

drenaje mínimos.

- c. Las áreas de hundimiento (valores máximos de isolongas), corresponden a zonas en las cuales actualmente los espesores de sedimentos son mayores.

#### RECOMENDACIONES

Determinar el carácter de los sedimentos en las áreas consideradas como zona de recargas.

Hacer pruebas de infiltración en las mismas.

Establecer una red de infiltrómetros en las áreas más favorables.

De acuerdo a los resultados obtenidos, determinar la factibilidad de recarga artificial de los acuíferos en dichas áreas.

#### BIBLIOGRAFIA

- Filosofov, V. P., 1960, "Kratkoe rudovodstvo po morfometriceskomu metodu poiskov tektoniceskih struktur". Saratov, U.R.R.S.
- Kranjec, V., Hernitz, Z., Prelogovic, E., Blaskovic, I., i Simon, J., 1969, "Geoloski razvoj Dakovacko-Vinkovackog platoa (Istocna Slavonija)" Geoloski Vjesnik, Zagreb, Yugoslavija, (Separata), pp. 111-120.
- Kranjec, V., Prelogovic, E., Hernitz, Z., i Blaskovic, I., 1971, "O litofacijelnim odreosima mladih Neogenskili i Kvartornih sedimenata u sirem podrucju Bilogore (Sjeverna Hrvatska)" Gedoski Vjesnik, Zagreb, (Separata), pp. 47-56.
- Prelogovic, E., 1970, "Neotektonska Kretanja u produkcju izmedu orlice, Samobroske Gore i Medvednice". Geoloski Vjesnik, Zagreb, Yugoslavija, (Separata), pp. 151-161.

### MORFOLOGIA Y GENESIS DE LOS DEPOSITOS DE CAOLIN UBICADOS EN LA REGION ORIENTAL DEL ESTADO BOLIVAR

VENEZUELA<sup>1</sup>

Simón E. Rodríguez<sup>2</sup>

#### R E S U M E N

Los depósitos de caolín más importantes de Venezuela, tanto por su calidad como por sus reservas, se ubican en la región comprendida entre El Dorado y La Escalera, Bolívar Oriental. Genéticamente los depósitos representan la zona superior meteorizada de rocas ígneas, esencialmente dioritas y gabros cuarcíferos muy ricos en plagioclasas y piroxenos, de la provincia magmática de Guayana. Tectónicamente estas unidades están en contacto con granitos tempranos del Orinoquensis, con secuencias volcánicas de la Formación Cicapra y con rocas clásticas del Grupo Roraima. Mineralógicamente el caolín de Bolívar Oriental está constituido por caolinita, cuarzo, muscovita, muy poca anatasa y traza de clorita, y químicamente presenta las siguientes características: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 37-39%, SiO<sub>2</sub> 40-49%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,3-1,2%, TiO<sub>2</sub> 0,5-1,3%, CaO 0,3-0,05%, MgO 0,09-0,11%. Morfológicamente los depósitos constituyen grandes mantos residuales sumamente homogéneos y con espesores que pueden sobrepasar en muchos casos los 40 metros. Se estima que las reservas de caolín a nivel regional sobrepasan los 200 millones de toneladas métricas.

