

**MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA**

**PROGRAMA DE EXPLORACIONES**

**1985**



CONSORCIO

INSTITUTO DE ESTUDIOS COLOMBIANOS



190

PROGRAMA DE EXPLORACIONES  
INFORME FINAL  
II



INSTITUTO DE ESTUDIOS COLOMBIANOS

CONSORCIO



ESTUDIOS PARA LA FORMULACION DEL  
PLAN NACIONAL DE DESARROLLO MINERO

PROGRAMA DE EXPLORACIONES  
INFORME FINAL

Elaborado por:  
INTEGRAL S.A.

Bogotá D.E. Septiembre de 1985

## 7. PROGRAMA DE EXPLORACIONES PARA ESMERALDAS

### 7.1 Antecedentes

La exploración de las esmeraldas en el país, tal como se anotó en el estudio de Inventario Minero (1), se hace por lo general al azar o mediante el sentido empírico de los mineros, con desconocimiento de métodos técnicos basados en la geología y geoquímica de los yacimientos. En las minas más grandes y en las medianas, la exploración y explotación se confunden en una sola actividad que consiste en excavaciones a cielo abierto mediante explosivos y buldóceres, la mayor parte de las veces sin ninguna guía geológica indicativa de mineralizaciones; cuando se destapa alguna veta mineralizada se inicia inmediatamente la producción. En las minas pequeñas mucho menos existe una verdadera exploración; en estos casos para la búsqueda de esmeraldas se usan herramientas manuales.

Ante del desconocimiento de métodos técnicos de prospección de esmeraldas, ECOMINAS conjuntamente con las Naciones Unidas inició en 1974 el Proyecto de Esmeraldas, con el fin de establecer las guías de exploración geológicas más adecuadas

(1) Consorcio IEC-INTEGRAL S.A. Area Técnica. Las Esmeraldas. Estudio de Inventario Minero, pp. 33-34. Febrero 1985

para los yacimientos colombianos. Posteriormente INGEOMINAS sustituyó a ECOMINAS en el desarrollo del Proyecto, debido a dificultades institucionales que afectaron a esta última entidad y a los problemas de orden público que llevaron al cierre de las minas de Muzo y Coscuez.

Los objetivos principales del Proyecto de Esmeraldas fueron los siguientes:

- Estudios geológicos, geoquímicos, geofísicos y perforaciones dentro de las áreas esmeraldíferas de Muzo y Coscuez, con el objeto de definir en una primera fase guías para la prospección de nuevos yacimientos.
- Aplicar las guías obtenidas en la primera fase de los estudios a la exploración semi-detallada de la zona comprendida entre Muzo y Coscuez.
- Exploración regional, basada en los resultados de las dos primeras fases.
- Mejorar los métodos de explotación de las minas.
- Entrenamiento del personal de la contraparte colombiana en la exploración de las gemas y en la aplicación de métodos geoquímicos y geofísicos, de perforación, etc.

El Proyecto de Esmeraldas desafortunadamente no pudo concluirse por motivos de orden público generados por la llamada "gue-

rra de las esmeraldas", situación de violencia cuya causa principal fue el control del mercado de esmeraldas en las regiones de Muzo, Coscuez y Peñas Blancas. Desde 1973 los yacimientos fueron cerrados y ocupados por el ejército y en esas circunstancias, el proyecto finalmente tuvo que suspenderse a principios de 1975.

Antes de la forzada suspensión se adelantaron las siguientes actividades, en un área que cubrió unos 1.000 km<sup>2</sup> dentro de la región esmeraldífera (1):

- Prospección regional de la presunta continuación hacia el sur del cinturón mineralizado de Muzo-Coscuez-Yacopí.
- Reconocimiento detallado en las zonas de anomalías geoquímicas.
- Exploración detallada de los yacimientos de esmeraldas de Gachalá.

El Proyecto de Esmeraldas de las Naciones Unidas llegó entre otras a las siguientes definiciones y conclusiones preliminares:

- Se establecieron guías geoquímicas preliminares para la exploración de las esmeraldas. Estas guías fueron desarro-

(1) NACIONES UNIDAS, 1975. Proyecto de Esmeraldas. Informe Técnico Final. Bogotá, 71 pp. (Informe INGEOMINAS No. 1683).

- lladas mediante investigaciones en las zonas donde se encuentran las explotaciones mineras.
- Las mineralizaciones de esmeraldas están relacionadas con las propiedades litológicas de determinadas rocas. Las lutitas negras del Cretáceo Inferior son las rocas más favorables para la formación de las gemas.
- Existe un control estructural para la ocurrencia de las mineralizaciones. Donde se presentan las vetas de esmeraldas las rocas casi siempre están intensamente fracturadas y brechificadas, en zonas de cruce de fallas longitudinales inversas y fallas transversales.
- La mineralización está acompañada por un enriquecimiento de sodio y lixiviación de litio, plomo, potasio, estroncio y molibdeno. El berilio ha sido lixiviado de las rocas y suelos en las zonas mineralizadas. La presencia de esmeraldas se explica por una redepositación de este elemento.
- El contenido de sodio en sedimentos activos es una guía para la exploración regional.
- Para la prospección semidetallada y detallada se recomienda la utilización, como guía, de los contenidos anómalos en suelos de sodio, litio y plomo. Contenidos altos de sodio y bajos de litio y plomo son indicativos de las mineralizaciones de esmeraldas.

- El origen de las esmeraldas en la Cordillera Oriental se debe a efectos locales, causados por la removilización y redepositación del berilio que se lixivió de las rocas circundantes.

Como resultado concreto de las investigaciones adelantadas por el Proyecto de Esmeraldas se establecieron guías geoquímicas para la prospección y exploración de depósitos esmeraldíferos. Las mineralizaciones están localizadas únicamente en determinados horizontes estratigráficos, constituidos en su mayor parte por lutitas negras, y regidas por un control tectónico. Estas lutitas negras están contenidas en las formaciones Villeta, Cáqueza, La Paja y Rosablanca en la región occidental y en las formaciones Lutitas de Macanal y Calizas del Guavio en la región oriental, todas ellas de edad Cretáceo Inferior. (Véase Figuras 7.1 y 7.2).

En el mundo no existen otros depósitos esmeraldíferos con características geológicas similares, por lo tanto es importante aprovechar la experiencia adquirida por varios geólogos e ingenieros colombianos y algunos extranjeros, que han trabajado e investigado en ellos, para la ejecución del programa de exploración y control de explotaciones.

Posteriormente, en 1981, ECOMINAS presentó un nuevo proyecto de esmeraldas para concluir el iniciado por las Naciones Uni-

## MAPA GEOLOGICO MINERO

P.N.D.M. CONSORCIO IEC-INTEGRAL S.A. Area Técnica, 1985

F U E N T E

INGEOMINAS (Mapa en preparación)

ECOMINAS (1981-1983)

GEOCOLOMBIA (1971)

## CONVENCIONES

## GEOLOGICAS

|          |                          |      |                                      |
|----------|--------------------------|------|--------------------------------------|
| CRETACEO | FORMACIONES<br>CRETACEAS | Ksp1 | Miembro Ploehera y Arenisco de Labor |
|          |                          | Ksp2 | Miembro Arenisco del Riscal          |
|          |                          | Ksp3 |                                      |
|          |                          | Ksp4 | Formación Chiquave                   |
|          |                          | Ksp5 | Arenisco de Chiquanquá               |
|          |                          | Ksp6 | Formación La Paja                    |
|          |                          | Ksp7 | Formación Casarete                   |
|          |                          | Ksp8 | Formación Rosablanca                 |



# REGION ESMERALDIFERA

FRANJA ORIENTAL

(REGION DEL GUAVIO)

MAPA GEOLOGICO - MINERO

PN.D.M. CONSORCIO IEC-INTEGRAL S.A. Area Técnica, 1985

## CONVENCIONES

### GEOLOGICAS

- Q Cuaternario
- K1m Formación Luján de Macondo
- K1g Formación Coiza del Guavio
- No diferenciada

- Anticlinal
- Sinclinal
- Falla

### MINERAS

- Mina activa
- Mina inactiva o prospecto
- Manifestación

0 1 2 Km

## DEPOSITOS MINERALES

- |                       |                    |
|-----------------------|--------------------|
| 1 Motique             | 9 El Toro          |
| 2 Los Cruces          | 10 La Providencia  |
| 3 Chiver              | 11 Mundo Nuevo     |
| 4 Buenavista          | 12 La Guatí        |
| 5                     | 13 Achate          |
| 6 La Vega de San Juan | 14 Paystrado       |
| 7                     | 15 Sagrada Familia |
| 8 El Diamante         | 16 Miralinda       |

## FUENTE:

INGEOMINAS - Mapa Geológico del Cuadrángulo K-12 Guatiqué Colombia  
ECOMINAS - Mapa de las Zonas otorgadas en calidad de Apoyes  
Adiciones del Consorcio IEC-INTEGRAL, 1985

das y poner en práctica las guías de prospección en áreas piloto. Sin embargo, en esa oportunidad Planeación Nacional no consideró prioritario el nuevo proyecto.

#### 7.2 Necesidad de un Programa de Exploración y de Rehabilitación de las Minas.

Aunque el conocimiento geológico de las esmeraldas en Colombia no permite todavía establecer una tecnología confiable para emprender una prospección que tenga un grado de certeza suficiente, no solo para hallar nuevos yacimientos, sino para encontrar y dimensionar vetas productoras al mínimo costo posible en las minas existentes, el método propuesto por Naciones Unidas en 1975 constituye una buena contribución y podría representar el punto de partida para un programa de exploración.

La realización de un programa de exploración y de rehabilitación de las minas de esmeraldas se considera del mayor interés para el país por las siguientes razones:

- El escaso conocimiento de la geología y génesis de las mineralizaciones, que, entre otros efectos, ha dado lugar a explotaciones antitécnicas que están destruyendo los mismos yacimientos y deteriorando el medio ambiente. Esta situación es particularmente grave en las minas de Muzo (1).

(1) Véase Las Esmeraldas. Estudio de Inventario Minero pp. 65-73.

- La importancia de las esmeraldas como fuente de divisas para el país y como principal recurso de ECOMINAS, que se debe explotar bajo técnicas que garanticen la óptima recuperación de las gemas en el yacimiento.
- Los sistemas actuales de contratación con empresarios particulares, que al no establecer una separación precisa entre exploración y explotación, dan lugar a excavaciones masivas a cielo abierto orientadas empíricamente y muchas veces al azar.
- El conocimiento geológico de los yacimientos esmeraldíferos es la mejor base de negociación, tanto para ECOMINAS como para los operadores de los contratos. Este conocimiento permite, por otro lado, promover con un fundamento técnico y económico la contratación de nuevas áreas y por lo tanto incrementar los ingresos de la empresa estatal.
- La comprobación del método geoquímico propuesto por el Proyecto de Esmeraldas, se considera fundamental para dotar al país de una herramienta de gran valor para la exploración de los recursos esmeraldíferos.
- Posibilidad de descubrir nuevas zonas mineralizadas, para establecer desde un comienzo explotaciones con base en un diseño y plan mineros que garanticen el mejor aprovechamiento del recurso y la conservación del medio ambiente.

La rehabilitación de las minas actualmente en explotación se considera prioritaria sobre cualquier programa de exploraciones, orientado al hallazgo de nuevos depósitos esmeraldíferos.

### 7.3 Rehabilitación de las minas

Para lograr la rehabilitación de los yacimientos esmeraldíferos, se requiere antes que todo que ECOMINAS exija el cumplimiento de las normas técnicas para el desarrollo de los trabajos de exploración y explotación a que deben someterse los operadores o contratistas de las minas. Estas normas están contenidas en el Acuerdo No.0071 de la Junta Directiva de esa empresa. La aplicación de las medidas y controles dispuestos en dicho acuerdo permitirá en su mayor parte la recuperación progresiva de los yacimientos.

El Acuerdo No.0071, sin embargo, necesita algunas adiciones para hacerlo más explícito, concretamente en lo que se refiere a la obligatoriedad para los contratistas de presentar el estudio ecológico y de impacto ambiental, que a su vez ECOMINAS está legalmente obligada a someter al Ministerio de Minas y Energía y al INDERENA.

Si el acuerdo referido es el instrumento legal para lograr la rehabilitación progresiva de los yacimientos deteriorados, es igualmente necesario incluir la obligación para los ope-

radores de hacer levantamientos topográficos o fotogramétricos periódicos, donde se localicen las vetas en forma precisa y que sirvan, a su vez, para los cálculos de los volúmenes de movimientos de tierras. Falta asimismo incluir de manera concreta y explícita la obligación de llevar un control topográfico altimétrico y planimétrico de las explotaciones, que permita elaborar diagramas bloque para ubicar y hacer el seguimiento de las vetas, fallas, fracturas, brechas, ejes de túneles y otros elementos geológicos y mineros importantes.

Para tratar de relocalizar en las minas de Muzo vetas que hoy se encuentran sepultadas, es menester hacer una restitución con fotografías aéreas anteriores a 1965, con el fin de comparar con tomas recientes los mapas elaborados con base en las fotografías y en levantamientos topográficos de aquella época.

Los objetivos y resultados que se pueden esperar de un programa de rehabilitación de los yacimientos y del control de las explotaciones, en forma general son los siguientes:

- Localizar espacialmente las zonas y vetas mineralizadas con el fin de programar una explotación racional.
- Obtener la mayor cantidad posible de esmeraldas con el mínimo movimiento de tierras.
- Evitar la inutilización por los botaderos de áreas potencialmente productoras.

- Incrementar reservas, así sea en forma cualitativa, mediante el conocimiento de nuevas vetas.
- Recuperar física y ambientalmente las áreas explotadas y los terrenos indirectamente afectados por las explotaciones mineras.
- Evitar en cuanto sea posible el laboreo a tajo abierto, que se considera el causante del deterioro ambiental y de la inhabilitación de los yacimientos.
- Inducir una mayor participación de la minería subterránea.

#### 7.3.1 Impacto ambiental

Las minas de esmeraldas se cuentan entre las explotaciones que mayor deterioro ambiental causan actualmente en Colombia. Por esta razón se hace imperiosa la aplicación de la legislación vigente en cuanto se refiere a la protección de los recursos naturales. Las disposiciones sobre impacto ambiental y su control se encuentran estipuladas en el Código Nacional de Recursos Naturales Renovableles y de Protección del Medio Ambiente, en la Ley 1ª de 1984 y en el Decreto 3050 de diciembre de 1984 (1).

-----  
 (1) Respecto a las implicaciones de la Ley 1ª de 1984 en materia de Seguridad de Higiene Minera y Protección del Medio Ambiente, puede verse el documento "Salud Ocupacional y Seguridad Industrial en la Minería Colombiana" elaborado por el Área Jurídica (Juan Humberto Mesa).

Sin embargo, y en particular para proteger los yacimientos en sí mismos, es necesario hacer estudios específicos que contemplen lo relacionado con la disposición de los desechos de las explotaciones, la retención adecuada de los materiales finos en suspensión mediante diques de sedimentación, la restauración de los suelos agrícolas y las prácticas de reforestación. Todos estos aspectos estarán involucrados en el diseño minero a que están obligados los operadores, pero ECOMINAS deberá encargarse de su control técnico e interventoría. De acuerdo con la legislación mencionada anteriormente, esta empresa estatal está obligada a presentar los estudios de impacto ambiental de las explotaciones esmeraldíferas y de los proyectos mineros relacionados con esmeraldas a la sección de Protección del Medio Ambiente, División de Seguridad e Higiene Minera del Ministerio de Minas y Energía. Obviamente deberá exigirlos a los contratistas, tanto exploradores como explotadores y su costo correrá a cargo de estos.

Como se ha expresado atrás, la realización de los estudios ecológicos y la correspondiente declaración de efectos ambientales tiene carácter obligatorio, y por consiguiente debe incluirse en los contratos bien sea de exploración o de explotación.

