

TOMO IV

11.125

# COMISION ARGENTINA DE TECNOLOGIA DEL HORMIGON



BIBLIOTECA

11 OCT. 1985

CONCORDIA  
ENTRE RIOS  
ARGENTINA

6 AL 12 DE NOVIEMBRE  
DE 1977

AUSPICIADA POR:  
COMISION TECNICA MIXTA  
DE SALTO GRANDE

## 3<sup>o</sup> REUNION TECNICA

INFLUENCIA DE LOS MINERALES SECUNDARIOS EN EL COMPORTAMIENTO  
GEOTECNICO DE LOS BASALTOS DEL RIO URUGUAY (\*)

Dr. ADRIAN MARIO INIGUEZ (\*\*)

---

(\*) Un trabajo referente al mismo tema pero del área de Garruchos-Garabí (Pcia. de Corrientes) está en prensa en el Museo de La Plata .-

(\*\*) Investigador del CONICET, en el IMPSEG Foc.C.Nat. y Museo de La Plata-

## INFLUENCIA DE LOS MINERALES SECUNDARIOS EN EL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE LOS BASALTOS DEL RIO URUGUAY.

### RESUMEN

El estudio mineralógico detallado de los productos secundarios que se encuentran en los basaltos, ha permitido identificar la presencia de montmorillonita, montmorillonita férrica, celadonita, herschelita, analcita, es-tilbita, calcita y cuarzo.-

Todos estos minerales son autógenos formados por procesos deutéricos e hidrotermales, siendo su distribución totalmente heterogénea e irregular.

En relación al comportamiento geotécnico, se ha determinado que las rocas que presentan diseminación de minerales secundarios verdosos (montmorillonita, montmorillonita férrica) finamente diseminados, son los que se desin-tegran más fácilmente al ser expuestos a la intemperie, siendo la montmorillo-nita el único mineral responsable de esta acción dado su alto poder expansivo.

### INTRODUCCION

El presente trabajo tiene por objeto el estudio de los minerales secundarios, que se encuentran en los basaltos Tholeiíticos de la zona del Río Uruguay, en la Pcia. de Corrientes y Entre Ríos, vinculados con el comportamiento geotécnico y durabilidad de estas rocas. Para los aprovechamien-tos hidroeléctricos estos materiales se utilizarían para ataguas, enrocados, hormigones, etc.

De la observación directa se ha podido verificar que los basaltos que presentan diseminación de materiales secundarios arcillosos, en general de color verde a verde amarillento, al ser expuestos a la intemperie, sufren un proceso de agrietamiento hasta llegar a la desagregación total. El estudio mineralógico de estos materiales secundarios, permite explicar la gé-nesis de los mismos y los efectos que causan en los basaltos al cambiar su medio físico químico de yacencia.-

### PETROLOGIA DE LOS BASALTOS

En base a las observaciones de superficie y a los resultados de perforaciones realizadas con recuperación de testigos en diámetro NX, en el lecho y sobre la margen derecha del Río Uruguay en la zona de Gurruchos-Garabí, se pudo establecer la existencia de una sucesión de coladas de espe-sores variables, con un máximo hasta de 70m; estas coladas son perfectamente definidas y diferenciables entre sí por cuanto se puede distinguir en cada una de ellas: en la parte superior un basalto vesicular, de aspecto celular esponjoso, a veces con sus cavidades interconectadas, de grano fino y colo-raciones que van del castaño rojizo al gris oscuro, este basalto pasa hacia abajo gradualmente a un basalto amigdalóide, con amígdalas en general disper-sas y de tamaños grandes, hasta 2cm. Además el grano pasa de fino a medio y los colores predominantes son el gris verdoso y castaño rojizo, luego en forma gradual se entra en el basalto denso, macizo, de grano medio el cual