#### A B S T R A C T

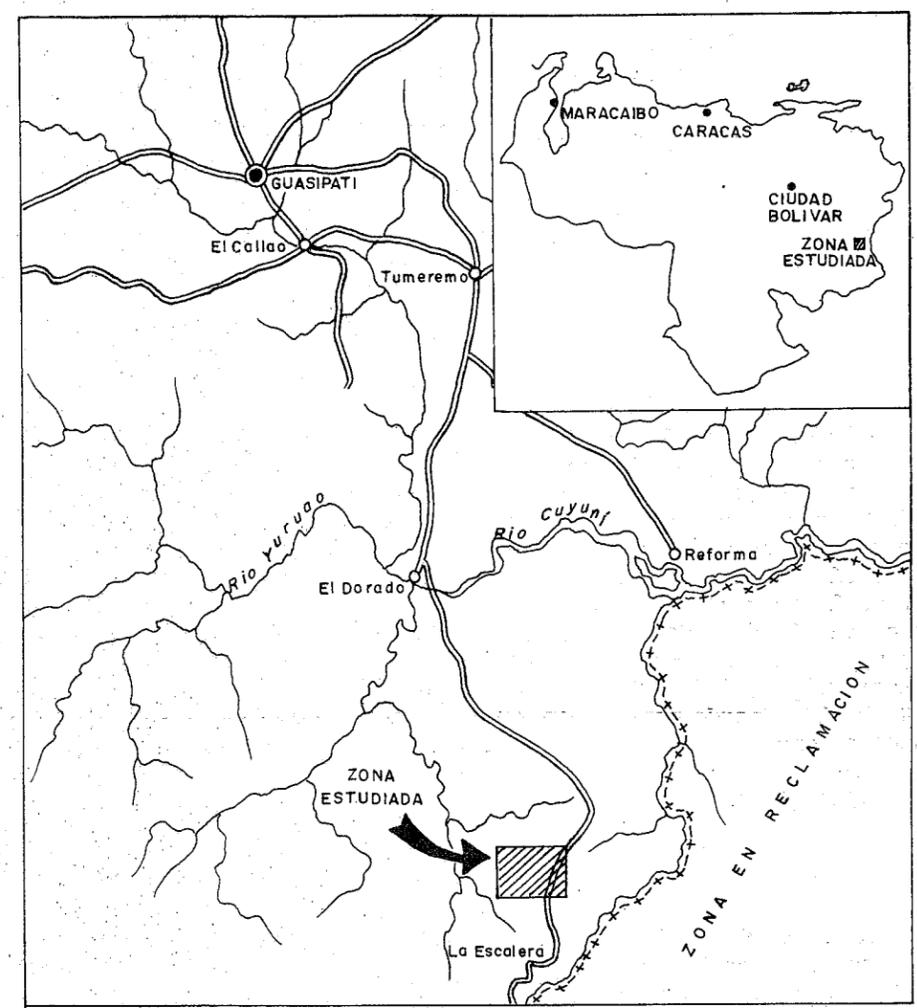
Because of the large reserves and the quality, the most important kaolin deposits of Venezuela are located between El Dorado y La Escalera, Eastern Bolivar. Genetically the deposits represent the upper weather zone of igneous basic rocks, essentially quarcitic diorites and gabbros very rich in plagioclase and pyroxenes. Tectonically these units are in contact with early granites of orinoquensis age; with volcanic sequences of the Cicapra Formation, and with clastic rocks of the Roraima Group. Mineralogically the Eastern Bolivar Kaolin is constituted by kaolinite, quartz, muscovite, few anatase, and traces of chlorite, and chemically has the following characteristics: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 37-39%, SiO<sub>2</sub> 40-49%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.3-1.2%, TiO<sub>2</sub> 0.5-1.3%, CaO 0.3-0.05%, MgO 0.09-0.11%. The deposits constitute large residual bodies, extremely homogeneous, and with thickness in many cases over 40 meters. The reserves of kaolin are estimated over 200 million TM in a regional scale.

<sup>1</sup>Recibido el 1° de diciembre de 1976.