### 7.3.2 Aspectos socio-económicos

Estos aspectos están relacionados especialmente con los "quebraderos" o "guaqueros" que trabajan en los desagaderos y aún en los frentes de explotación de esmeraldas en las minas grandes.

La construcción de ranchos y en general los asentamientos humanos contribuyen a aumentar el impacto social y ambiental, de por sí ya bastantes perturbados.

La solución a este problema es difícil, por cuanto depende en primer lugar del control y vigilancia que debe ejercer la fuerza pública. Sin un estricto control por parte de la Policía Nacional o del Ejército para imponer el orden público y hacer cumplir las normas que reglamenten la actividad de los guaqueros, recientemente promulgados por ECOMINAS, no será posible una solución adecuada.

En general se deben tomar las siguientes medidas en forma inmediata: Evitar la instauración de nuevos asentamientos humanos; delimitar áreas para la labor de los guaqueros fuera de las zonas contratadas para explotación y exploración o de aquellas que pueden sufrir efectos ambientales y establecer un permanente control militar.

#### 7.4 Programa de Exploraciones

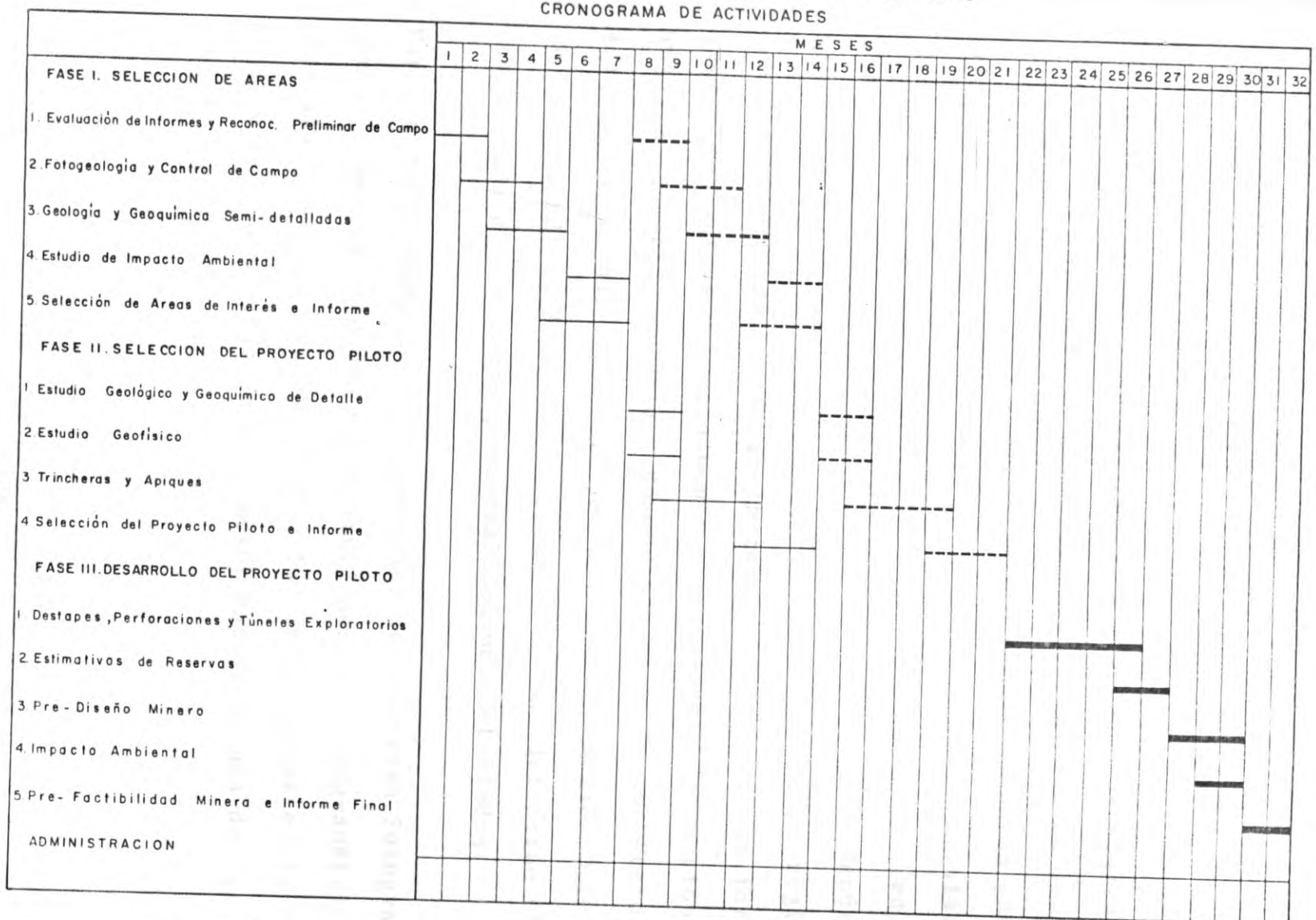
En este documento se propone un programa de exploraciones para adelantar en las regiones esmeraldíferas por métodos principalmente de geología de superficie y de geoquímica.

Antes que todo es necesario desarrollar en el país un método confiable y práctico de prospección, que permita localizar los depósitos esmeraldíferos mediante métodos superficiales. Una vez identificados los prospectos y comprobados los yacimientos es posible preparar los diseños y el plan minero, que permita una mejor explotación técnica de las minas y la conservación del medio ambiente.

##### 7.4.1 Metodología y programación de actividades

Tal como se anotó atrás, el Proyecto de Esmeraldas de Naciones Unidas logró establecer unas guías preliminares de exploración, que permitieron la determinación de anomalías geoquímicas en la vecindad de las áreas en explotación. La funcionalidad de estas guías exploratorias debe ser comprobada mediante un programa de investigación, de acuerdo con la metodología que se detalla a continuación (Véase también el Cronograma de Actividades en la Figura 7.3).

PROGRAMA DE EXPLORACION DE ESMERALDAS  
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES



— Cronograma Región Occidental  
 - - - - - Cronograma Región Oriental  
 ■ Proyecto Piloto

P.N.D.M. CONSORCIO IEC- INTEGRAL S.A., Area Técnica, 1985

FIGURA 7.3

Fase I. Selección de áreas de interés.

Mediante estudios de fotogeología, cartografía geológica y muestreos geoquímicos semi-detallados (geoquímica de sedimentos activos, de suelos y de rocas) en las formaciones geológicas previamente conocidas como potencialmente mineralizadas, se identificarán áreas de anomalías geoquímicas en situación estructural apropiada para la existencia de depósitos minerales. El área de interés minero en las dos regiones esmeraldíferas, es decir la zona cubierta por las formaciones geológicas potencialmente mineralizadas (formaciones Villeta, Cáqueza, La Paja y Rosablanca en la Región Occidental, Lutitas de Macanal y Calizas del Guavio en la Región Oriental) se ha estimado en 2.300 km<sup>2</sup>. Estas anomalías definirán objetivos o prospectos mineros para evaluaciones detalladas.

Para la realización de estos estudios se requieren fotografías aéreas a escala 1:20.000 y restituciones aerofotogramétricas a escala 1:5.000-1:10.000. Los estudios incluidos en la Fase I tendrán una duración de 7 meses para cada una de las regiones esmeraldíferas.

## Fase II Selección de un proyecto piloto

Las áreas de anomalías geoquímicas y en situación geológica y estructural favorable para la presencia de un depósito esmeraldífero de interés económico, serán evaluadas en detalle mediante geología de superficie, apoyada con apiques y trincheras y de geoquímica (de sedimentos, suelos y rocas). Además se utilizarán métodos electromagnéticos de muy baja frecuencia, con el fin de investigar la disposición de los cuerpos mineralizados mediante anomalías geofísicas. Como producto final de la evaluación de las áreas de interés se seleccionará un proyecto piloto para prospección y diseño minero.

La evaluación detallada de las áreas seleccionadas requiere de mapas topográficos obtenidos por restituciones aerofotogramétricas, que sirvan como base para la elaboración de mapas geológicos, estructurales y geoquímicos a escalas no mayores de 1:2.000-1:5.000. Para las restituciones aerofotográficas se podrán utilizar las mismas fotografías a escala 1:20.000 tomadas para los estudios semidetallados de la Fase I.

Durante esta etapa se estudiará también, en forma general, el impacto ambiental de las futuras explotaciones sobre las

aguas, suelos, fauna y bosques. Para los estimativos de costos se asume que las áreas seleccionadas comprenderán el 1% de la zona cubierta por las formaciones esmeraldíferas, es decir unos 2.300 hectáreas.

Los estudios incluidos en la Fase II tendrán una duración de 7 meses para cada una de las regiones esmeraldíferas.

#### Fase III. Desarrollo del proyecto piloto

El proyecto piloto deberá ser evaluado hasta el nivel de estimativos de reservas probables, mediante destapes, algunas pocas perforaciones con taladro rotatorio y recuperación de testigos y túneles exploratorios. Con base en el conocimiento estructural y de la geometría del depósito se prepararán prediseños mineros, que sirvan para adelantar estudios de prefactibilidad técnico-económica del Proyecto.

Una vez definidos los sistemas de explotación (subterránea o a cielo abierto), se podrá evaluar el impacto ambiental sobre los elementos naturales susceptibles de deterioro por causa de las operaciones mineras.

#### 7.4.2 Programa de personal

Los estudios exploratorios a realizar estarán bajo la dirección de un geólogo que actuará como Director del Proyecto.

A su vez cada una de las regiones esmeraldíferas (occidental y oriental) tendrá un geólogo jefe de grupo y 5 geólogos de campo que se encargarán de los estudios detallados y de los muestreos geoquímicos.

Para los trabajos de geología detallada se requiere una interpretación sobre fotos aéreas a escala 1:20.000 de las áreas potencialmente mineralizadas en la región esmeraldífera. Estos vuelos fotográficos y las restituciones aerofotogramétricas será necesario contratarlos con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi o con una compañía especializada en este tipo de servicios.

Los trabajos se iniciarán por la región occidental y una vez se haya terminado la Fase I se iniciarán los estudios correspondientes para la región oriental. En esta forma se podrá optimizar la utilización de los Recursos Humanos, especialmente del personal de geólogos en las dos primeras fases del estudio. Las actividades que conforman la Fase III serán adelantadas básicamente por ingenieros de minas.

De mucho interés se considera la necesidad de capacitar personal colombiano en geoquímica del berilio y en exploración geofísica para lo cual podría obtenerse cooperación de organismos internacionales.

## 7.5 Costos

Con el fin\*de poder hacer un estimativo de costos para el programa exploratorio, estos se desglosan en la siguiente forma:

### 7.5.1 Remuneraciones y viáticos

Comprende los sueldos, prestaciones sociales del personal técnico, subtécnico y administrativo que intervendrán en el programa; incluye también los viáticos para el personal que desarrollará trabajos de campo. En todos los casos se ha adoptado la escala de salarios y viáticos vigentes en INGEOMINAS.

### 7.5.2 Materiales y suministros

Incluye papelería y dotación de oficina, herramientas de mano y elementos de dotación para el personal de campo. Comprende además la compra de fotografías aéreas escala 1:20.000 y planchas topográficas 1:10.000 para la Región Oriental y parte de la Región Occidental.

### 7.5.3 Transportes y servicios

En el rubro de transportes se incluye: alquiler de helicóptero, alquiler de vehículos, etc.

Los principales servicios que se utilizarán en el programa serán: Toma de fotografías a escala 1:20.000 y restitución

topográfica a escala 1:10.000 para 600 km<sup>2</sup> de la Región Occidental (la Oriental dispone de un cubrimiento adecuado para los estudios propuestos), restitución topográfica a escala 1:2.000 para un área de 23 km<sup>2</sup> correspondientes a las áreas seleccionadas en las dos regiones, 400 metros de perforación con taladro rotatorio, 400 metros de túneles exploratorios, análisis de distinta índole para las muestras tomadas en las tres etapas de la exploración.

El Cuadro 7.1 presenta un resumen de los costos del programa. El costo total del programa es de \$154 millones aproximadamente y se podrá ejecutar en treinta y dos (32) meses.

#### 7.6 Marco institucional

ECOMINAS por disposición de la Ley debe explorar, explotar y administrar los yacimientos de esmeraldas que se encuentran en la zona de la Reserva Nacional. La única manera posible de poder administrar, supervisar y dirigir las explotaciones mineras contratadas con particulares, es mediante un control técnico que se fundamente en un conocimiento geológico-minero de los yacimientos y en general de los recursos potenciales, que le permita a la Empresa establecer los términos de referencia técnico-económicos para los nuevos contratos de operación que en un futuro se puedan firmar con empresarios nacionales o extranjeros.

CUADRO 7.1  
PROGRAMA DE EXPLORACION PARA ESMERALDAS  
RESUMEN DE COSTOS  
(Miles de pesos, 1985)

|                              | AÑO 1  | AÑO 2  | AÑO 3  |
|------------------------------|--------|--------|--------|
| 5.1 Sueldos y viáticos       |        |        |        |
| Remuneraciones               | 20.422 | 17.779 | 9.706  |
| Viáticos                     | 10.496 | 12.065 | 1.930  |
| Jornales                     | 3.096  | 2.194  | 238    |
| 5.2 Materiales y Suministros |        |        |        |
| Equipos                      | 2.020  | ---    | ---    |
| Suministros                  | 597    | 613    | 391    |
| 5.3 Transportes y Servicios  |        |        |        |
| Transportes                  | 6.260  | 4.920  | 691    |
| Servicios                    | 16.390 | 28.132 | 2.000  |
| Imprevistos (10%)            | 5.928  | 6.570  | 1.496  |
| TOTAL                        | 65.209 | 72.273 | 16.452 |

VALOR TOTAL APROXIMADO DEL PROGRAMA \$154 MILLONES

Los trabajos de evaluación de proyectos mineros, lo mismo que los programas de exploración y el control de explotación e impacto ambiental de las minas en operación, son funciones que corresponden a los contratistas, pero con la interventoría de ECOMINAS.

## 8. PROGRAMA DE EXPLORACION DE FERTILIZANTES

### 8.1 Introducción

En forma igual a como se hizo en el Estudio de Inventario Minero, para los programas de exploración el grupo de fertilizantes incluirá los fosfatos, el potasio y el azufre\*.

El fósforo, el potasio y el nitrógeno son los elementos más importantes en la nutrición vegetal. Por otro lado, más del 60% de la producción mundial de azufre se utiliza en fertilizantes, de allí la razón de incluirlo en el mismo grupo con los fosfatos y el potasio. En el país el nitrógeno se obtiene de los compuestos derivados de los hidrocarburos y por ese motivo se excluye de los estudios del Plan Nacional de Desarrollo Minero.

El estado del conocimiento de las reservas es diferente para cada uno de los minerales considerados en el estudio de fertilizantes, debido principalmente a que las investigaciones adelantadas en las últimas décadas en el país se han concentrado principalmente en los fosfatos, mientras que el azufre y en particular el potasio en la práctica se han olvidado en los programas oficiales de exploración minera.

\* El magnesio se incluyó como pequeña minería en los estudios complementarios de Inventario Minero.

Tal como se describió en forma detallada en los estudios de Inventario Minero (1), en Colombia se conocen depósitos de fosfatos principalmente en las siguientes localidades: Pesca, Iza-Cuítiva-Tota, Mongua, Sogamoso y Tunja (Boyacá); Sardinata (Norte de Santander); Palermo, Baraya, Aipe, Tesalia (Huila); Conchal-La Azufrada y Conchal-Vanegas (Santander) y en Pandí-Alpujarra (Cundinamarca).