pasa, en algunos casos, a tener grano grueso para luego presentarse con grano fino en la parte basal de la colada, asociado allí a una fracturación subhorizontal muy marcada. La coloración de este sector también es variada predominando el gris, gris oscuro, gris verdoso y a veces el castaño rojizo. En el piso de las coladas casi siempre se encuentra un nivel de brecha rojiza de espesor variable, desde centímetros hasta llegar en algunos casos a superar los 10 m. Se trata de brechas de flujo en las cuales se observan fragmentos de basalto englobados por una matriz de vidrio y limo con arena fina y arcilla recocidas por efecto térmico; el grado de cementación que presentan es diverso, lo cual hace que en algunos casos sean muy consistentes y en otros totalmente deleznales, inclusive se observa en algunos sectores un alto grado de silicificación, es decir, la resistencia y comportamiento de estas rocas depende del grado de cementación de las mismas. Las brechas constituyen uno de los elementos más claros para la correlación de las coladas y uno de los elementos que definen también la naturaleza, netamente continental de estos basaltos.

Los basaltos se encuentran afectados por distintos grados de alteración y diaclasamiento; en la parte superficial, sobre todo en las mayores elevaciones (lomas), los basaltos presentan un alto grado de meteorización y están cubiertos por espesores variables de "Tierra Colorada" Riggi, J.C. y Riggi, N.A. (1964).

Estas rocas se ubican dentro de la asociación de basaltos Tholeiíticos de Misiones, Teruggi, M.E. (1955) y, como es conocido forma parte de la Serie de la Serra Geral y a los cuales se le atribuyó una edad Triásica (Groeber, P., 1953) y posteriormente en base a datos geocronológicos se ubica en el Cretácico Inferior Cortelezzi, C. (1967), Padula, E. (1972).-

#### CARACTERÍSTICAS TEXTURALES Y MINERALÓGICAS

Dentro de una misma colada, se puede observar que el basalto presenta características texturales y composicionales propias de cada sector, siendo notable la diferencia que se observa entre el basalto vesículo-amigdaloidal que corresponde a la parte superior de las coladas y el basalto denso macizo que se encuentra en la parte media a inferior; sus características más sobresalientes son las siguientes:

I.- Basalto vesículo-amigdaloidal.- Los colores más característicos son el castaño rojizo, el gris y el gris oscuro; el grano es fino y pasa gradualmente de fino a medio hacia el centro de la colada, estas rocas vistas al microscopio presentan texturas intersertal, haciéndose a veces hialoóptica al aumentar la mesostasis vítrea. El componente principal lo constituyen las plagioclasas (Labradorita, An 60), la cual presenta un hábito tabular distribuida sin ninguna orientación preferencial, la plagioclasa se encuentra fresca, observándose solamente en algunos casos una incipiente alteración en sus bordes. Algunos cristales, de mayor tamaño, presentan zonación.

Los piroxenos se presentan en forma de gránulos, dispuestos entre las tablillas de plagioclasa, en su mayor parte se trata de Augita, determinándose además una escasa proporción de Diopsido, por medio de difracción de Rayos X sobre muestra concentrada. Los cristales de piroxenos en general se encuentran frescos y muy frecuentemente con un borde de óxido de hierro, es muy común observar, asociados a los piroxenos, un elevado porcentaje de minerales opacos constituidos básicamente por hematita y magnetita, siendo común también la presencia de escasa iddingsita, la cual posible-

mente provenga de la alteración de olivinas. Todos los minerales antes señalados se disponen en una mesostasis vítrea, la cual se encuentra parcial o totalmente alterada en productos arcillosos y a menudo con abundantes impregnaciones ferruginosas. Como accesorios se encuentran escasos cristales de apatita y circon.-

Las vesículas de estos basaltos, se encuentran en partes vacías y en parte tapizadas o rellenas por montmorillonita, celadonita, ceolitas, calcedonia, ópalo, cuarzo y calcita. Siendo más abundantes los rellenos de arcillas verdosas, celadonita, seolitas y sílice y menos común los de calcita.-

II.- Basalto denso macizo. Su coloración, al igual que en el anterior, es también bien variada siendo el gris y gris oscuro a negro los más predominantes, también se encuentran de color gris claro, castaño rojizo y castaño verdoso, es muy frecuente que dentro de una misma colada cambie la coloración constantemente. Predomina el grano medio, siendo rara la presencia de basaltos de grano grueso, en cambio muy comúnmente el grano fino está presente sobre todo en la parte inferior de las coladas.