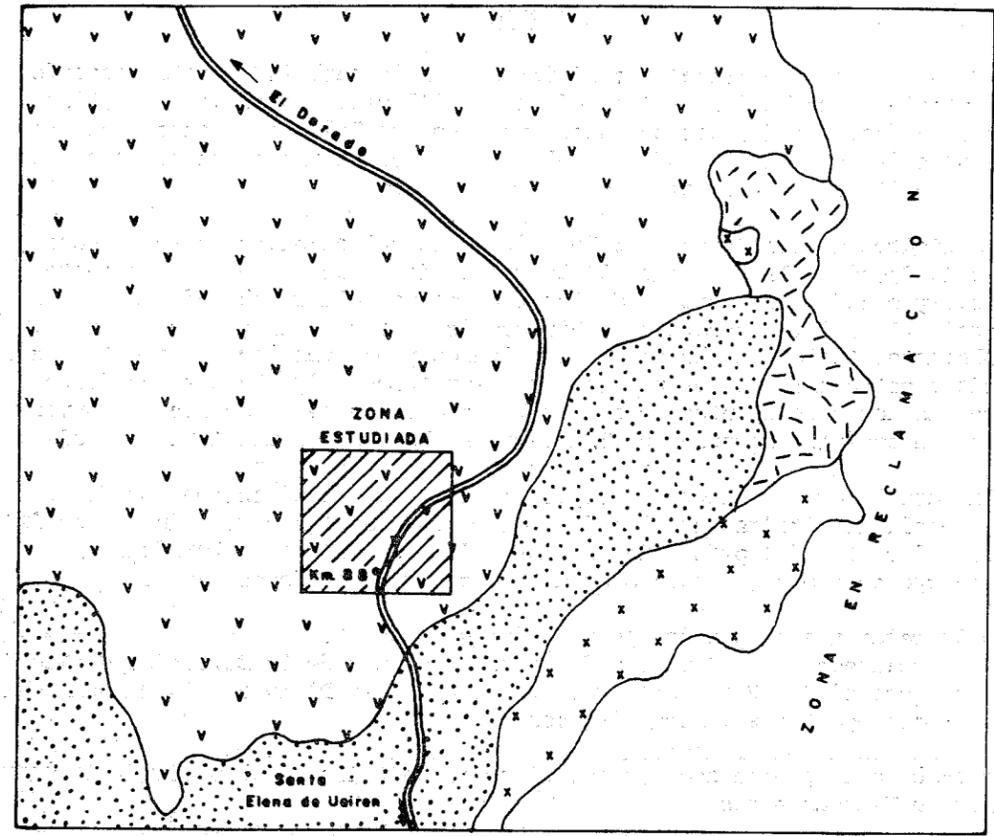
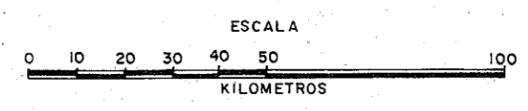
<sup>2</sup>División de Recursos Minerales, Dirección de Geología, Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Caracas, Venezuela.

FIG. 2

Fig. 1

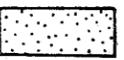
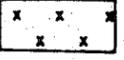
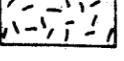
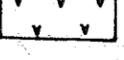


MAPA DE UBICACION DE LA REGION ESTUDIADA



MAPA GEOLOGICO REGIONAL  
ESCALA 1:500.000

LEYENDA

-  Grupo Roraima
-  Granito Tempranos del Orinoquensis
-  Formación Cicapra (Esencialmente Volcánica)
-  Sills de Diabases, Esquistos, Anfibolitas, Dioritas y Gabros

### INTRODUCCION

Debido a la gran importancia económica que en la actualidad está cobrando el caolín como materia prima básica en las industrias del papel, cerámica, porcelana, pinturas e insecticidas, los grandes depósitos ubicados en Bolívar Oriental fueron estudiados en detalle durante el año 1975 con el fin de profundizar en su génesis, calidad, extensión superficial y reservas.

Los depósitos de caolín del Estado Bolívar se ubican en una extensa zona localizada entre El Dorado y La Escalera, Distrito Roscio, a unos 515 km al sureste de Ciudad Bolívar, y a 180 km al noreste de Santa Elena de Uairén, ubicada en la frontera con el Brasil (Fig. 1). La región se caracteriza por una topografía suave, vegetación exuberante, típica de las selvas tropicales y por una larga estación lluviosa. Los depósitos están atravesados por la carretera troncal 10, la cual se dirige desde Ciudad Guayana hasta la frontera con Brasil y una línea aérea comercial toca en forma regular los aeropuertos cercanos de Tumeremo, El Dorado y Santa Elena de Uairén.

