energie. L'ind. Ceram. N° 749. 4/81, p. 254.*
- FARMER, C. 1974: *The infrared spectra of minerals. Ed. Mineralog. Soc., Londres.*
- FLEURENCE, A. 1965: *Contribution de certaines analytiques a l'étude des mateires premières et des materiaux refractaires a base de silice et d'alumine. Part. 1, 2 y 3. Bull. Soc. Franc. Ceram. N° 68 y 69, pág. 13, 18, 23 y 77.*
- GADSDEN, J. A. 1975: *Infrared Spectra of minerals and related inorganic compounds. Butterwords group achesses. Inglaterra.*
- GONZALEZ BONORINO, F. 1950: *Algunos problemas geológicos de las Sierras Pampeanas. R.A.G.A., t. V, N° 3, p. 81 - 110.*
- HAYASE, K. y PROZZI, C. 1966: *Génesis de los yacimientos de sillimanita de Tacuñ (Salta). III Jorn. Geol. Arg., t. II, p. 151 - 172.*
- HAYASE, K. y PROZZI, C. 1970: *Génesis de yacimientos de sillimanita de Tacuñ, dpto. Misiones, prov. de Salta, Rep. Argentina. R.A.G.A., t. XXV, N° 1, p. 45 - 62.*
- HERRERA, A. O. 1965: *Evolución geoquímica de las pegmatitas zonales en los principales distritos argentinos. R.A.G.A., t. XX, p. 199 - 228.*
- NORTON, J. 1972: *Refractarios. Ed. Blume, Barcelona, España.*
- QUARTINO, B. y VILLAR FABRE, J. 1960: *Observaciones sobre el Precámbrico de la zona oriental de la sierra de Velazco, prov. de La Rioja. I Jorn. Geol. Arg. t, II, p. 279 - 186.*
- QUARTINO, B. y VILLAR FABRE, J. 1963: *El cuerpo granítico orbicular precámbrico de La Pampa de los Altos, Sierra de Velazco, La Rioja. R.A.G.A., T. XVIII, p. 11 - 42.*
- RAMDHOR, P. and STRUNZ, H. 1978: *Lehrbuch der Mineralogie. Ed. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.*
- RICCI, H. 1971: *Geología y evaluación preliminar de las pegmatitas de las sierras de Velazco, departamento Capital, Sanagasta y Castro Barros, La Rioja. Dir. Prov. de Minería. La Rioja. Inédito.*

- ROSE, R. 1957: *Andalusite and corundum bearing pegmatites in Yosemite National Park, California, Estados Unidos. The Amer. Miner., t. 42, p. 635 - 647.*
- SADANAGA, R., TOKONAMI, M. and TAKEUCHI, Y.: 1962: *The structure of mullite and relation ship with the structures of sillimanite and andalusite. Acta Cryst., t. 15, p. 65 - 68.*
- SCHALAMUK, I; FERNANDEZ, R. y ETCHEVERRY, R. 1983: *Los yacimientos de minerales no metalíferos y rocas de aplicación de la región NOA. Sec. de Est. Minería. Anales XX.*
- SINGER, F. y SINGER, S. 1976: *Cerámica Industrial. Ed. Urmo, Būbao, España.*