Estas rocas vistas al microscopio, presentan textura intergranular con transición a subofítica en algunos sectores. Las plagioclasas, que son los minerales más abundantes, se encuentran dispuestas sin ninguna orientación a veces en forma radial, los individuos son generalmente tabulares, bien desarrollados, se encuentran límpidos sin alteración evidente, excepto en algunos bordes donde presenta una alteración incipiente, no se observa cristales con estructura zonal y la composición de estos feldespatos es constante y corresponde a Labradorita (An55-Ar65)

El mineral que sigue en proporción es el piroxeno, se presenta en forma de gránulos entre los cristales de plagioclasa o en forma de prismas a veces bien desarrollados, se encuentra fresco y muy comúnmente teñido por óxidos de hierro con un borde oscuro bastante marcado de hematita y magnetita. Es común observar que los piroxenos tienden a agruparse presentando así una especie de textura glomero-porfírica; la composición corresponde en su mayor parte a Augita, habiéndose determinado además por difracción de Rayos X, en muestras previamente concentradas, la presencia de una escasa proporción de Pigeonita y Dio sido, minerales estos que ya fueron mencionados por Teruggi, (1955).-

Los minerales opacos son abundantes, se presentan en cristales grandes subedrales a amedrales, encontrándose también diseminados en la base en forma de gránulos pequeños, entre los mismos existe un predominio de magnetita y hematita.

El vidrio calcínico es escaso y se presenta en forma intersticial entre los cristales de plagioclasa y piroxenos, está alterado casi en su totalidad en un producto arcilloso verde pálido o verde amarillento; cuando no está alterado es de color castaño con inclusiones asculares, la proporción y el grado de alteración puede variar considerablemente de un sector a otro.

Finalmente se señala que son muy raros los casos en que se observó la presencia de olivina, mas bien aparecen pseudomorfosis de productos secundarios ferruginosos, relleno de posibles cavidades dejadas por los

cristales de olivina. Como accesorios se encuentra apatita y circón generalmente como inclusiones en otros minerales.

En los basaltos densos, macizos a veces aparecen sectores dentro de la misma colada, con microvesículas de aspecto posroso, en cuyo caso es constante el relleno de estas cavidades por productos secundarios arcillosos de color verde a verde amarillento, estos productos vistos al microscopio se disponen con sus laminillas en forma perpendicular a la superficie de las cavidades disponiéndose en anillos con forma vermicular, pudiendo distinguirse la presencia de mas de dos componentes y que dado su reducido tamaño es difícil su determinación por vía óptica

### ANALISIS DE LOS PRODUCTOS SECUNDARIOS

Se debe tener presente que además de los productos secundarios de naturaleza ferruginosa (hematita, iddingsita, etc.) existen dos tipos más, bien definidos; uno que se encuentra directamente como producto de alteración del vidrio intersticial "in situ" y otro que se encuentra como relleno de microvesículas, vesículas, grietas, etc., es decir depositados o desarrollados en cavidades previamente vacías.-

Para el análisis de estos productos secundarios, previamente se revisaron los cortes delgados de las rocas que los contienen a efectos de establecer la forma en que se encuentran. En los casos en que se observó que estaban únicamente como productos de alteración del vidrio de la mesotaxis, para su separación, se procedió a triturar la roca en fragmentos de aproximadamente 0,3-0,5 cm., los cuales se pusieron en agua destilada en un vibrador ultrasónico para separar los productos arcillosos, de esta forma se concentró material suficiente para la ejecución de los preparados para su análisis por Difracción de Rayos X. Posteriormente se pudo verificar que el material así separado, contenía en todos los casos impurezas, principalmente de palgioclasa, siendo imposible su purificación total.-