Cada uno de estos depósitos ha sido evaluado, algunos de ellos mediante perforaciones hasta el grado de reservas probadas y probables, con los siguientes resultados: Pesca, 7.6 millones de toneladas probables de fosfatos con 18.85% de  $P_2O_5$ ; Iza-Cuítiva-Tota, 21.7 millones de toneladas probables con 19.6% de  $P_2O_5$ ; Mongua, 20.0 millones de toneladas probables con 11.6-22.6% de  $P_2O_5$ ; Sardinata, 794 .000 toneladas probadas con 23.2% de  $P_2O_5$  y 13.1 millones de toneladas como recursos probables con 17.0-18.6% de  $P_2O_5$ ; Palermo, 35 millones de toneladas probables con 18% de  $P_2O_5$ ; Baraya, 20 millones de toneladas posibles con 18% de  $P_2O_5$ ; Aipe, 3.6 millones de toneladas probadas con 28% de  $P_2O_5$  (recuperables por métodos de minería subterránea) y 24 millones de toneladas como recursos probables con 18-31% de  $P_2O_5$ ; Tesalia (Norte), 6 millones de toneladas como recursos posibles con 25-31% de  $P_2O_5^{(2)}$  y Tesalia-

(1) Consorcio IEC-INTEGRAL. Area Técnica, 1984. Fertilizantes. Estudio de Inventario Minero.

(2) Baraya 20 millones de tons posibles, 20%  $P_2O_5$ ; Aipe 6.4 millones probables, 28%  $P_2O_5$ ; Tesalia (Norte) 1.5 millones probables, 22-25% de  $P_2O_5$  y 0.8 millones posibles (Lobo-Guerrero, Alberto, 1985. Informe clon escrito).

La Juanita 15 millones de toneladas como recursos posibles, con 15-24% de  $P_2O_5$ ; Conchal-Azufrada y Conchal-Vanegas, 16 millones de toneladas de recursos probables con 15-27% de  $P_2O_5$ . En este momento se están probando mediante taladro las reservas de Aipe.

En contraste con la abundante información sobre reservas de fosfatos, en el país sólo se conocen yacimientos de alguna importancia de azufre en Puracé (Cauca) y en Chiles (Nariño). La mina El Vinagre en Puracé dispone de 1.45 millones de toneladas probadas de mineral con un tenor del 29% de azufre y 700.000 toneladas probables y en el depósito de Chiles (inexplotado) se determinaron 0.58 millones de toneladas probadas con 22% de azufre y 2.06 millones de toneladas probables.

En cuanto al potasio, fuera de la posibilidad de su recuperación de las salmueras residuales de las explotaciones de sal en las salinas marítimas de Manaure, no se conoce ningún depósito mineral en el país. Existen sí los ambientes geológicos propicios para su depositación en las secuencias evaporíticas del Cretáceo Inferior en Boyacá y Santander y del Juratriásico en el Tolima.

A continuación se presenta una descripción de los programas

exploratorios para cada uno de los minerales incluidos en el grupo de fertilizantes. Desde un punto de vista geológico y económico, estos programas se consideran los de mayor interés para buscar a mediano plazo un aumento de la producción nacional y a su vez, una menor dependencia de las importaciones de estos insumos. Obviamente la metodología y alcance de los programas exploratorios serán diferentes para cada tipo de mineral.

## 8.2 Programas Exploratorios

### 8.2.1 Fosfatos

#### 8.2.1.1 / Antecedentes

Los estudios adelantados en las dos últimas décadas, especialmente por INGEOMINAS y ECOMINAS, todavía no han logrado la comprobación de un gran depósito de calidad aceptable para la explotación de fosfatos, siquiera a mediana escala. Aunque se han identificado numerosos depósitos distribuidos en una amplia extensión del territorio nacional, problemas de diversa índole han impedido hasta ahora su aprovechamiento en un proyecto minero que haga rentable

la industrialización de la roca fosfórica para la producción de superfosfatos.

Entre los múltiples problemas geológicos y logísticos que se oponen al desarrollo de la minería de fosfatos en el país, se debe destacar en primer lugar la ubicación de los depósitos en la región cordillerana, donde las fallas e intensos plegamientos de los estratos impiden la presencia de grandes bloques de reservas y las explotaciones a cielo abierto. En estas circunstancias el único yacimiento conocido explotable a cielo abierto es el de Sardinata en Norte de Santander, pero con reservas muy exiguas. De los explotables por minería subterránea, ninguno alcanza a tener tonelajes de alguna magnitud para un proyecto minero siquiera a mediana escala. Por otro aspecto, los tenores de los fosfatos identificados se pueden clasificar entre bajos y medios, en tal forma que son muy pocas las mineralizaciones conocidas con valores superiores a 25% de  $P_2O_5$ ; además, por lo general, tienen altos contenidos de carbonato de calcio, lo cual en la mayoría de los casos los hace inapropiados para la producción de superfosfatos. A todo esto se debe agregar el hecho de que los depósitos de fosfatos hasta ahora evaluados se encuentran en el interior del país, lejos de las grandes plantas de fertilizan-

tes de la Costa Atlántica, las cuales importan prácticamente la totalidad del  $P_2O_5$  requerido para la producción de fertilizantes compuestos. En esta región se encuentra también la mayor planta de ácido sulfúrico del país (\*), que se abastece en más del 90% con azufre importado.

La Costa Atlántica, según las proyecciones de demanda establecidas en los estudios del Área Económica del PNDM, será la región más dinámica en el crecimiento del consumo de fertilizantes fosfatados, multiplicando por 2.3 veces en el año 2000 su peso relativo dentro del mercado nacional de  $P_2O_5$ <sup>(1)</sup>. En términos absolutos, se estima que el mercado de la Costa Atlántica crecería desde aproximadamente 3.500 toneladas de  $P_2O_5$  en la actualidad hasta 18.000 toneladas en el año 2000. No obstante esta situación, el mercado de la región central (Cundinamarca, Boyacá y Meta) seguirá siendo el más importante del país con un consumo de más de 50.000 toneladas en el año 2000 (30% del mercado nacional)(\*\*). En términos agregados se pueden visualizar hacia el futuro tres importantes mercados regionales, a saber: Norte (Costa Atlántica y Santanderes), con una demanda de casi 25.000 toneladas de  $P_2O_5$ .

-----  
\* La planta de Monómeros Colombo-Venezolanos en Barranquilla con una capacidad de unas 70.000 ton/año de ácido sulfúrico.

\*\* La región del Tolima y Huila multiplicará por 1.3 veces y Cundinamarca-Boyacá-Meta vería reducido su peso relativo en 0.8 veces.

(1) Consorcio IEC-INTEGRAL S.A., Área Económica, 1985. Fosfatos - Área Económica.

en el año 2000; Central Ampliado (Cundinamarca-Boyacá, Meta-Tolima-Huila) con una demanda de más de 70.000 toneladas de  $P_2O_5$  en el año 2000 y Occidental (zona cafetera y suroccidente del país) con una demanda cercana a las 50.000 toneladas de  $P_2O_5$  en el año 2000. En el Cuadro 8.1 se presentan las proyecciones al año 2000 del consumo de  $P_2O_5$  desagregado por regiones.

Esta regionalización del consumo indica que el mercado de  $P_2O_5$  tiende a ser cada vez más desconcentrado, lo cual está en concordancia con la conclusión más relevante del estudio de Inventario Minero, en el sentido de que la amplia distribución y la naturaleza de los depósitos de fosfatos en el país obliga a la racionalización de la explotación de estos recursos bajo la modalidad de pequeña y mediana minería.

#### 8.2.1.2 Objetivos exploratorios

Los fosfatos del interior del país se encuentran en los sedimentos de edad Cretáceo, en las unidades geológicas conocidas como Formación Guadalupe o Monserrate en los departamentos de Cundinamarca, Huila y Tolima y en la Formación La Luna, en Boyacá y Santander. Estratigráficamente los nive-

CUADRO 8.1  
CONSUMO DE  $P_2O_5$  POR REGIONES

Año 2.000

| REGIONES | CONSUMO<br>Tons. | %      |
|----------|------------------|--------|
| 1        | 17.908           | 12.0   |
| 2        | 6.675            | 4.5    |
| 3        | 53.515           | 35.7   |
| 4        | 18.414           | 12.3   |
| 5        | 26.478           | 17.7   |
| 6        | 23.519           | 15.7   |
| SUBTOTAL | 146.509          | 97.9   |
| OTROS    | 3.191            | 2.1    |
| TOTAL    | 149.700          | 100.00 |

Fuente: .PNDM, Area Económica, 1985

NOTAS:

- Región 1. Costa Atlántica
- Región 2. Santanderes
- Región 3. Cundinamarca, Boyacá y Meta
- Región 4. Huila y Tolima
- Región 5. Antioquia y Caldas
- Región 6. Valle, Cauca y Nariño

les fosfáticos en la Cordillera Oriental están limitados a los pisos Coniánciano y Santoniano (Véase Figura 8.1).

Los objetivos exploratorios de fosfatos en el país se pueden dividir en dos grandes regiones a saber: Costa Atlántica e Interior del País, los cuales se describen a continuación:

#### 8.2.1.2.1 Costa Atlántica

Al evaluar las posibilidades de fosfatos en la Costa Atlántica se pueden anotar buenas perspectivas geológicas en el Cretáceo de los valles del Cesar y Ranchería (Véase Figura 8.2).

De acuerdo con los informes estratigráficos de la industria petrolera (1), la Formación La Luna se presenta expuesta en amplias áreas de los valles mencionados. Según las descripciones de lo que se ha denominado Formación La Luna en el Cesar y la que se conoce en los Santanderes como portadora de fosfato, se puede decir que presentan analogías tan definidas que permiten afirmar que se trata de las mismas unidades litológicas en tiempo y en ambiente de depositación.

---

(1) Cáceres, Camacho, Reyes, 1980. Colombian Association of Petroleum Geologist. Field Trip

PROGRAMA DE EXPLORACION DE FERTILIZANTES  
FOSFATOS  
CRETACEO EN LA CORDILLERA ORIENTAL

P.N.D.M. CONSORCIO IEC-INTEGRAL S.A., Area  
Técnica, 1985

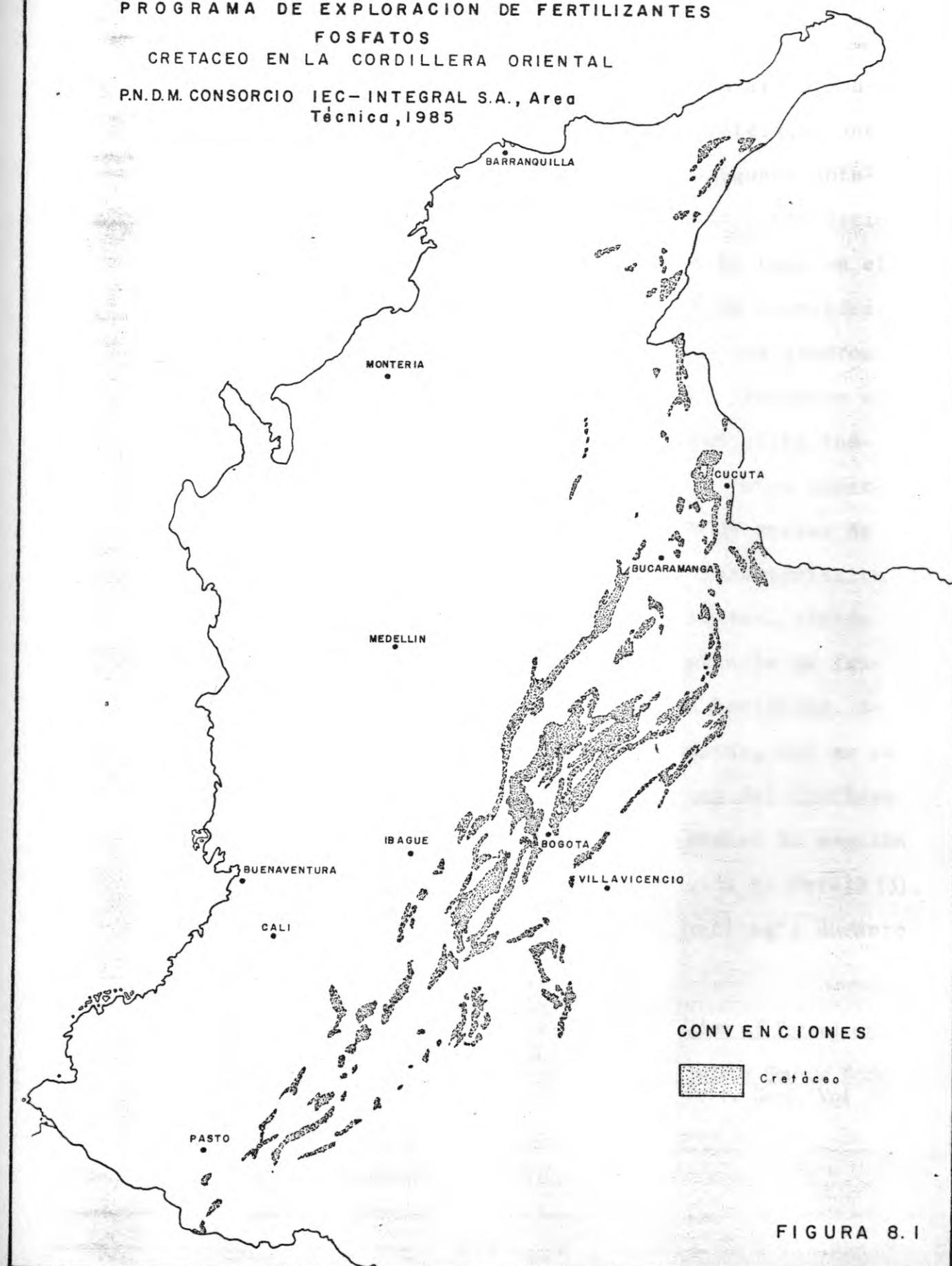
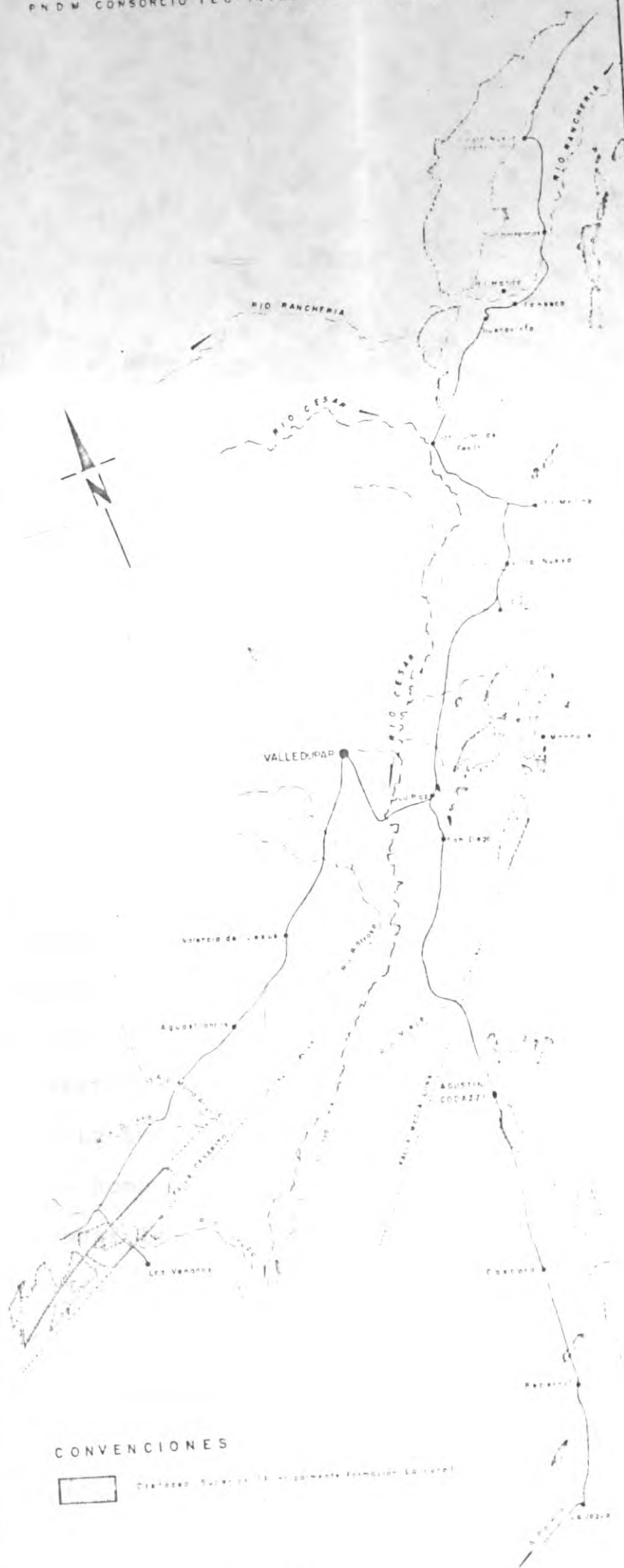