En la actualidad, parte de los depósitos está bajo explotación, produciendo más de 10.000 toneladas métricas anuales de caolín para las industrias de la cerámica y sanitarios del centro del país. En la zona existe una planta de beneficio de caolín, la cual incluye secadores, separadores magnéticos y separadores por aire.

Todo lo referente a estudios petrográficos, análisis químicos y análisis mineralógicos fue realizado en la División de Investigaciones de la Dirección de Geología. El autor agradece al Dr. Peter Moticska, geólogo en esa División, la preparación de los informes petrográficos y mineralógicos.

Este trabajo es presentado con autorización del Director de Geología del Ministerio de Minas e Hidrocarburos.

### CARACTERISTICAS GEOLOGICAS REGIONALES

En forma regional, cuatro grandes unidades geológicas son importantes, a saber (Fig. 2):

- a) La Formación Cicapra.
- b) Las secuencias ígneas y metasedimentarias de El Dorado-La Escalera.
- c) Los granitos Tempranos del Orinoquensis.
- d) El Grupo Roraima.

#### Formación Cicapra

La Formación Cicapra, la cual aflora a unos 100 km al este de la zona estudiada, constituye parte del Grupo Carichapo, conjuntamente con la Formación El Callao. El nombre fue introducido por Menéndez (1968) para designar la unidad superior del Grupo Carichapo, redefinido por él mismo en el esquema de nomenclatura propuesto a base de su estudio en la región de Guasipati-Tumeremo, Estado Bolívar. La unidad alcanza su desarrollo máximo en la localidad tipo Río Yuruari a unos 500 m al este del paso Morochito y al sureste del pueblo de Pastora, y se reconoce al norte de la región de Guasipati

en las proximidades de los cuerpos graníticos.

La Formación consiste en un 80% de esquistos anfibolítico-biotítico-epidotítico-albiticos, derivados de tobas básicas, grauvacas y limolitas grauváquicas, de estratificación media a laminada. Los esquistos se intercalan con una proporción menor de brechas tobáceas, brechas y aglomerados volcánicos metamorfizados, compuestos de metaandesita en una matriz esquistosa actinolítica. La unidad está intrusionada por sills y diques de pórfidos de cuarzo y felsitas, más abundantes cerca de los stocks de pórfido de cuarzo, que también intrusionan a la Formación en los alrededores de Pastora. La facie metamórfica predominante es la de los esquistos verdes, la cual se transforma hacia el norte en la facie de la anfibolita.

#### Las secuencias ígneas y metasedimentarias de El Dorado-La Escalera

La zona estudiada, en toda su extensión está caracterizada por una secuencia de dioritas y gabros cuarcíferos muy ricos en plagioclasas, alterados en las áreas planas a caolín y por rocas esquistosas, posiblemente de carácter anfibolítico, muy latiritizadas y ricas en manganeso. Estas unidades constituyen, muy probablemente, parte del Grupo Carichapo sin diferenciar, tan característico de la región meridional de El Dorado.

#### Granitos tempranos del Orinoquensis (El Parguaza y La Paragua)

Los granitos tempranos, los cuales afloran a unos 60 km al noreste de la región estudiada, afectaron intensamente al grupo volcánico de Cuchivero, manifestado por pliegamientos y metamorfismo de bajo grado. Litológicamente estas unidades están representadas por los granitos de El Parguaza y La Paragua.

El granito de Parguaza, el cual aflora al suroeste del Río Suapure, es una roca biotítica de grano medio, con textura porfídica que muestra afinidades rapakivi y fue incluido por Mc Candles (1966) en su "Seire Ignea de Cuchivero" (hoy Grupo Cuchivero). Su composición mineralógica es de feldespato (30-50%), euhédricos-subhédricos, de 1 a 2 cm o más en la dimensión mayor, sección ovoidea y composición mixta; algunos son ricos en biotita. El granito de El Parguaza es sumamente parecido, pero con cantidades apreciables de cuarzo y un incremento de muscovita. Aflora a todo lo largo de la región meridional de La Paragua, Bolívar Central.