En el otro caso, es decir cuando los productos secundarios se encuentran relleno de vesículas, grietas, formando amígdalas, etc., su separación se hizo directamente en forma manual.-

### IDENTIFICACION MINERALOGICA

Para la identificación mineralógica de estos productos secundarios, se utilizó principalmente la Difracción de Rayos X y la microscopía. No se realizaron análisis químicos por cuanto es prácticamente imposible obtener muestra pura de un solo mineral, en general las muestras, sobre todo las que se encuentran íntimamente asociadas.-

En primer lugar analizaremos los productos arcillosos; de este grupo se han identificado los siguientes minerales:

- I.- Montmorillonita. Este mineral se encuentra diseminado intersticialmente como producto de la alteración directa del vidrio volcánico, al cual reemplaza total o parcialmente. De los análisis efectuados por Difracción de Rayos X, se desprende que este mineral se encuentra solo, es decir no está asociado a ninguna otra especie, y los diagramas realizados sobre muestra orientada normal, glicolada y calcinada, demuestran que no hay mas que

### montmorillonita.-

La montmorillonita, se encuentra también rellenando microvesículas y formando amígdalas; en estos casos, se presenta asociada íntimamente con otros minerales (montmorillonita férrica, celadonita, ceolitas, cuarzo, calcedonia y calcita). Los valores obtenidos por Difracción de Rayos X de material arcilloso que se encuentra rellenando amígdalas y diaclasas, establecen una asociación de montmorillonita férrica, llegando en algunos casos a tener valores muy semejantes a los correspondientes a Griffithita, mineral este, que es considerado como una Saponita férrica, Caillere, S. y Henin, S. (1963), con Celadonita y a veces cuarzo. La individualización de los minerales Griffithita o Saponita férrica, se hace difícil por difracción únicamente, siendo necesario la ejecución de análisis químico del mineral puro, dato este, que en definitiva, permite su clasificación como tal. Ante la imposibilidad de obtener muestra pura se prefiere, en el presente trabajo, hablar de montmorillonita y montmorillonita férrica únicamente, inclusive en estudios realizados por Cabrera, J.G. (1971) y por el autor (iden.), se ha identificado Nontronita. Tanto las propiedades ópticas sobre todo índice de refracción como los valores del espaciado  $d$  (0,60), muestran una variación considerable en el contenido de hierro en estos minerales.-

Hayase, K. et al (1975), señalan la presencia de Saponita rica en hierro que se presenta bajo la forma de amígdalas o manchas menores en los basaltos de Ayuf, Dique Salto Grande y Rimoldi, H. et al (1975) identifican Griffithita y/o Saponita en los mismos basaltos de Ayuf Dique Salto Grande, es decir en ambos casos se trataría del mismo mineral. En todas las muestras analizadas, en el presente trabajo, al ser sometidas bajo la acción del Etilenglicol, el valor de  $d$  (0,01) expande desde 15,2 hasta 17,3 Å y al ser calcinados a 550°C. durante 2 horas, pasa a 9,7 Å mostrando de esta manera su alto poder expansivo que es lo que en definitiva influye sobre el comportamiento de las rocas.

**Celadonita.** Es conveniente tener presente que este mineral tiene la misma estructura que la mica (muscovita), es dioctaédrica y tetracilsica. La celadonita tiene una estructura estable, es decir no presenta fenómenos de expansión y contracción como es el caso de los montmorillonitas.