FIGURA 8.1

PROGRAMA DE EXPLORACION DE FERTILIZANTES  
FOSFATOS  
CRETACEO SUPERIOR EN LOS RIOS CESAR Y RANCHERIA  
PNDM CONSORCIO IEG-INTEGRAL S.A., Año Técnico, 1985



FUENTE

INGEOMINAS Mapa Geológico de Reconocimiento de la Sierra Nevada de Santa Marta - Colombia, 1969

Al examinar lo referente al piso Coniánciano en áreas donde se conoce la existencia de fosfatos, es interesante anotar la presencia de grandes concreciones que algunos autores (Bürgl, 1967) denominan "ruedas de carreta". Concreciones similares se han descrito en la formación La Luna en el Cesar (1). Las asociaciones fosilíferas también coinciden, siendo en este aspecto notoria la presencia de los géneros Barroisíceras y Peroníceras, amonoides no sólo presentes en la Formación La Luna de los Santanderes y Cesar, sino también en el Cretáceo fosfático de Cundinamarca. Otro aspecto que vale la pena destacar es la abundancia de restos de peces en la Formación La Luna del Cesar (2), característica común con la formación homónima de los Santanderes, siendo además destacada en ambas localidades la abundancia de fauna planktónica y la relativa escasez de fauna bentónica. En ambas localidades se presentan niveles de lilitas, que no se hallan en el resto de la columna estratigráfica del Cretáceo en el oriente colombiano. Por último, cabe anotar la mención de restos de radiolarios en la Formación La Luna en Perijá (3), claro indicio de corrientes ascendentes ("upwelling") durante la sedimentación de dicha unidad geológica.

- 
- (1) Cáceres, Camacho, Reyes, 1980. Colombian Association of Petroleum Geologist. Field Trip.  
(2) Hedberg, H.D., 1941. Cretaceous Limestone as Petroleum Source Rock in Northwestern Venezuela. Bull. Am. Assoc of Petr. Geol. Vol 15 No.3, pp.229-245. March 1941.  
(3) Hedberg, H., 1941. Obra Citada.

De todo lo anterior, puede concluirse que la Formación La Luna en la región del Cesar y sur de La Guajira constituye un objetivo exploratorio prioritario para la búsqueda de fosfatos en la Costa Atlántica. Estos posibles depósitos estarían localizados relativamente cerca a las plantas de fertilizantes de Barranquilla y Cartagena y por otra parte, se podría presentar la circunstancia favorable de encontrar yacimientos explotables a cielo abierto dado el plegamiento suave a moderado que predomina en los estratos de esas regiones costeras.

En la zona peninsular de La Guajira el Cretáceo Superior se presenta al sur de la falla de Cuisa y en el extremo oriental de la península. Dentro de la nomenclatura estratigráfica de La Guajira, existe la denominación de Formación La Luna que aparentemente presenta rasgos en común con la unidad así denominada en los Santanderes y el Cesar, y por tanto puede considerarse de interés para la exploración de fosfatos. Las áreas en que está expuesta la Formación La Luna en la península son relativamente restringidas y por tanto, la comprobación de la existencia de niveles fosfáticos puede ser relativamente rápida.

Otra posibilidad exploratoria interesante en lo referente a

fosfatos están en los apatitos en rocas ígneas de la Sierra Nevada de Santa Marta. Esta mineralización ha sido mencionada por varios autores (1) y (2), pero todavía no se dispone de un estudio detallado para evaluar sus verdaderas posibilidades, no sólo en el aspecto referente al fósforo sino a los minerales metálicos asociados. Hasta ahora el objetivo exploratorio de apatitos que parece revestir más interés es el de la quebrada del Hierro, afluente del río Don Dieguito. El área mineralizada conforma la región noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, en especial las áreas donde existen rocas anortosíticas, las cuales se encuentran frecuentemente asociadas a las mineralizaciones de apatito-ilmenita-magnetita.

Por último, cabe mencionar la posibilidad de hallar fosfatos en los sedimentos terciarios marinos de la porción peninsular de La Guajira. Aunque la mayor parte del terciario guajiro aparentemente está compuesto por sedimentos depositados en un medio tranquilo de aguas límpidas, que se consideran un ambiente poco adecuado para la depositación

- 
- (1) Tschanz, Ch.M., Jimeno, A. y Cruz, J., 1970. Recursos Minerales de la Sierra Nevada de Santa Marta. Bol. Geol. 18, 55 P.
- (2) Gansser, A., 1955 Ein Beitrag zur Geologie und Petrographie der Sierra Nevada de Santa Marta (Kolumbien, Sudamerika); (Contribución a la Geología y Petrografía de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia, Suramérica), traducida al español por F. Cediell 1966: Schwizer Mineralog.w. Petrog. Mitt; V35, No.2 P.209-279.

de fosforita primaria, se menciona que la Formación Macarao del Terciario Inferior presenta glauconita, mineral frecuentemente asociado a la roca fosfórica.

El Terciario Medio y Superior pueden presentar mineralizaciones de tipo epigenético similar al de Riecito en el Estado Falcón, Venezuela; sin embargo esto sólo se menciona como una remota posibilidad económica ya que dichos depósitos se presentan frecuentemente en forma muy irregular, lo que da lugar a explotaciones mineras muy difíciles y costosas.

También existen sedimentos terciarios costeros y de plataforma que forman una faja al sureste de la falla de Tierralta-Calamar. Esta faja se encuentra en el borde de una profunda cuenca de sedimentación turbidítica, que en el Terciario Superior se caracteriza por los abundantes restos orgánicos, donde cabría esperar la posibilidad de que hubieran existido corrientes ascendentes ("upwelling") que pudieran haber depositado material fosfático en la zona costera.

De todo lo anterior, cabe concluir que el Cretáceo Superior de los valles de los ríos Cesar y Ranchería presenta el objetivo exploratorio más atractivo para roca fosfórica en la

Costa Atlántica. En la Figura 8.2 se presenta la distribución de la Formación La Luna en los valles del Cesar y Ranchería.

#### Programación de la exploración

La exploración de los fosfatos de la Costa Atlántica se concentrará entonces en la Formación La Luna de los valles del Cesar y Ranchería y en el Terciario al sureste de la falla Tierralta-Calamar. El programa de prospección minera se compondrá de dos etapas y, de resultar exitoso, podrá llegar a la determinación de prospectos mineros a nivel de estudios de prefactibilidad y reservas probables. A continuación se detallan las actividades que será necesario adelantar en cada una de las etapas.

#### Etapas I

Durante la primera etapa será necesario compilar y evaluar toda la información geológica producida por las compañías petroleras. Mediante esta información y trabajos de foto-geología se deben preparar mapas preliminares, en los cuales se delimitarán principalmente las unidades potencial-

mente mineralizadas con fosfatos. Los levantamientos semi-detallados de campo a escalas 1:10.000-1:25.000 se concretarán en estas formaciones geológicas y, simultáneamente, serán complementados con determinaciones de la radioactividad de las rocas por medio de un contador de radiaciones (cintilómetro), pues como es bien sabido las fosforitas están acompañadas de minerales radioactivos. El contador de radiaciones es un aparato portátil de fácil manejo, que permite rápidamente detectar anomalías indicativas de la presencia de fosfatos en las fosforitas de origen marino.

Como producto de los estudios de la primera etapa se seleccionarán uno o varios prospectos mineros para exploraciones semidetalladas. Se estima que estos estudios geológicos de superficie podrán adelantarse en 12 meses mediante la utilización de 38 geólogos-mes. El costo de estos trabajos será del orden de \$35 millones.

#### Etapas II

Los estudios de la etapa II se concentrarán en una o dos áreas donde se hayan encontrado posibilidades de un depósito mineral de interés económico. Los trabajos de campo incluirán levantamientos cartográficos a escala 1:5.000-1:2.000,

apoyados con trincheras, apiques y algunas galerías de corta longitud siguiendo el rumbo de los mantos de fosforita. Se ha considerado que para la evaluación a nivel de prefactibilidad de los proyectos mineros, que para efectos de estimar costos se suponen en número de dos, se deberán ejecutar unos 1.000 m de perforación con taladro rotatorio (50% con recuperación de núcleos y 50% con broca tricónica). Como producto de los trabajos de la Etapa II se elaborará un estudio de prefactibilidad minera, con determinación de reservas hasta la categoría de reservas probables y se prepararán los diseños mineros que sirvan para los estimativos de inversión y costos unitarios de producción.

La segunda etapa se podrá adelantar en 8 meses mediante la vinculación de 24 geólogos-mes y 8 ingenieros de minas-mes. El costo de estos estudios de prefactibilidad minera se ha estimado en \$31 millones.

En la Figura 8.3 se presenta el cronograma de las actividades a desarrollar. El Cuadro 8.2 muestra un resumen de los costos estimados del programa de exploración de fosfatos en los valles de los Ríos Cesar y Ranchería.

#### 8.2.1.2.2 Interior del país

Como se explicó atrás, los depósitos conocidos de fosforitas

PROGRAMA DE EXPLORACION DE FERTILIZANTES  
 FOSFATOS- VALLES DE LOS RIOS CESAR Y RANCHERIA  
 Terciario Marino  
 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

| ACTIVIDADES                          | MESES |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------------------------------------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                                      | 1     | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| ETAPA I                              |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Evaluación de Información Existente  |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Visita Preliminar de Campo           |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Geología de Superficie               |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Geoquímica Regional                  |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Geofísica Regional                   |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Apiques y Trincheras                 |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Selección de Areas Prospectos        |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| ETAPA II                             |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Exploración Detallada de Areas Prosp |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Perforaciones                        |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Estudio de Reservas                  |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Prediseño Minero e Informe           |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

CUADRO 3.2

PROGRAMA DE EXPLORACION DE FERTILIZANTES

FOSFATOS

Valles de los ríos Ranchería y Cesar y Terciario Marino

Resumen de Costos

(miles de pesos, 1985)

|                                     | AÑO 1        | AÑO 2<br>(8 meses) |
|-------------------------------------|--------------|--------------------|
| 1. EQUIPOS Y SUMINISTROS            |              |                    |
| - Equipos                           | 300          |                    |
| - Suministros                       | 380          | 100                |
| 2. TRANSPORTES Y SERVICIOS          |              |                    |
| - Transportes                       | 4.236        | 1.765              |
| - Servicios                         | 2.500        | 12.500             |
| 3. REMUNERACIONES                   |              |                    |
| - Salarios y Prestaciones Sociales  | 14.561       | 11.587             |
| - Viáticos                          | 8.580        | 2.164              |
| - Jornales                          | 1.584        | -----              |
| 4. IMPREVISTOS 10%                  | 3.214        | 2.812              |
| SUBTOTALES                          | 35.355       | 30.928             |
| VALOR TOTAL APROXIMADO DEL PROGRAMA | \$66'000.000 |                    |

en el interior del país son de bajo tenor en  $P_2O_5$  y por lo común con altos contenidos de carbonato de calcio. Sin embargo, estos minerales son aptos para la aplicación directa al suelo, cuyo consumo interno, si se mantuviera la actual proporción de fertilizantes simples dentro del consumo total de  $P_2O_5$ , podría alcanzar unas 80.000 toneladas en el año 2.000, de las cuales un 30% le correspondería a la región Central (1). En estas circunstancias es necesario adelantar investigaciones de laboratorio y en planta piloto de algunos procesos de industrialización, tales como la acidulación parcial de la roca y la producción de termofosfatos mediante la utilización de rocas magnésicas. Se tiene conocimiento de que la Universidad Industrial de Santander está iniciando un proyecto de investigación para la producción de termofosfatos, utilizando las fosforitas de Santander y Norte de Santander y las escorias de Cerromatoso, que son materiales con alto contenido de magnesio como provenientes de serpentinitas. Esta investigación en una primera etapa tendrá un costo de \$1 millón y en la segunda, incluyendo la compra e instalación de una planta piloto, puede costar entre \$30 y \$40 millones (2)

Con relación al Proyecto de Pesca, el informe de ZELLARS WILLIAMS de 1984 recomienda la ejecución de trabajos adicio-

-----  
(1) Fosfatos. Estudios de Demanda del Area Económica del PNDM, 1985.

(2) Fosfatos del Huila adelanta en la actualidad un estudio de factibilidad para una planta de termofosfatos (100.000 ton/año), con base en las serpentinitas del Cauca.

nales de exploración y geotecnia, que incluye la perforación de 25 sondeos complementarios para tener un mejor conocimiento de la estructura del yacimiento y diseñar el sistema de explotación más adecuado. Estos estudios complementarios se estima que tendrán un valor de US\$1 millón, para lo cual ECOMINAS está buscando financiación de Naciones Unidas a través de TDPC (Trading Development Program).

#### 8.2.2 Potasio

##### 8.2.2.1 Antecedentes

Como se anotó en la introducción, la única posibilidad de producir potasio que se conoce en el país se encuentra en las salmueras residuales de la explotación de la sal en las Salinas de Manaure. En estas circunstancias, todo el potasio que requiere la industria de fertilizantes es importado.

En 1983 en el país se consumieron 75.800 toneladas de  $K_2O$ , de las cuales el cultivo del café requirió casi un 45% del total, la papa el 20% y el arroz y el banano otro 16%. Esto significa que estos cuatro productos concentran más del 80% del consumo total de potasio.

En términos regionales, resulta que la región conformada por los departamentos cafeteros de la zona centro occidental del país (Antioquia y Antigua Caldas) concentran el 35% del con-

sumo total, la región central (Cundinamarca, Boyacá y Meta) el 20% y el suroccidente (Valle del Cauca, Cauca y Nariño) el 15%. La Costa Atlántica donde se encuentran las plantas de fertilizantes, sólo alcanza en un 5% del consumo total de potasio.

Según las proyecciones elaboradas por el Area Económica del PNDM, la demanda futura de  $K_2O$  para fertilizantes en el país en el año 2000 será del orden de 183.000 toneladas anuales en un escenario base (1). De acuerdo con la distribución regional del consumo, la zona cafetera seguirá siendo el principal consumidor de  $K_2O$  (41% del consumo total) seguida por las regiones Central (21%), Central-Occidental (Huila y Tolima) y Suroccidental.

De estos se desprende que el mercado nacional de  $K_2O$ , como en el caso de los fosfatos, tenderá a subdividirse en mercados regionales. Pero, a diferencia de aquellos, no se dispone de la misma distribución regional en las reservas de  $K_2O$ . Esto significa que toda la actividad encaminada a lograr algún grado de sustitución de importaciones a largo plazo, debe estar dirigida a la exploración geológica de las reservas mineras de sales de potasio y al desarrollo del proyecto de

-----  
(1) Consorcio IEC-INTEGRAL S.A. 1984, Area Económica. Potasio.

aprovechamiento de las salmueras marinas en las Salinas de Manaure (Guajira).