#### El Grupo Roraima

Esta gran unidad clástica, la cual aflora extensamente en forma de grandes mesas en Guayana Meridional, Brasil y Guayana, ha sido dividida regionalmente en cuatro formaciones, a saber: Formación Uairén, unidad basal que suprayace una superficie volcánica meteorizada y erosionada, precámbrica antigua, consiste en conglomerados y areniscas de origen fluvial. Por encima de esta primera unidad está la Formación Cuquenán: 50-100 m de lutitas fílsiles que a su vez infrayacen a la Formación Uaimapué, una secuencia de ftanitas, limolitas y arcosas rojas, en la cual algunos miembros muestran estructuras características de origen fluvial y de delta pequeño. La unidad superior, Formación Matauf, se ha definido para propósitos cartográficos y aflora en forma de prominentes mesas (topnis).

### LITOLOGIA LOCAL

Localmente, la zona estudiada se caracteriza por la presencia de secuencias ígneas y metasedimentarias de El Dorado-La Escalera. Estas unidades se encuentran sumamente meteorizadas en las zonas bajas, dando como resultado niveles superiores caolíníficos, dependiendo de los caracteres mineralógicos de las rocas (Fig. 3). Las rocas ígneas de la zona están constituidas por gabros y dioritas cuarcíferas, compactas cuando frescas, verdosas, homogéneas y alteran rápidamente en las zonas bajas a niveles caolíníficos amarillentos y blanquecinos. La granularidad varía desde grano fino a grueso, son muy ricas en plagioclasas, cuarzo y ferromagnesianos, tipo clinopiroxeno. Las rocas afloran esencialmente hacia la zona sur y oriental del área estudiada en contacto con rocas clásticas del Grupo Roraima. En general, son rocas hipoabisales con un porcentaje alto de álcalis, calcio, aluminio y cuarzo. Afloramientos frescos se pueden localizar al sur de la región estudiada, áreas de La Virgen, La Escalera, etc., constituyendo riscos de gran magnitud. Muchos de estos afloramientos están bajo activa explotación con el fin de obtener bloques para uso ornamental.