En las muestras estudiadas, la celadonita se presenta rellenando vesículas, fundamentalmente en la zona de basalto vesculo-amígdaloídalo; en el basalto denso, también se encuentra pero en menor proporción y siempre rellenando microvesículas y cavidades. La forma de presentarse es muy característica, lo hace generalmente implantada con sus laminillas en forma perpendicular a la superficie de las cavidades con un aspecto vermicular, formando una especie de franjas que alteran con productos más finos montmorilloníticos, cuarzo, ceolitas y calcita. Es notable como la celadonita y la montmorillonita se encuentran íntimamente asociadas, siendo imposible a lo cual se suma el cuarzo principalmente. Al microscopio la celadonita presenta un color verdoso, es pleocroica, verde amarillento a verde azulado, con un índice de refracción de 1,610 para  $n_y$  y 1,638 para  $n_x$ , la elongación es positiva.

En los diagramas de Difracción de Rayos X se la individualiza claramente en base a sus espaciados característicos.

En el diagrama realizado se puede constatar que se encuentra asociada a Herschelita y a montmorillonita férrica, esto es característico

en todos los productos que se encuentran formando amígdalas o rellenando cavidades, en ningún caso se ha podido obtener un diagrama de celadonita pura.-

Este mineral ha sido citado para Argentina en varias localidades, entre ellas para Patagonia por Hayase y Manera (1973), en basaltos de Foz Do Iguazú, Hayase y Manera (1972) y en los basaltos de Ayuí Dique Salto Grande por Hayase et al (1975) y por Rimoldi et al (1975).-

II.- Ceolitas. Se han individualizado los siguientes minerales: Analcita, Herschelita, y Estilbita. Estos minerales en todos los casos se presentan rellenando cavidades y asociados con montmorillonita férrica y celadonita principalmente. por lo general ocupan la parte central de las cavidades, los cristales presentan su hábito característico y son bien desarrollados.- La Estilbita es escasa y se presenta con sus espaciados característicos en 9,1; 4,07; 3,02 y 2,78 Å.

No es posible hasta ahora, establecer ninguna relación entre la composición de las ceolitas y los minerales, principalmente arcilla y celadonita, asociados a estas.-

En los basaltos de Ayuí, Hayase, K. et al (1975), citan la presencia de Estilbita y Heulandita, esta última asociada con calcita.-

#### GENESIS Y DISTRIBUCIÓN DE LOS PRODUCTOS SECUNDARIOS

Con respecto a la génesis de los productos secundarios de los basaltos, en base a los estudios realizados, se puede establecer que las arcillas (Montmorillonita) que se encuentran diseminadas en los basaltos, son el producto de la alteración "in situ" del vidrio volcánico que quedó como producto intersticial en la mesostasis, mientras que los minerales que se encuentran rellenando cavidades (montmorillonita férrica, celadonita, ceolitas, cuarzo y calcita), se formaron por procesos hidrotermales, los cuales junto a los procesos deutéricos, permitieron el desarrollo y crecimiento sobre todo de celadonita y ceolitas en cavidades, de allí al desarrollo perfecto de estos minerales en amígdalas, vesículas y grietas de los basaltos, razón por la cual no se coincide con la hipótesis de Hayase, et al (1975), quienes postulan que: "la alteración de los basaltos se produjo por el contacto entre las lavas basálticas aun calientes y agua rica en sodio o agua contaminada por agua de mar, que habría penetrado en el basalto".

Respecto a su distribución es totalmente irregular, no ha sido posible, hasta ahora, establecer una zonación o una secuencia ordenada que permita predecir una concentración preferencial de los minerales de alteración en determinados sectores de las coladas basálticas ya sea en sentido vertical u horizontal. Por el contrario, se observa que estos productos secundarios se encuentran distribuidos en forma heterogénea e irregular y en proporciones también variables.

#### INFLUENCIA DE LOS MINERALES SECUNDARIOS EN EL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE LOS BASALTOS.

En base a los resultados de la investigación realizada sobre los productos secundarios de los basaltos, se puede ver claramente que los únicos



responsables del agrietamiento y desagregación de los basaltos, son los minerales del grupo de la montmorillonita, sobre todo cuando estos se encuentran finamente diseminados en la roca y es el caso en el que se ha identificado montmorillonita pura, la cual por los cambios de humedad, al encontrarse expuesta a la intemperie, cambia constantemente de volumen y produce la destrucción de la roca en períodos variables de acuerdo al porcentaje de material expansivo presente.