#### 8.2.2.2 Geología y prospección de sales de potasio

Las sales potásicas son minerales formados en ambientes evaporíticos. El cloruro de potasio (KCl) denominado silvita es una sal radioactiva debido a su contenido de  $K_{40}$ . Una secuencia clásica de la depositación de las sales por evaporación del agua del mar, se desarrolla en el siguiente orden:

- Salmueras originales
- Depositación de caliza y dolomita
- Depositación de yeso
- Depositación de halita (NaCl)
- Depositación de sulfatos y cloruros de magnesio y finalmente,
- Depositación de bromuro de sodio y cloruro de potasio.

En general este tipo de depósito clásico no es común en la naturaleza, ya que exige una cuenca de depositación aislada, donde se llegue hasta la hipersaturación de las salmueras marinas sin interrupciones. Debido a la gran solubilidad de las sales de potasio, en muchas ocasiones no llegan a precipitarse o puede también suceder que una vez formadas sean disueltas por aguas subterráneas o superficiales. Cuando se presentan, las sales de potasio se encuentran por encima de los mantos de caliza, yeso y halita.

La exploración de las sales potásicas debe partir de la identificación de las formaciones geológicas donde se desarrollaron ambientes evaporíticos, caracterizados por la presencia de yeso y fuentes salinas formadas por disolución de mineralizaciones profundas. Por otro lado, la disolución de las sales de potasio produce una cobertura ferruginosa en superficie, debido al contenido de hematita de la silvita, la cual se convierte en una buena guía exploratoria. El análisis de los registros geofísicos de los pozos petroleros resulta de gran utilidad para determinar horizontes con alta radioactividad por medio del Registro de Radiaciones Gamma, GRL (Gama Ray Log).

Como la radiación medida puede provenir tanto del potasio como del torio y del uranio, el GRL debe ser analizado conjuntamente con otros tipos de registros que permitan definir la litología de la unidad sedimentaria de interés. Para tal efecto se utilizan los registros neutrónicos, los registros de densidad y el registro sónico. A partir de mediciones de estos registros en formaciones mineralizadas con sales potásicas, se han elaborado gráficos que permiten determinar los contenidos en  $K_2O$  con base en los valores del GRL y registro de densidad. En la Figura 8.4 se presenta una de las gráficas de correlación desarrolladas para la exploración del potasio, con base en registros geofísicos de pozos petroleros.

# PROGRAMA DE EXPLORACION DE FERTILIZANTES

## GRAFICO DE CORRELACION ENTRE GRL, DENSIDAD Y

CONTENIDO  $K_2O$

P.N.D.M. CONSORCIO IEC-INTEGRAL S.A., Area Técnica, 1985

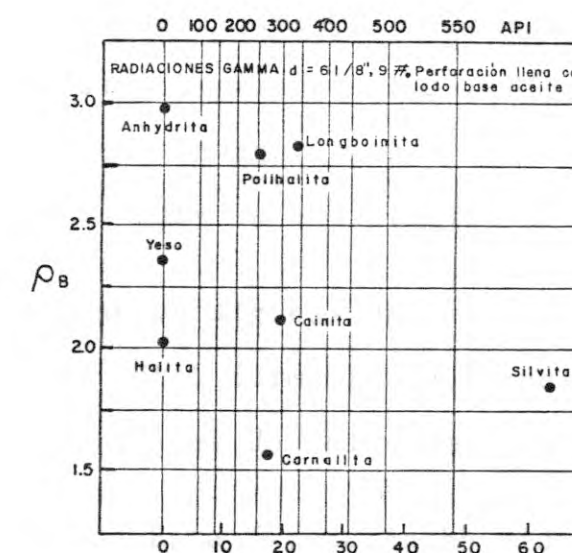


FIGURA 8.4



### Las evaporitas en Colombia

Entre las formaciones geológicas que presentan ambientes evaporíticos se destacan la Formación Rosablanca en el Departamento de Santander y la Formación Villeta en Cundinamarca, ambas de edad Cretáceo Inferior y la Formación Payandé en el Tolima de edad Triásico Superior. En la Figura 8.5 se indican las mineralizaciones evaporíticas en las tres formaciones geológicas de interés para la exploración de sales de potasio.

A continuación se resumen algunas de las características litoestratigráficas de estas formaciones, especialmente relacionadas con las posibilidades de sales de potasio:

Formación Rosablanca: Esta formación ha sido cartografiada por toda la región de Mesas y Cuestas en el Departamento de Santander y se extiende al sur hasta Villa de Leyva (Boyacá). Estratigráficamente se puede dividir en varios niveles que se enumeran de abajo hacia arriba, a saber: Nivel inferior de calizas y dolomitas, nivel margoso inferior, nivel de lutitas intercaladas con calizas, nivel margoso superior, nivel arenoso y nivel fosilífero lumaquélico.

La porción basal de Rosablanca se caracteriza por su contenido de yeso en estratos potentes ligeramente calcáreos (típico "gypsum rock" evaporítico), que indican la presencia de fa-

cies evaporítica de alta salinidad y tranquilidad en el ambiente deposicional; en cambio las partes media y superior se depositaron en un medio abierto poco profundo, donde alternan condiciones de tranquilidad y agitación.

En la Formación Rosablanca se conocen mineralizaciones de yeso desde La Mesa de los Santos (Santander) hasta Villa de Leyva y además, se presentan numerosas fuentes de aguas saladas (Véase Figura 8.5). Como dato de interés se tiene información de que una fuente de agua salada en Guaca (Santander) contiene 3.000 ppm de potasio.

Los pozos petroleros perforados en la región donde se conoce la Formación Rosablanca han sido muy pocos, con el inconveniente de que en su mayor parte son sondeos muy antiguos en los cuales no se corrieron registros de radioactividad gamma. Por esta circunstancia, la exploración de sales de potasio se debe orientar en primer lugar hacia los análisis químicos de las sales contenidas en las fuentes salinas.

Formación Villeta. Los estudios geológicos y geoquímicos de los domos salinos de la Formación Villeta han sido negativos para sales de potasio, posiblemente porque en las salmueras no se alcanzó el grado de hipersaturación requerido para su precipitación.

Formación Payandé. Aunque esta formación ha sido caracterizada como una unidad exclusivamente calcárea, en realidad presenta dos partes bien diferenciadas, a saber: Una porción inferior compuesta por una arcosa basal, seguida por una potente masa de calizas con intercalaciones muy delgadas de liditas y una porción superior que consiste de una alternancia de arcosas, liditas, cuarcitas y mantos delgados de calizas. En la Formación Payandé se registran varias mineralizaciones de yeso de tipo evaporítico, algunos de ellos en explotación para la industria cementera.

En la región del Valle Superior del Río Magdalena, donde se presenta la Formación Payandé, se deben analizar los registros de los pozos perforados para exploración y producción de petróleo y en forma similar analizar químicamente las posibles fuentes salinas, para determinar contenidos de potasio.

#### Recursos Humanos

Para un programa preliminar de identificación de posibilidades de sales de potasio en las formaciones Rosablanca y Payandé, basado en la información de registros geofísicos en los pozos petroleros que se conservan en ECOPETROL y los análisis químicos de las fuentes saladas presentes en la región donde se encuentran estos ambientes evaporíticos, se

estima que se requerirá la participación de dos geólogos durante 6 meses.

#### 8.2.2.3 Proyecto de salmueras residuales de Manaure

En el proceso de producción de cloruro de sodio en las Salinas de Manaure se generaban en 1973-1974 cerca de 60.000 toneladas al año de salmueras residuales ricas en sales de potasio, de magnesio y otras. Una firma consultora francesa denominada Compagnie des Salins du Midi et des Salins de L'Est, realizó estudios técnicos de factibilidad en planta piloto para el aprovechamiento de dichas salmueras residuales. La construcción de una salina para salmueras residuales es similar a la existente en Manaure para la producción de cloruro de sodio, pero a una escala menor. Las obras adicionales que sería necesario adelantar consisten de jarrillones, estaciones de bombeo, compuertas y cristalizadores.

El estudio de factibilidad de los consultores franceses no ha podido ser conocido por el Area Técnica, pero de todas maneras este proyecto deberá ser revaluado. Estimativos del Area Técnica e informaciones verbales de Monómeros Colombo-Venezolanos (\*) permiten anticipar la posibilidad técnica de un proyecto con capacidad anual de producción de

(\*) Monómeros Colombo-Venezolanos adelantó estudios de prefactibilidad del Proyecto en 1984 con miras a la obtención de sales de magnesio.

30.000-40.000 toneladas de óxido de magnesio (para la industria química, de refractarios y también para fertilizantes) y unas 7.000 toneladas de  $K_2O$ . Para el magnesio existe un mercado potencial en Venezuela. En la Guajira se cuenta con abundante caliza requerida para el proceso de precipitación del magnesio de la salmuera.

La gran dificultad del Proyecto de Salmueras Residuales radica en la pobre infraestructura existente en Manaure para el transporte de las sales. Por esta razón se podría estudiar la factibilidad del bombeo de la salmuera residual hasta el puerto de suministros construido en Bahía Portete, el cual quedaría disponible una vez entre en operación el Proyecto Carbonífero del Cerrejón.

#### Costos

Los costos de personal para evaluar las posibilidades de sales de potasio en las formaciones Rosablanca y Payandé se han estimado en \$3.0 millones. Los demás costos, tales como análisis de laboratorio, transportes y otros servicios se estiman en \$1 millón.

La revaluación del estudio de factibilidad para el aprovechamiento de las salmueras residuales se estima en \$20 millones. Este estudio podrá ser ejecutado enteramente por profesionales colombianos e incluirá el prediseño de las obras de in-

fraestructura requeridas tanto para la extracción de las sales, como también para el cargue y transporte de la salmuera hasta el puerto.

### 8.2.3 Azufre

#### 8.2.3.1 Introducción

Como se describió en los estudios de Inventario Minero (1), la única explotación minera de azufre en el país es la mina El Vinagre de Industrias Puracé en el Departamento del Cauca, con una capacidad actual de producción de 33.000 ton/año de azufre. Por otro lado, el azufre obtenido como subproducto de la refinación de petróleo es del orden de 12.000 toneladas año, pero su producción es muy variable.

El consumo aparente de azufre (\*) en el país en el año de 1983 fue del orden de 62.800 toneladas y actualmente se estima en 70.000 toneladas, lo cual exige la importación de más de 25.000 toneladas, en un 93% con destino a Monómeros Colombo-Venezolanos.

Según las proyecciones del Area Económica, el consumo de

-----  
(1) Consorcio IEC-INTEGRAL. Area Técnica, 1984. Fertilizantes. Estudio de Inventario Minero.

(\*) Producción nacional más importaciones y menos exportaciones

azufre en el país por lo menos se duplicará al llegar al año 2.000 tomando como base el escenario de menor crecimiento económico. En el escenario más alto y en el supuesto de la operación de un proyecto masivo de industrialización de la roca fosfórica, el Proyecto de Pesca, el consumo podría llegar a cuadruplicarse entre 1984 y el año 2.000. Si el Proyecto de Pesca no se llegara a realizar, la demanda de azufre en el año 2.000 podría llegar a niveles comprendidos entre 125.000 y 190.000 toneladas anuales de azufre.

Como ya se anotó las reservas de azufre probadas en el país sólo alcanzan a ser de 420.000 toneladas y se encuentra en el depósito El Vinagre (Puracé Cauca), suficientes apenas para aproximadamente 5 años de producción a los niveles actuales (\*). Como el volumen de estas reservas es sólo equivalente a unos 3 años del consumo nacional de azufre primario, sin contar el consumo de los derivados, resalta la eventual dependencia de mineral importado a que puede verse abocado el país y la urgencia de un programa de exploraciones de azufre primario y de la investigación de fuentes alternas de esta materia prima. Por otro lado el azufre proveniente de la refinación de petróleo, al no existir proyectos de ensanche de la capacidad de refinación de crudos, se supone que permanecerá

-----  
(\*) Con una recuperación del 50% del azufre contenido en el mineral

en el mismo nivel de producción actual, 12.000 toneladas anuales.

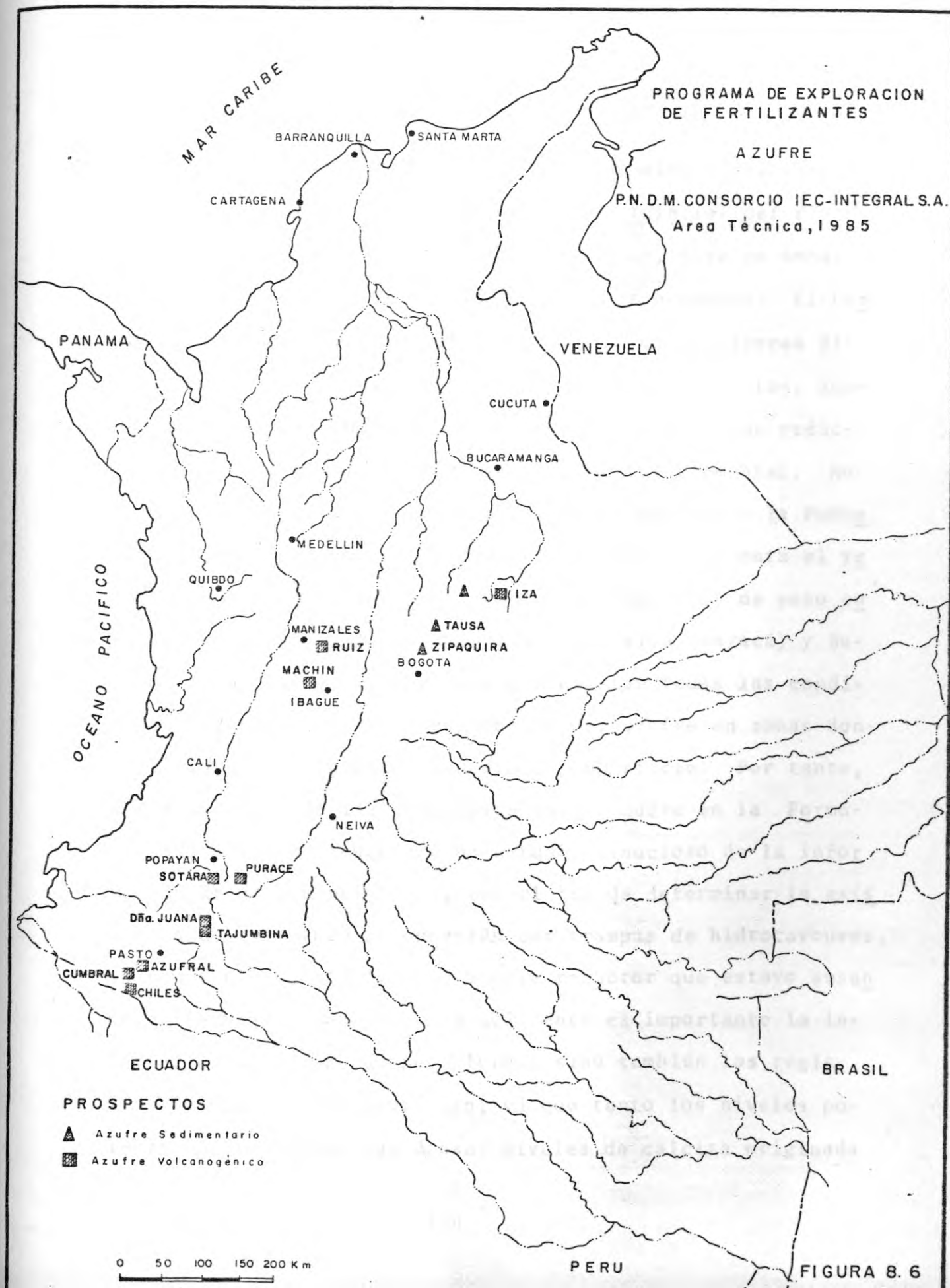
#### 8.2.3.2 Objetivos exploratorios

Las posibilidades de hallazgos de un yacimiento de azufre de gran magnitud en Colombia no parecen especialmente halagadoras. Sin embargo, teniendo en cuenta el déficit de la oferta del mineral de producción nacional, se considera que se debe adelantar un programa de exploraciones que permita definir las posibilidades del país en azufres, tanto de origen sedimentario como volcanogénico (Véase Figura 8.6).