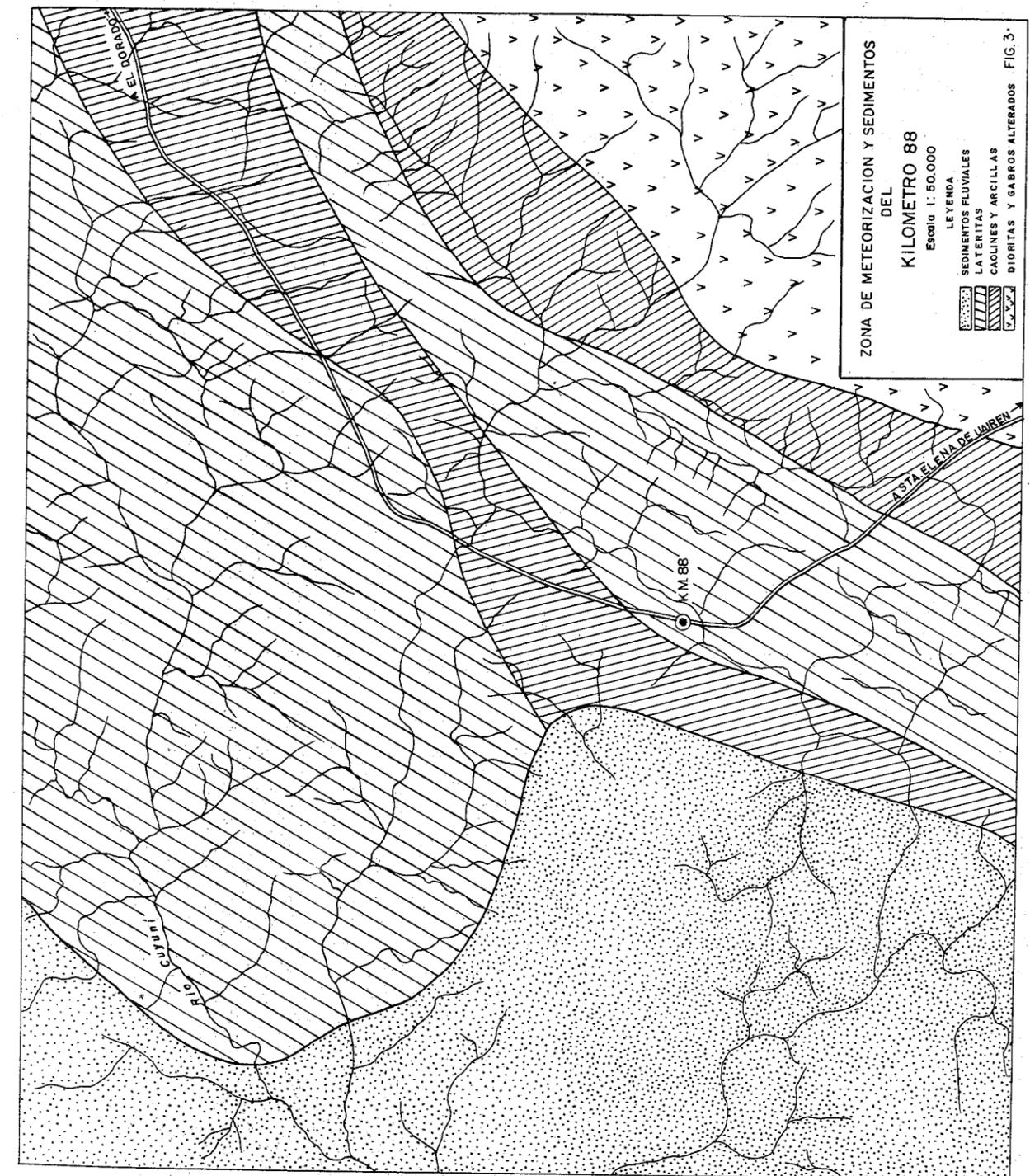
Bajo el microscopio la roca presenta buena textura ofítica e intersertal. Se compone de plagioclasa (50-70%) intermedia a básica, tabular y fresca, escaso feldespato potásico intersticial (1%), clinopiroxeno de la serie diopsídica (20-40%) de grano grueso, escasamente alterada a hornablenda verde común (1%), biotita (1%), ilmenita (2%) en agregados finamente granulares a esqueléticos, pirrotita y apatito (1%) muy escasos.

La región estudiada presenta una serie de elevaciones, especialmente hacia el Este y hacia el Norte, caracterizadas por gruesos espesores lateríticos rojizos a pardo rojizo y que deben constituir una gran secuencia de metasedimentos y metavolcánicas íntimamente asociadas con los gruesos espesores de rocas ígneas verdes ricas en plagioclasas. En realidad, toda la zona sur, especialmente la región de El Dorado, se caracteriza por rocas esquistosas, anfibolitas con estructuras palisepticas, unidades silíceas y secuencias de metasedimentos ricos en minerales manganesíferos, en parte volcánicos (Benaim, N. y Ríos H., 1975). En la región caolínítica del Kilómetro 88, y aun cuando las rocas metasedimentarias y metavolcánicas están extremadamente alteradas, se pudo observar típicas estructuras metamórficas, tales como foliación intensa, replegamiento, orientación definida de minerales micáceos y boudinages de cuarzo. Afloramientos estudiados en diversos cortes de la carretera Troncal 10, se caracterizan por rocas esquistosas de color marrón violáceo a verde, muy alteradas, ricas en sericita, anfíboles, cuarzo y muy posiblemente epidoto. Las vetas de cuarzo se caracterizan en forma local, por un alto contenido de minerales manganesíferos del tipo psilomelano-wad. El contacto de estas rocas esquistosas con las unidades ígneas es extremadamente difícil de ubicar, aunque se localizó indirectamente en las cercanías del Kilómetro 88, en parte por el tipo de material de alteración y en parte por el cambio fisiográfico. Las rocas alteran a una laterita de color marrón rojizo oscuro con un contenido alto de manganeso.