Se nota que este efecto es sensiblemente menor, cuando los productos secundarios se encuentran relleno de vesículas de mayor tamaño, por ejemplo en los basaltos vesículo-amigdaloidales en los cuales se ha identificado además de montmorillonita, celadonita, ceolitas, cuarzo y calcita. Todo esto nos induce a pensar que no hay mayor influencia de la celadonita o de los otros minerales en los procesos de destrucción de las rocas, como lo propusieron Rimoldi, et al (1975), lo cual es lógico ya que ninguno de estos minerales a excepción de la Montmorillonita, tiene o presenta procesos de cambios volumétricos o nocivos en los basaltos.

Referente a este proceso, Rimoldi, et al (1975) llegan a la conclusión que en los basaltos de Ayuf, la asociación Celadonita-Griffitita y/o saponita rica en hierro, que se encuentra finamente diseminada en forma intersticial en la pasta de la roca en una proporción que se encuentra entre 25 y 40 %, produce la destrucción del basalto, lo cual es sumamente rápida y reconocen también dichos autores que cuando esta asociación se encuentra relleno de vesículas de mayor tamaño, la acción es menor.

En este trabajo, se ha podido establecer que si bien las proporciones son aproximadamente las mismas, 20 a 30%, para una destrucción rápida del basalto, los únicos minerales responsables de tal acción son la montmorillonita y la montmorillonita férrica; avala lo antedicho, el hecho de que es en las amigdalas de los basaltos vesículo-amigdaloidales, donde se encuentra la mayor proporción de celadonita asociada a montmorillonita férrica y es justamente en estos basaltos donde, si bien se observan fenómenos de expansión, lo son en un grado mucho menor que en el caso anterior. Todo esto permite, dada la similitud composicional y de comportamiento, generalizar para todo el Río Uruguay. Las conclusiones, basadas fundamentalmente en el presente trabajo y el trabajo de Rimoldi et al (1975).

Para corroborar la durabilidad de estas rocas se realizan ensayos físicos mecánicos de los cuales los más frecuentes son los siguientes:

- a) Ensayo de durabilidad por ataque por sulfato de sodio Norma IRAM 1525.
- b) Ensayo con etilen-glicol Norma CRD-148-69 (Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los Estados Unidos).
- c) Ensayo de mojado y secado ó ciclos de congelación y deshielo ---- ASSHO T-103-62.-

En la foto siguiente se observa la degradación que sufrió el material al estar sometido a ácidos con etilen-glicol de acuerdo a Norma CRD-148-69.-



Muestra de basalto  
triturado natural

La misma muestra después de ser  
ensayada con etilen-glicol.-

### CONCLUSIONES

- 1.- El estudio de los productos secundarios de los basaltos del área de Garruchos-Garabí, ha permitido establecer, que los mismos están compuestos por Montmorillonita, Montmorillonita férrica, Celadonita, Analcita, Herschellita, Estilbita, Calcita y Cuarzo.-
- 2.- Las Montmorillonitas se han formado como producto de alteración directa del vidrio volcánico de la mesóstasis de la roca "in situ", mientras que los otros minerales se han desarrollado en cavidades preexistentes gracias a la actividad hidrotermal que afecta a estos basaltos.-
- 3.- El agrietamiento y desagregación de los basaltos, que presentan intensa diseminación de minerales secundarios, se debe al alto contenido en montmorillonita, la cual presenta una gran susceptibilidad a los cambios volumétricos en función de la variación del grado de humedad.-
- 4.- No es posible establecer ninguna zonación o distribución preferencial de los productos secundarios dentro de las coladas de basaltos, sino por el contrario, lo que se observa es que la misma es totalmente irregular.-
- 5.- Sistemáticamente se observa que el efecto destructivo de los productos secundarios, es menor en los basaltos vesículo-amigdaloidales, aun cuando sus cavidades se encuentren totalmente rellenas por los mismos.-
- 6.- Los basaltos que presentan diseminación de minerales secundarios, deben ser cuidadosamente estudiados y controlados por laboratorios especializados sobre todo en el caso de que se prevea su utilización en obras civiles, ya sea como agregado para hormigones, enrocados, etc. Siendo fundamentales los Estudios Mineralógicos, ensayos de envejecimiento rápido, ensayos mecánicos,