Aunque el principal depósito de azufre en explotación en Colombia es volcanogénico (El Vinagre) se tratará en primer lugar lo referente a las mineralizaciones en ambientes sedimentarios, por encontrarse en esta clase de depósitos las mayores reservas mundiales de azufre nativo.

##### 8.2.3.2.1 Exploración de Azufre de Origen Sedimentario

El ambiente más adecuado para la búsqueda de azufre sedimentario en Colombia se presentó durante el Cretáceo Inferior. En las unidades litológicas de ese período se reúnen las condiciones para un depósito de ese tipo, caracterizadas por la presencia de evaporitas con niveles de yeso y la existencia de hidrocarburos, necesario como agente reductor del yeso para formar el azufre elemental.



Hay ocurrencias menores de esta clase de mineralización en las salinas de Zipaquirá y en la cuenca inferior del río Murca, en la región del Guavio (Cundinamarca), pero en ambas localidades los niveles yesíferos son muy pequeños. El Cretáceo Inferior presenta depósitos yesíferos de mayores dimensiones en Santander, área de la Mesa de Los Santos, aunque en esta localidad no se presentó el ambiente de reducción química requerido para producir azufre elemental. No obstante al considerar la gran extensión que cubre la Formación Rosablanca, unidad litológica en que se presenta el yeso de la Mesa de Los Santos, con manifestaciones de yeso conocidas en lugares tales como Villa de Leiva (Boyacá) y Bolívar (Santander), es factible que existan todas las condiciones propicias para la generación del azufre en zonas donde la formación no está expuesta en superficie. Por tanto, una evaluación de las posibilidades de azufre en la Formación Rosablanca, requerirá un estudio minucioso de la información de origen petrolero, con el fin de determinar la existencia de yeso roca en conexión con trampas de hidrocarburos, ya que éstos constituyen el agente reductor que estuvo ausente en La Mesa de Santos. No solamente es importante la información de los pozos petroleros, sino también los registros de exploración geofísica, ya que tanto los niveles potentes de yeso como los densos niveles de calcita originada

en la reducción del yeso a azufre, son buenos horizontes de reflexión sísmica.

El estudio de la información de origen petrolero ha sido clave en el hallazgo de azufre en Irak y en el Golfo de Méjico. En otros países, tales como Polonia, se han combinado métodos estratigráficos con geofísica, en especial sísmica y gravimetría.

Infortunadamente en Colombia el Cretáceo Inferior ha sido pocas veces perforado en las áreas donde es más factible la existencia de azufre, tales como el Valle Medio del Magdalena y el Valle del Cesar-Ranchería. En general la industria petrolera en esta área ha centrado su exploración en los sedimentos del Terciario.

Existen niveles yesíferos importantes en la Formación Payandé; sin embargo esta unidad no se distingue por su contenido en hidrocarburos, por lo que carecería del agente reductor para la formación de azufre elemental.

El Cretáceo del Sur del país no parece presentar evaporitas en cantidades dignas de tomarse en cuenta; el conocimiento geológico que se tiene de esta área es aceptable, dado que los horizontes productores de hidrocarburos se presentan en la base de la secuencia (Formación Caballos), sin que hasta

ahora se tenga mención de la existencia de roca yesífera.

Los domos salinos actualmente en explotación, como el ya mencionado de Zipaquirá, no presenta una cubierta yesífera digna de tomarse en cuenta. Sería interesante un estudio del domo salino de Tausa, con el fin de conocer las perspectivas en cuanto a azufre.

En general la prospección de azufre sedimentario a escala nacional requiere el estudio de todas las manifestaciones de yeso presentes en rocas del Cretáceo Inferior, con una definición muy clara de la estratigrafía y de la tectónica local, con el fin de determinar el posible acceso de hidrocarburos en forma líquida o gaseosa que hubiesen favorecido la reducción mineral.

Tal vez un modelo para este tipo de investigación pueda ser similar al realizado en Polonia después de la Segunda Guerra Mundial.

#### 8.2.3.2.2 Exploración de Azufre de Origen Volcánico

Aunque en el mundo raramente existen depósitos de azufre en grandes magnitudes originados en actividad volcánica, es posible considerar que un programa de exploración de azufre volcanogénico pueda tener resultados positivos en nuestro país.

De los estudios hechos hasta ahora en el país, se tienen algunos datos que pueden destacarse y que podrían ser utilizados como guías exploratorias de azufre volcanogénico. En primer lugar, las manifestaciones de azufre en Puracé y Sotará están relacionadas con zonas de falla, que posiblemente sirvieron de conducto a solfataras en las que el azufre emergió en forma de ácido sulfhídrico, oxidado a azufre elemental al alcanzar la superficie. La roca piroclástica porosa o las lavas fracturadas por acción tectónica presentan un espacio adecuado para la depositación del azufre. En segundo lugar es importante anotar la intensa alteración o "blanqueamiento de las rocas" en las zonas de depositación, esto por efecto de los fluidos de la solfataras. Por último, es importante anotar el pH generalmente bajo (1,5-2 ) de las aguas de las zonas mineralizadas, así como los altos contenidos en cloro.

El depósito de azufre más importante que se conoce en el país, El Vinagre, es de tipo volcanogénico; además se ha identificado otro proyecto de naturaleza similar en las vecindades del volcán Nevado de Chiles.

#### Depósito el Vinagre

En el depósito El Vinagre se han estimado, adicionalmente a las reservas probadas atrás anotadas, 700.000 toneladas

como reservas posibles de mineral. Por lo exiguo de las reservas probadas en el Vinagre, y en razón de que Industrias Puracó tiene un contrato de explotación con ECOMINAS que se prolonga por 20 años hacia el futuro, se debe iniciar por parte de los empresarios un programa de comprobación de reservas que le garantice a la mina la extensión de la vida productiva.

Aunque no fue posible conocer el detalle del programa de exploración que los arrendatarios proyectan, el trabajo principal consiste en la comprobación de la prolongación del yacimiento mediante varios sondeos con taladro de diamante y recuperación de testigos. El costo de este programa se estima en unos \$20 millones.

#### Depósito de Chiles

El depósito de azufre volcanogénico de Chiles se encuentra junto al Nevado del mismo nombre en Nariño a unos 15 Km al occidente de Ipiales. El estudio preliminar de este depósito lo realizó el Ministerio de Minas entre 1968 y 1970; los derechos del área del yacimiento pertenecen a ECOMINAS bajo la modalidad de aporte.

En la exploración preliminar se realizaron 18 sondeos separados entre sí, 250 m. en promedio. Por medio de estos son-

deos se logró delimitar una zona de aproximadamente 850 x 350 m que presenta una brecha tobácea mineralizada cuyo espesor varía entre 2.50 - 11.m.

El objetivo fundamental del programa que se propone es lograr la comprobación de las reservas actualmente catalogadas como "posibles y probables", efectuar pruebas de beneficio del azufre a nivel de laboratorio y planta piloto y, finalmente, diseñar el sistema más apropiado de explotación y beneficio del mineral.

En consecuencia se desarrollarán las siguientes actividades:

Perforaciones y Túneles. Con el fin de comprobar el volumen de reservas y sobre todo teniendo en cuenta las frecuentes variaciones que esta clase de depósitos presentan en cuanto a tenor y espesor de la mineralización, es indispensable contar con la información geológica proporcionada por sondeos que se encuentren separados entre si una distancia máxima de 75 m. Para tales efectos, serían necesarios unos 1.500 m. de perforación en sondeos con una profundidad promedio de 60m. Estos trabajos se complementarían con unos 150 m de túneles exploratorios, cuya finalidad, aparte de proporcionar mayor información del subsuelo, sería suministrar mineral para una muestra representativa (en total unas 150 toneladas) para las pruebas metalúrgicas piloto.

Pruebas Metalúrgicas. Esta etapa de la investigación se considera muy importante, puesto que de la eficiencia en la recuperación del azufre depende que un depósito volcánogénico, aun con buenas reservas, pueda considerarse económicamente explotable. Inicialmente se deben efectuar pruebas a nivel de laboratorio, para posteriormente hacer una comprobación práctica del método de recuperación con pruebas en planta piloto sobre muestras entre 10 y 20 toneladas. Es importante destacar el hecho que el método combinado de concentración por flotación y fundición en autoclaves estacionarias ha sido desarrollado con éxito por Industrias Puracé en la Mina El Vinagre, llegándose a constituir en un método propio que ha sido consultado para el beneficio de depósitos de azufre volcánico en varios lugares del mundo; en consecuencia es conveniente aprovechar esa valiosa experiencia en la investigación metalúrgica del mineral de Chiles.

Diseño Minero. Finalmente con la información obtenida en las dos actividades anteriores, se procederá al diseño del método de explotación más conveniente, buscando, en lo posible, que la extracción del mineral se adelante a cielo abierto en procura de obtener un producto, cuyo precio final sea competitivo con el del azufre actualmente disponible en el mercado nacional.

Para el desarrollo de este proyecto será necesaria la vinculación de un geólogo de minas durante 9 meses, tiempo en que se estima la duración de la actividad de Perforaciones y Túneles. Para la dirección de la investigación metalúrgica se requerirán los servicios de un metalurgista durante 3 meses. En el Diseño Minero se deberá contar con un ingeniero de minas y un geólogo de minas por un lapso de 3 meses. De acuerdo con esto, la duración total del programa sería de 15 meses.

En el cuadro 8.3 se resume el estimativo de los costos que tendría el programa de exploración del depósito de azufre de Chiles. El costo total sería del orden de \$46 millones.

Además de Puracé y Chiles, es conveniente investigar las posibilidades de otros depósitos de azufre de esta misma clase en otras áreas volcánicas aun no estudiadas sistemáticamente, tales como: Cumbal, Azufral, Doña Juana y Tajumbina en Nariño; Sotará en Cauca, El Ruiz en Caldas; Machín en Tolima e Iza en Boyacá. (Véase Figura 8.6).

Finalmente, es de mucho interés conocer las posibilidades en áreas cuya actividad volcánica tuvo lugar en el Terciario Tardío, en lugares tales como los Farallones de Citará (Antioquia), Farallones de Cali y otros en la Cordillera Occidental. Algunos de estos volcanes actualmente están extintos.

CUADRO 8.5

PROGRAMA DE EXPLORACIONES DE FERTILIZANTES  
EXPLORACION AZUERE DE CHILES

Resumen de Costos (miles de pesos 1985)

EQUIPOS Y SUMINISTROS

|   |                        |     |
|---|------------------------|-----|
| - | Suministros de Oficina | 300 |
| - | Suministros de Campo   | 420 |

TRANSPORTES Y SERVICIOS

|   |                         |        |
|---|-------------------------|--------|
| - | Alquiler de Vehículo    | 1.600  |
| - | Perforaciones y Túneles | 33.000 |
| - | Laboratorio             | 2.500  |

REMUNERACIONES

|   |                                 |            |
|---|---------------------------------|------------|
| - | Sueldos y Prestaciones sociales | 5.653      |
| - | Viáticos                        | 1.803      |
| - | Jornales                        | <u>720</u> |

T O T A L 45.996

=====

#### 8.2.3.3 Azufre proveniente de pirita y otros sulfuros

Por último, cabe mencionar el azufre no elemental obtenido mediante la tostión de piritas y otros sulfuros. Este tipo de depósitos puede tener interés en el caso de explotaciones de oro diseminado, del tipo cobre porfídico cobre-oro y en sulfuros masivos.

En estas mineralizaciones se presentan grandes cantidades de piritas cuyo aprovechamiento sería como subproducto de la extracción aurífera. Ejemplo de este tipo de depósitos son California, Marmato, El Roble y algunos prospectos del borde occidental del Batolito de Mandé en el Chocó.

Como subproducto de la minería del oro, la región noroccidental del país, entrando en plena operación los proyectos mineros que se tienen para esta zona, produciría cerca de 30.000 toneladas al año de pirita, distribuidas en las siguientes minas:

| <u>Minas</u>                | <u>Producción de Piritas</u> |
|-----------------------------|------------------------------|
|                             | <u>Ton/año</u>               |
| Marmato Zona Alta (Caldas): | 4.000                        |
| Marmato Zona Baja (Caldas): | 5.000                        |
| Segovia (Antioquia)         | 12.000                       |

Minas

Producción de Pintas

Ton/año

La X (Chocó)

3.000

El Roble (Chocó)

6.000

## 9. PROGRAMA DE EXPLORACION DE BAUXITAS

### 9.1 Introducción

Como se consignó en el Estudio de Inventario Minero del Aluminio (1), en Colombia existen depósitos de material bauxítico, el mineral comercial más importante del aluminio, pero el conocimiento que se tiene sobre dichos depósitos es muy escaso. Por otra parte, en el país no se ha adelantado un programa de prospección de carácter regional de las zonas potencialmente mineralizadas que, como se verá más adelante, presentan posibilidades de albergar depósitos de bauxita.

Los estudios realizados sobre los prospectos del Valle del Cauca y Cauca muestran contenidos de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  entre 35% y 48%, aparte de un alto contenido de sílice, lo cual coloca estos minerales en clara desventaja en relación con las bauxitas que se comercial a nivel mundial (con contenidos de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  superiores al 50%), principalmente en el área del Caribe.

El consumo nacional de aluminio en todas sus formas es del orden de 32.000 toneladas/año. Teniendo en cuenta que la planta más pequeña que por razones de escala se considera

---

(1) Consorcio IEC-INTEGRAL-Area Técnica, 1984. Aluminio y sus Minerales. Estudio de Inventario Minero.

económicamente rentable debe tener una capacidad de unas 120.000-150.000 toneladas anuales de aluminio, se puede concluir que cualquier proyecto para el montaje de esta industria en Colombia, dependería de un porcentaje muy alto de la demanda externa. Por esta circunstancia y como la bauxita es un mineral relativamente barato, la planta de producción de aluminio y el yacimiento minero deben estar ubicados en las cercanías del puerto de exportación.

Las proyecciones económicas realizadas para los próximos 20 años indican que los precios internacionales del aluminio tendrán un crecimiento significativo, estimándose que en el año 2005 la libra del metal tendría un precio entre 83 y 96 centavos de dólar a precios corrientes de 1985 (1). Por otra parte, pese al significativo aumento que ha tenido en los últimos años el reciclaje de la chatarra para la obtención de aluminio en el país, las importaciones del metal continuarán creciendo en tal forma que afectarán significativamente la balanza de pagos. Las proyecciones realizadas establecen que dichas importaciones valdrían en el año 2005 entre 97 y 112 millones de dólares (1).

Las expectativas de altos precios, por una parte, más la po-

---

(1) Consorcio IEC-INTEGRAL. Área Económica, 1985. Escenarios de Producción. Proyectos y Balanza de Pagos

sibilidad de aprovechamientos hidroeléctricos de bajo costo por kilowatio instalado, junto con las posibilidades geológicas que más adelante se analizarán, permiten recomendar que el país debe estructurar un programa de exploración para avanzar en el conocimiento que se tiene de los minerales de aluminio. Las exploraciones de este recurso se deben avanzar hasta la selección preliminar de una o varias áreas mineralizadas, que serán objeto de evaluación detallada en una segunda etapa que incluirá todos los aspectos de calidad de los minerales, sistemas de explotación y beneficio de los materiales, obras de infraestructura y estudios económicos. En este programa de exploraciones, sólo será posible hacer referencia a los estudios de la primera fase, que alcanzarán hasta la selección de una o varias áreas mineralizadas y a la evaluación preliminar de estas áreas hasta el grado de reservas probables.

## 9.2 Las bauxitas en Colombia

Las bauxitas se originan en dos tipos de procesos pedológicos conocidos como latosol y andosol.