### LOS DEPOSITOS DE CAOLIN

#### Génesis y Morfología

Genéticamente los depósitos se asocian exclusivamente con las rocas ígneas gabroicas y dioritas, las cuales abundan extensamente en toda la zona centro-oriental del Estado Bolívar. Los depósitos constituyen grandes mantos residuales con espesores



que pueden sobrepasar los 30 m, y que se ubican preferentemente donde las masas ígneas han poseído las condiciones climatológicas para una total meteorización (Fig.3). De acuerdo a los estudios geológicos detallados, los depósitos de caolín forman niveles muy uniformes en la zona sur-occidental, donde el caolín se presenta con espesores superiores a los 40 metros, aflora directamente y su calidad es óptima. Es en esta zona donde se ubican las actuales explotaciones y las plantas de tratamiento. Se estima que esta zona guarda más de 25 millones de toneladas métricas de caolín blanco.

La zona oriental del Kilómetro 88 presenta también importantes depósitos de caolín con un espesor que debe superar los 15 m. Esta zona está bajo activa explotación.

La zona Este posee grandes reservas de caolín de buena calidad, pero se encuentra cubierta por depósitos aluvionales recientes con espesores que sobrepasan los 8 m. Los estudios evaluativos han indicado la presencia de capas no comerciales de caolín depositado en estos aluvionales.

Se ha comprobado que los niveles caoliníticos se han producido sobre zonas gabbroicas y diabásicas con un porcentaje alto en plagioclasas (sobre el 60%). Estudios realizados en la zona meridional de la región estudiada, pusieron de manifiesto que los niveles caoliníticos producidos sobre diabasas y gabros con bajo contenido de plagioclasas, son extremadamente ricos en hierro e inclusive en  $TiO_2$ .

#### Mineralogía y análisis químicos

Los depósitos de caolín de la región oriental del Estado Bolívar (kilómetro 88), fueron estudiados detalladamente a profundidad, por calicatas y perforaciones exploratorias. Muestras representativas fueron analizadas petrográfica, mineralógica y químicamente. Igualmente se hicieron ensayos relativos a distribución de partículas, brillo y viscosidad. La Tabla 1 muestra el esquema de investigación integral que se aplicó a los caolines venezolanos.

Los estudios evaluativos mostraron que los niveles de caolín consisten principalmente de un material variando en color desde el blanco hasta el amarillo muy pálido. El caolín contiene una proporción muy variable de cuarzo libre, pero siempre en cantidades relativamente bajas, mica muy fina a veces sericitica y muy bajas cantidades de minerales pesados, generalmente trazas, tales como anatasa, turmalina y zircón. Muestras representativas fueron analizadas cuidadosamente para conocer la distribución en el tamaño de partículas (Tabla 2). Se usaron mallas normales variando entre 65 y 325. Las partículas más finas de la malla 325 se muestran como diámetros en micrones de las partículas y fueron determinadas por el método sedimentológico de cálculo de tamaño a base de hidrómetros (ver Tabla 2).

Los difractogramos por rayos X de todas las fracciones obtenidas, mostraron una caolinita bien cristalizada sin presencia de montmorillonita. Las micrografías por electrón verificaron el carácter de excelente cristalización de los caolines.

El brillo del material caolinítico bruto, calculado en muestras representativas, varía entre 60 y 90.

El análisis químico realizado sobre muestras caoliníticas de los niveles intermedios es muy parecido a la composición caolinítica pura (Tabla 3). El valor de la alúmina es más bajo, los álcalis se mantienen normales y el  $TiO_2$  es relativamente alto, típico de los depósitos lateríticos.

Tabla 1. Muestra de caolín reducida hasta 6 mallas, mezclada y dividida en 2 porciones.