etc. para poder evaluar su durabilidad, y poder correlacionar composición mineralógica y comportamiento estructural.-

### AGRADECIMIENTOS

Quiero dejar expresado mi reconocimiento a los Doctores Mario E. Teruggi, Arturo J. Amos, Luis Dallasalda y al Ing. Marcelo Wafnsztein, por las discusiones, sugerencias y revisión del manuscrito.-

Asimismo se deja constancia que las muestras se obtuvieron durante la ejecución de los trabajos para el proyecto de Garabí, que realizó Hidrened como empresa Consultora de Agua y Energía Eléctrica, permitiendo de esta manera la concreción de este trabajo.-

### LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- CABRERA, J.G., 1971. Geological and engineering properties of basaltic flows and interbeds throughout the upper Paraná Basin, Brazil. Thesis, Cornell University, Ph.D.
- CAILLIERE, S. y HENIN, S. 1963. Mineralogie des argiles. Ed. Masson et. Cie. Paris.
- CORTELEZZI, C. y CAZENEUVE, H. 1967- Estudio Geocronológico de los basaltos de Nogoyá (Prov. Entre Ríos) y su relación con las rocas efusivas del Sur de Brasil y Uruguay. Rev. Museo de la Plata (N.S.) Sec. Geología, VI, 19-32.-
- GROEBER, P. 1953. Mesozoico, en Geografía de la República Argentina, Tomo II, (con la colaboración de Stipanovic, P.N.) en GAEA.
- HAYASE, K. y MANERA, T. 1972. Presencia de celadonita en basalto de Foz Do Iguazú, Estado de Paraná, Brasil. Revista Brasileira de Geociencias. Vol. 2, Nº 1, 25 - 34.
- HAYASE, K. y MANERA, T. 1973. Presencia de celadonita en tres localidades de la Patagonia (Argentina). Actas del V Congreso Geológico Argentino, Tomo I, 171-180.
- HAYASE, K. DRISTAS, J.A. y RIMOLDI, H. 1975- Presencia de saponita rica en hierro asociada con celadonita, en basaltos de Ayú Dique Salto Grande. V Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones. Tomo III, 51 -71 Buenos Aires.-
- PADULA, E.L. 1972. Subsuelo de la Mesopotamia y regiones adyacentes. Geología Regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba.-
- RIGGI, J.C. y FELIU de RIGGI, M.A. 1864. Meteorización de basaltos en Misiones. Rev. Asoc. Geol. Argent. XIX, 1, 57 - 70.
- RIMOLDI, H. ROELLING, F. y SESANA, F. 1975. Sobre la inestabilidad de los basaltos de Ayú Dique Salto Grande. II Congreso Ibero Americano de Geol. Económica, Buenos Aires, VI, 73 - 94.-
- TERUGGI, M.E. 1955. Los basaltos Tholeiíticos de Misiones. Notas Museo de La Plata, XVIII, Geol. Nº 70, 259 - 278.-
- WISE, W.S. and EUGSTER, H.P. 1964. Celadonita: Synthesis, thermal stability and occurrence. The Am. Min. 49, 1031 -1083.
- YODER, H.S. and EUGSTER, H.P. 1955 - Synthetic and natural muscovites. Geochim. Acta, 8, 225 - 280.-