### 9.2.1 Bauxitas de andosoles

Las bauxitas de andosoles se originan en un proceso edáfico

muy rápido que únicamente ocurre en rocas parentales de naturaleza volcánica vítrea y por otro lado, requiere abundantes lluvias y clima cálido. Estos depósitos tienen mucha menor importancia a nivel mundial que las bauxitas de latosoles; por otro aspecto, su presencia prácticamente se limita al Cuaternario. Las escasas mineralizaciones conocidas en el mundo se encuentran en el Pacífico y en el Cinturón Circumpacífico.

Los principales prospectos estudiados de bauxitas en Colombia, son andosoles que se encuentran en la Formación Popayán, al norte del departamento del Cauca y sur del Valle del Cauca; también se conocen andosoles en unas vulcanitas recientes expuestas en la Cumbre y Bitaco al norte de Cali. Sobre la calidad y perspectivas económicas de estos depósitos se trató en el estudio de Inventario Minero "Aluminio y sus Minerales". Las bauxitas en las áreas mejor exploradas son de pobre calidad, pero la zona cubierta por andosoles en el suroccidente colombiano es muy amplia (Véase Figura 9.1).

Fuera de las bauxitas del Cauca y Valle del Cauca, en el Chocó se presentan las condiciones apropiadas para el desarrollo de andosoles, particularmente por las altas temperaturas y la

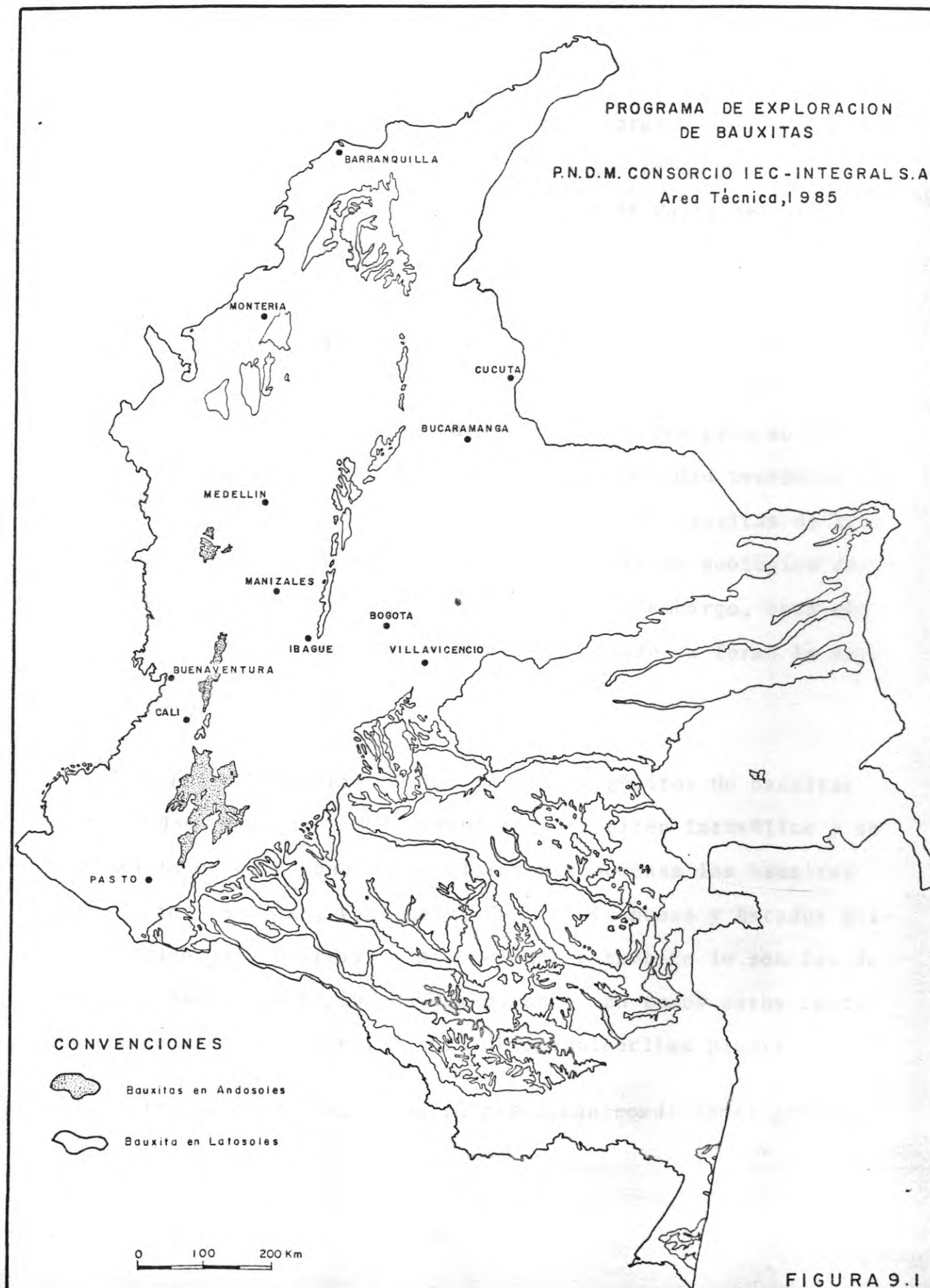


FIGURA 9.1

intensa lluviosidad. Como objetivo exploratorio de interés, debe mencionarse una amplia zona de cubierta de rocas piroclásticas recientes que se encuentra en el Valle del río Atrato entre Quibdó y Yuto (Figura 9.1).

#### 9.2.2 Bauxitas de latosoles

Las bauxitas originadas en latosoles requieren para su formación áreas de poco relieve y notable estabilidad tectónica durante largos períodos de tiempo. Se conocen bauxitas de latosoles formadas en diferentes épocas del tiempo geológico desde el Proterozoico hasta el Cuaternario; sin embargo, está claramente definido que fue en el Eoceno cuando se formó la mayor parte de las bauxitas latosólicas.

Es conveniente anotar que los mayores depósitos de bauxitas conocidos en el área del Caribe son de origen latosólico y se formaron en el Eoceno. Son claramente eocenas las bauxitas de Guyana, Surinam, Venezuela, Guayana Francesa y Estados Unidos (Alabama y Georgia) y probablemente también lo son las de Haití, Jamaica y República Dominicana. En todos estos casos ha sido evidente la existencia de un paleoclima pluvial.

En Colombia en varias áreas se presentan condiciones geológi-

rés, cas similares a aquellas bajo las cuales se formaron los la-  
ro- tosoles del Caribe, si se tiene en cuenta que el Eoceno fue  
Atrun período tectónicamente tranquilo en las regiones emergi-  
das Andina y Caribe.

En el país el área más extensa con posibilidades de albergar  
bauxitas de latosol está constituída por la zona sur de la  
maOrinoquia, la norte de la Amazonia y la Serranía de La Maca-  
arena (Figura 9.1). Es bien sabido que estas áreas se carac-  
tterizan por una notable quietud tectónica desde el Precámbrí-  
co. De interés geológico se consideran las lateritas que cu-  
bren el extremo occidental del Granito Parguaza en el Vicha-  
da y las estribaciones de la Serranía de La Macarena. En es-  
ta última región, en el valle del río Guayabero, se encuentra  
un depósito de bauxitas en forma de pisolitas hasta de 10 mm  
de diámetro en un área explorada de sólo 10 km<sup>2</sup> (1).

Otras superficies que estuvieron expuestas a denudación duran-  
te el Eoceno y que actualmente están inclinadas y en parte ero-  
sionadas, se localizan en el flanco oriental de la Cordillera  
Central correspondiente a los departamentos del Tolima, Caldas  
y Antioquia (Véase Figura 9.1)

(1) INGEOMINAS, 1978. Recursos Minerales de Colombia.

También son importantes las superficies de laterización que se encuentran bajo los sedimentos marinos oligocénicos de la Formación Ciénaga de Oro al norte del país. De esta época se consideran las lateritas de Cerromatoso y Uré en el departamento de Córdoba. Los cuerpos lateríticos se prolongan hacia las regiones antioqueñas del Bajo Cauca y Bajo Nechí, cuyas exposiciones típicas se pueden observar en Zaragoza y El Pato.

Finalmente, cabe mencionar la posibilidad de encontrar laterales del tipo rendezina desarrollados en zonas kársticas. Este tipo de lateritas se puede encontrar en la extensa meseta calcárea que existe en la región de Vélez, Sucre y Bolívar al suroeste del departamento de Santander.

### 9.3 Metodología de la exploración

La prospección de bauxita en Colombia debe tener como base el estudio de la estratigrafía y paleografía del Eoceno y los andosoles del Cuaternario. Como se anotó atrás, el período Eoceno fue el gran generador de casi la totalidad de los grandes depósitos de bauxita en el mundo y puede afirmarse que en cualquier parte donde en el Eoceno hubo una superficie de denudación en clima húmedo y cálido, hay buenas posibilidades de hallar bauxita.

Para la prospección de latosoles pueden ser de gran utilidad los mapas de suelos elaborados por varias entidades, especialmente el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC. La presencia de corazas ferruginosas, denominadas "concreciones petroféricas" en los estudios del IGAC, pueden servir como guía exploratoria de las bauxitas, ya que dichas corazas constituyen el nivel superior del latosol. Además, es importante adelantar estudios geomorfológicos que permitan delimitar las paleosuperficies de denudación en las cordilleras Central, Oriental y en la Sierra Nevada de Santa Marta.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, las mejores posibilidades de encontrar bauxitas en Colombia se presentan en los latosoles de la Orinoquia, Amazonia y en la Sierra de La Macarena. Sin embargo, la explotación de un posible yacimiento y la instalación de una planta de aluminio en estas regiones parece muy remota por los altos costos del transporte del producto final hasta el puerto de exportación. Por esta razón, en este programa exploratorio sólo se propone un reconocimiento preliminar de las posibilidades geológicas de la amplia zona de lateritas que cubre el extremo occidental del Granito Paragüaza en la Comisaría del Vichada y de la Serranía de la Macarena. En estas regiones es importante determinar las áreas que se encuentren por encima del nivel freático en la estación

• lluviosa; ésto con el fin de asegurarse que las posibles bauxitas no hayan sufrido resilificación por el  $\text{SiO}_2$  contenido en las aguas freáticas. Se considera que estos estudios pueden integrarse dentro de los levantamientos geológicos que hacen parte de la complementación del Mapa Geológico Nacional, sin afectar los costos de aquellos en forma significativa.

Como objetivo exploratorio de interés minero se deben considerar las lateritas del flanco oriental de la Cordillera Central en la parte correspondiente a los departamentos de Antioquia y Caldas y las lateritas del sur de los departamentos de Córdoba, Sucre y Bolívar.

En el mismo orden de importancia se incluyen los andosoles de la región central y norte del Valle del Cauca y los del sector entre Quibdó y Yuto en el Chocó.

El programa de exploración de bauxitas en la región occidental del país se desarrollará en dos etapas, a saber:

#### Etapas

El trabajo principal a desarrollar en esta etapa comprenderá la cartografía geológica a escala 1 en 25.000 de las áreas an-

teriormente mencionadas en el occidente del país (Véase Figura 9.1). El objetivo fundamental de este trabajo será la delimitación de las áreas de latosoles y andosoles, valiéndose para este efecto de algunos indicios geológicos como son las capas ferruginosas que generalmente cubren los latosoles. En esta etapa del trabajo se hará uso intensivo de los sensores remotos con el fin de agilizar los trabajos y reducir los costos de la exploración.

Una vez identificadas las áreas de latosoles y andosoles, se procederá a hacer trincheras y apiques de poca profundidad destinados a proporcionar un conocimiento del perfil de la laterita y para la toma de muestras del horizonte bauxítico. En esta fase de la exploración el muestreo será de tipo regional, considerándose que los sitios de muestreo estén espaciados cerca de 1000 m.

#### Etapas 2

Con base en los trabajos de la Etapa 1, se podrían seleccionar varias áreas donde los muestreos preliminares indiquen altos contenidos de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Sobre estas áreas seleccionadas se desarrollarán fundamental-

mente los siguientes trabajos: ejecución de trincheras y apiques espaciados unos 200 m, los cuales servirán para tomar muestras y medir el espesor del horizonte bauxítico y de su cobertura estéril.

s. En

Con estos datos se procederá a efectuar una evaluación preliminar del volumen y calidad de las reservas de material bauxítico que puedan existir en cada área seleccionada. Las reservas así obtenidas podrían clasificarse como reservas probables

se

#### 9.4 Cronograma de actividades y recursos humanos

Con base en las experiencias adquiridas en trabajos similares, se ha elaborado un cronograma de actividades a desarrollar dentro del programa de exploración propuesto (Véase Figura 9.2).

Con el fin de poder hacer un estimativo de los recursos humanos y económicos, para esta fase del programa se parte de los siguientes supuestos en cuanto a la extensión de las áreas a explorar: Región andina y norte del país, 3000 km<sup>2</sup> y región norte del Valle del Cauca y centro del Chocó, 3000 km<sup>2</sup>.

La Etapa 1 comprenderá las siguientes actividades:

PROGRAMA DE EXPLORACION DE BAUXITAS

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

| ACTIVIDADES                                | MESES |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
|--------------------------------------------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
|                                            | 1     | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| FASE I                                     |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Recolección de Información                 |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Fotointerpretación                         |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Cartografía Geológica a Escala 1 en 25.000 |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Muestreo Preliminar                        |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Selección de Prospectos e Informe          |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
| FASE 2                                     |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Apiques y Trincheras                       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Muestreo Semidetallado                     |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Evaluación de Reservas e Informe           |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |

Recolección de información, Fotointerpretación y Control de Campo, Cartografía Geológica a Escala 1 en 25.000, Muestreo Preliminar, Selección de Prospectos e Informe. Esta etapa, como el resto del programa, estará bajo la dirección y coordinación de un geólogo de alta calificación (categoría 10 de la clasificación de INGEOMINAS); además se requerirá los servicios de un geólogo (08) que servirá de coordinador de los trabajos de campo; la actividad Cartografía Geológica se cumplirá mediante cuatro comisiones de campo con dos geólogos (04) cada una y sus respectivos auxiliares; los trabajos de campo en la actividad Muestreo Preliminar requieren los servicios de dos geólogos (04) adicionales. Para esta fase se estima una duración de 10 meses.

La Etapa 2 comprende tres actividades, a saber: Apiques y Trincheras, Muestreo Semidetallado y Evaluación Preliminar de Reservas. Para esta fase del programa, aparte del Jefe del Proyecto, se requerirán los servicios de dos geólogos de minas (08). Se estima para el desarrollo de estos trabajos una duración de seis meses.

Con el fin de estimar los recursos humanos y financieros de esta fase, se asume que ésta se adelantará sobre cuatro áreas de 1000 hectáreas cada una.

9.5 Estimativo de costos

Finalmente, se ha hecho un estimativo de los costos del programa de exploración de bauxitas en Colombia. Este estimativo se ha hecho partiendo de los supuestos de que la Etapa 1 del programa cubra un área total de 6000 km<sup>2</sup> y la Etapa 2 se realice en cuatro áreas de 1000 hectáreas cada una.

El valor total del programa de exploraciones de bauxita propuesto es de \$44 millones. Un resumen de los costos aparece en el Cuadro 9.1.