Esquema del tratamiento en la investigación de los caolines venezolanos (Estado Bolívar).

|  |  |
|--|--|
| Determinación de humedad, secada, 82°C | Mezcla húmeda                          |
| Reducida hasta 48 mallas. Mezclada     | Cedazo. Húmedo                         |
| Remoción y participación               | Determinación partículas, mallas       |
| 30 gm                                  | + 65                                   |
| -325 mallas                            | -65+100                                |
| Residuo                                | -100+200                               |
|  | -200+325                               |
|  | -325                                   |
| Rayos X                                | Examen Petrográfico                    |
| Análisis químico. S.E.M.               | Análisis sedimentación (Método Beaker) |
|  | Tamaño (Hidrómetro)                    |
|  | Distribución tamaño                    |
|  | Rayos X                                |
|  | Difracción                             |
|  | -325 + 2 micrones                      |
|  | -2 micrones                            |
|  | Rayos X                                |
|  | S.E.M.                                 |

Tabla 2. Distribución del tamaño de partículas de los caolines venezolanos (Estado Bolívar) por tamizado húmedo y método sedimentológico por hidrómetros.

| Muestra N° 2216-A |                     | Muestra N° 2216-B |                     | Muestra N° 2216-C |                     |
|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| Tamaño Partícula  | % Peso más fino que | Tamaño Partícula  | % Peso más fino que | Tamaño Partícula  | % Peso más fino que |
| 65 mallas         | 73.7                | 65 mallas         | 98.7                | 65 mallas         | 98.5                |
| 100 "             | 65.8                | 100 "             | 96.4                | 100 "             | 96.7                |
| 200 "             | 47.8                | 200 "             | 76.0                | 200 "             | 85.6                |
| 325 "             | 37.3                | 325 "             | 61.1                | 325 "             | 73.0                |
| 34.4 Micro        | 36.2                | 37.2 Micro.       | 57.1                | 31.2 Micro        | 72.9                |
| 17.0 "            | 29.9                | 17.7 "            | 49.3                | 16.2 "            | 58.4                |
| 12.5 "            | 26.6                | 12.8 "            | 45.7                | 12.0 "            | 52.6                |
| 7.7 "             | 21.4                | 7.9 "             | 36.1                | 7.5 "             | 41.1                |
| 6.2 "             | 17.8                | 6.3 "             | 30.1                | 6.1 "             | 35.3                |
| 4.5 "             | 14.5                | 4.6 "             | 25.8                | 4.5 "             | 28.3                |
| 2.7 "             | 9.5                 | 2.7 "             | 18.0                | 2.7 "             | 19.6                |
| 2.2 "             | 7.2                 | 2.2 "             | 15.0                | 2.2 "             | 16.2                |
| 1.3 "             | 5.3                 | 1.3 "             | 10.8                | 1.3 "             | 10.4                |
| 2.0 "             | 6.3                 | 2.0 "             | 13.8                | 2.0 "             | 14.8                |

Tabla 3. Análisis químicos.

| Profundidad de muestra | % SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO  | MgO  | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O |
|------------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|------|------------------|-------------------|
| 2,00 - 3,50 m          | 45                 | 39                             | 0,51                           | 0,80             | 0,03 | 0,16 | 0,27             | 0,10              |
| 3,50 - 6,00 m          | 45                 | 39                             | 0,48                           | 0,93             | 0,04 | 0,12 | 0,69             | 0,07              |
| 6,00 - 9,00 m          | 44                 | 39                             | 1,2                            | 1,3              | 0,04 | 0,11 | 0,63             | 0,05              |

BIBLIOGRAFIA

- Benaim, N. y Ríos, J. H., 1975. Excursión N° 7. Ciudad Guayana-El Pao-Upata-Guasipati-Tumeremo-Santa Elena de Uairén-Canaima, Estado Bolívar. Boletín de Geología, Publ. Especial N° 7. Memoria II Congreso Latinoamericano de Geología, Tomo I, pp. 389-408.
- Mc Candles, G. C., 1966. Geología General de la parte septentrional del Escudo de Guayana en Venezuela. Bol. Geol., Caracas, Vol. 8, N° 15, pp. 140-153.
- Menéndez, A., 1968. Revisión de la Estratigrafía de la Provincia de Pastora, según el estudio de la Región de Guasipati, Guayana Venezolana. Bol. Geol. Caracas, 10, N° 19, pp. 310-338.