CUADRO 9.1

PROGRAMA DE EXPLORACION DE BAUXITAS

Resumen de Costos

(miles de pesos, 1985)

pro-

ima-

apa

1 2

Año 1

Año 2  
(4 meses)

1. EQUIPOS Y SUMINISTROS

- Equipo

900

- Suministros

280

190

2. TRANSPORTES Y SERVICIOS

- Transportes

5.280

940

- Servicios

600

2.400

3. REMUNERACIONES

- Salarios y Prestaciones  
Sociales

13.709

3.180

- Viáticos

6.842

516

- Jornales

2.160

2.981

4. IMPREVISTOS

2.977

1.020

SUBTOTALES

32.748

11.227

VALOR TOTAL DEL PROGRAMA

\$43'975.000

=====

## 10. PROGRAMA DE EXPLORACION DE HIERRO

### 10.1 Introducción

Acerías Paz del Río es la única empresa que explota mineral de hierro en el país para la producción de acero. Las reservas probadas en Paz del Río ascienden a unos 18 millones de toneladas y las probables a 79 millones. La producción actual de mineral de hierro se estima en 530.000 toneladas anuales y para atender las necesidades de ampliación de la producción de acero, se estima que el año 2.005 se deberán explotar cerca de 730.000 toneladas anuales. En estas circunstancias las reservas probadas de mineral son suficientes para cumplir con estas metas de producción.

Fuera del yacimiento de Paz del Río, en el país no se conocen reservas de mineral de hierro de buena calidad y en cantidades suficientes para nuevos desarrollos siderúrgicos.

El país seguirá importando grandes volúmenes de acero (especialmente aceros terminados), ya que de acuerdo con los ensanches programados en Paz del Río y en las siderúrgicas semi-integradas hasta el año 2.000 sólo se logrará aumentar la capacidad de producción en 200.000 ton/año, mientras que la demanda total por aceros puede aumentar hacia el mismo año en

1.500.000 ton/año adicionales<sup>(1)</sup>, lo cual significará un déficit de acero estimado del orden de 1.700.000 toneladas en el año 2.000 y de 2.500.000 toneladas en el año 2.005. En el Cuadro 10.1 se presentan las proyecciones de la demanda, oferta y el déficit de acero terminado en el país en los próximos 20 años.

Esta situación con su inmenso impacto negativo sobre la balanza de pagos, exige al país la realización de esfuerzos exploratorios con el fin de incrementar las reservas de mineral de hierro y atender la demanda de las futuras plantas que deberá construir el sector siderúrgico en los próximos años.

#### 10.2 Mineralizaciones de Hierro en Colombia

Para un programa de exploración de mineral de hierro en el país es preciso tratar en primer lugar las posibilidades en mineralizaciones estratiformes, al considerar que dentro de este tipo se encuentran los mayores depósitos del mundo que contienen más de la mitad de las reservas conocidas. En segundo lugar se incluyen los depósitos tipo Kiruna y algunas

-----  
(1) Consorcio IEC-INTEGRAL, 1985. Área Económica. Escenarios de Producción. Proyectos y Balanza de Pagos.

CUADRO 10.1  
PROYECCION DE LA DEMANDA, OFERTA Y  
DEFICIT DE ACERO TERMINADO EN COLOMBIA  
 ( en miles de tons )

|                   | <u>1980*</u> | <u>1983*</u> | <u>1985</u> | <u>1990</u> | <u>1995</u> | <u>2000</u> | <u>2005</u> |
|-------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <u>1/</u> Demanda | 756          | 938          | 831         | 1050        | 1568        | 2336        | 3207        |
| <u>2/</u> Oferta  | 303          | 420          | 450         | 550         | 650         | 650         | 650         |
| Déficit           | 453          | 518          | 381         | 500         | 918         | 1686        | 2557        |

\* Cifras reales

1/ Corresponde a la alternativa media de consumo

2/ Se asume una capacidad de producción futura de 350.000 toneladas con Acerías Paz del Río y de 300.000 toneladas en las acerías semintegradas.

-----  
 FUENTE: Consorcio IEC-INTEGRAL. Area Económica, 1985.

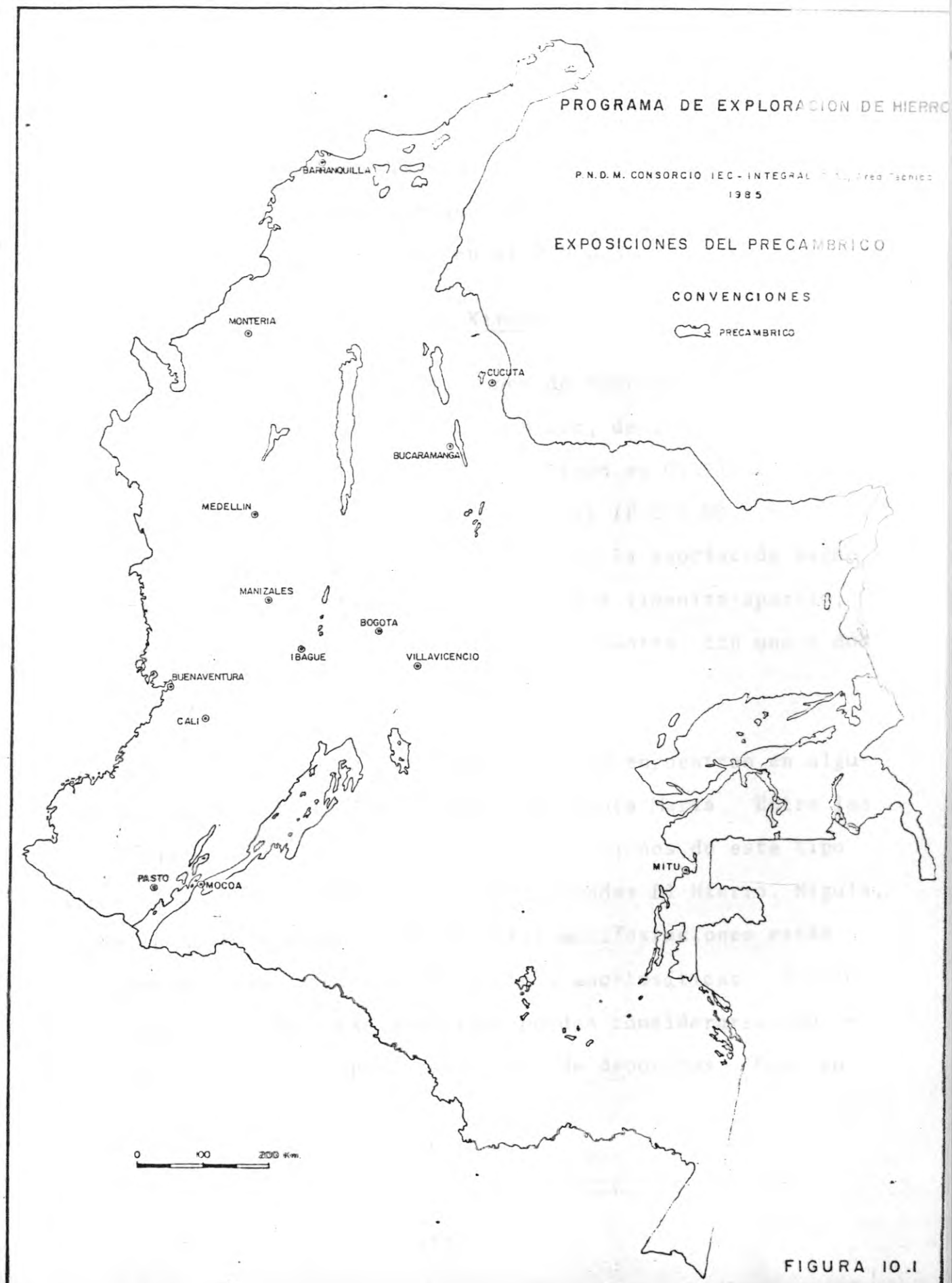
• mineralizaciones de tipo masivo y finalmente se tratarán los depósitos de arenas negras en las playas.

#### 10.2.1 Mineralizaciones de Hierro Bandeado

Estos tipos de depósitos se encuentran en rocas de edad precámbrica y por lo común están limitados al Proterozoico Inferior. De las mineralizaciones de hierro bandedo, conocidas también como itabiritas, taconitas, jaspilitas, etc, se pueden mencionar como ejemplos típicos en el mundo de los yacimientos de Hamersley (Australia), Krivov y Kursk (U.R.S.S), Labrador (Canadá), Lago Superior (Canadá-E.E.U.U.), Itabira y Serra dos Carajas (Brasil), Cerro Bolívar (Venezuela), etc.

En Colombia se conocen extensas regiones con rocas precámbricas expuestas o con cubiertas relativamente delgadas; sin embargo el único lugar donde se han reconocido mineralizaciones de hierro bandedo es en la Serranía del Traira, cerca de la confluencia de los ríos Apaporis y Caquetá en la Comisaría del Amazonas cerca de los límites con Brasil.

Pero no solamente en la Amazonía y Orinoquía existen posibilidades de depósitos de hierro de este tipo, ya que en las regiones Andina y Caribe existen rocas precámbricas, principalmente cuarcitas que actualmente presentan una cubierta muy delgada de lateritas o de sedimentos terciarios (Véase Figura 10.1). La conveniencia de iniciar cualquier nuevo trabajo de



ACION DE

LA INFORMACION

MBRICO

exploración para esta clase de depósitos de hierro, como para las demás clases de depósitos de hierro, estará fundamentada en la información preliminar que aporte el levantamiento geomagnético que se ha propuesto en el P.N.D.M.

#### 10.2.2 Mineralizaciones tipo Kiruna

Existe otro tipo de mineralizaciones de hierro de tipo estratiforme limitados también al Precámbrico, de las cuales los mejores ejemplos en el mundo se encuentran en Gallivare y Kiruna (Suecia) y en las montañas Adirondak (E.E.U.U.). Se trata de depósitos en los cuales se presenta la asociación magnetita-apatito, magnetita-ilmenita-apatito e ilmenita-apatito, comúnmente formando bandas delgadas alternantes, con uno o dos minerales.

Esta clase de manifestaciones minerales se encuentran en algunas localidades de la Sierra Nevada de Santa Marta. Entre las localidades donde se mencionan mineralizaciones de este tipo son especialmente interesantes las quebradas El Hierro, Nigula, Espíritu Santo y Chunda. Todas estas manifestaciones están relacionadas con la presencia de rocas anortosíticas. Por lo tanto este tipo de rocas graboides pueden considerarse como un objetivo exploratorio para esta clase de depósitos. Como en

los otros casos, la prospección geomagnética será la herramienta principal que permita definir las posibilidades de las ocurrencias y la presencia de nuevas manifestaciones.

Fuera de la Sierra Nevada de Santa Marta no se conocen mineralizaciones tipo Kiruna en el país, aunque no se puede descartar su presencia en áreas donde existen rocas granulíticas, frecuentes asociadas de las anortositas en la Sierra Nevada de Santa Marta.

#### 10.2.3 Mineralizaciones de Hierro Oolítico

Este tipo de depósitos, junto con los del tipo siderítico que se describen más adelante, han perdido actualmente interés mundial, pero anteriormente, en los comienzos de la industria siderúrgica, fueron las principales fuentes de materia prima para esta industria. El yacimiento de Paz del Río y los demás depósitos de alguna importancia conocidos en el país son mineralizaciones de hierro oolítico.

Las manifestaciones y depósitos de hierro oolítico son de edad Terciario Inferior. Son de tipo oolítico el yacimiento de Paz del Río y los depósitos de Mitú, Sabanalarga (Atlántico) y algunas otras ocurrencias menores. En la parte oriental del territorio colombiano, la mineralización estuvo aparentemente determinada por sistemas de fallas de dirección noreste, las cuales, al producirse el descenso de algunos bloques, permitieron la formación de zonas lacustres apropiadas

herra-  
de  
es.  
  
mine  
des-  
iti-  
a

para la depositación del hierro, tal como puede observarse en la mineralización de Mitú, la cual está limitada al sur-este por una falla que pasa cerca de la población del mismo nombre. Procesos similares parecen ocurrir en las manifestaciones de hierro oolítico de Barranco de Minas (Vichada) y La Chorrera (Amazonas).

#### 10.2.4 Mineralizaciones de tipo Siderítico

Este tipo de depósitos tiene su ejemplo típico en Clinton (E.E.U.U.). La mineralización tiende a presentarse en un mismo nivel estratigráfico en secuencias sedimentarias de origen marino. Generalmente la mineralización aparece en lentes discontinuos o en bolsadas con espesores que a veces alcanzan decenas de metros. En superficie las menas están conformadas por goethita y hematita y hacia profundidad por siderita, que constituye el mineral primario.

La discontinuidad de la mineralización y el hecho de tratarse de una mena primaria carbonatada (siderita), hacen poco atractivo este tipo de depósitos. La conocida manifestación de hierro de Ubalá (Cundinamarca) es del tipo siderítico.

#### 10.2.5 Mineralizaciones de Hierro Masivo (Magnetita)

Existe un tipo de depósitos de magnetita que se localizan en las zonas de contacto o alrededor de ellas, relacionadas

a cuerpos intrusivos. Esta clase de depósitos son importantes en algunos países andinos, en especial Perú y Chile, con yacimientos tales como Marcona, Acarí, Algarrobo, etc. Aunque, en general, en este tipo de depósitos no se presentan los grandes volúmenes de los yacimientos de hierro bandeado, ocurren en forma de yacimiento de alta pureza, que a veces pueden llegar a ser la fuente de mineral para miniplantas siderúrgicas.

En Colombia se conocen varias manifestaciones de magnetita relacionadas a instrucciones del Mesozoico. Las más importantes son: Pompeya (Putumayo); La Plata, El Hobo, Neiva y Palermo (Huila); Río Blanco, Ataco, Lérida y Venadillo (Tolima); Bucarasica, La Playa, Ocaña, Silos, Chitaga y Caño Castillo (Norte de Santander) y Altos del Rosario en San Lucas (Magdalena).

La definición y delimitación de los plutones mesozoicos y sus aureolas de contacto, junto con estudios geomagnéticos detallados, permitirán el conocimiento de las posibilidades que presentan estas mineralizaciones.

#### 10.2.6 Depósitos de Arenas Negras

Estos depósitos están constituidos por grandes acumulaciones de arenas magnéticas a veces ilmeníticas, que se presentan en

algunas costas actuales. Los mejores ejemplos de arenas negras se conocen en Nueva Zelandia donde se explotan comercialmente.

En Colombia se conocen pequeñas acumulaciones de magnetita en las playas del Mar Caribe, cerca de Barranquilla, en Cartagena, en Tolú y en Acandí. En la Costa Pacífica existen acumulaciones de arenas principalmente entre Tumaco y Cabo Manglares.

### 10.3 Objetivos Exploratorios y Metodología

De lo expuesto hasta aquí se puede concluir que las mineralizaciones tipo Kiruna de la Sierra Nevada de Santa Marta son las que ofrecen mayor interés como objetivos exploratorios. Un posible yacimiento de mineral de hierro en esa región estaría idealmente ubicado para atender la demanda de mineral de la futura planta en la Costa Atlántica que ha sido considerada en los proyectos del Sector Siderúrgico Nacional. El depósito de hierro bandeado de la Comisaría del Amazonas a pesar de su gran interés geológico, se encuentra localizado en una región muy alejada de los centros de consumo y carece de una infraestructura mínima que pueda ser utilizada para un proyecto minero.

La exploración de los depósitos de mineral de hierro de la Sierra Nevada de Santa Marta deberá ser adelantada en una

primera etapa mediante un reconocimiento magnetométrico preliminar desde helicóptero, con líneas de vuelo espaciadas unos 1.000 m entre sí. De encontrarse una anomalía geomagnética de interés se hará un levantamiento semi-detallado de la zona anómala, con líneas de vuelo espaciadas 500 m y un levantamiento geológico detallado de superficie que permita definir la extensión y posible forma del depósito, así como sus características estructurales y mineralógicas. De resultar positiva esta exploración preliminar se deberá preparar un programa de exploración detallada del depósito, que incluya perforaciones con taladro rotatorio y recuperación de núcleos.

Como parte de los trabajos recomendados en la complementación del Mapa Geológico del país, se ha incluido la ejecución del mapa geomagnético nacional. La elaboración de este mapa debe compilar toda la información de los levantamientos geomagnéticos realizados por la industria petrolera, especialmente en los Llanos Orientales y en las cuencas sedimentarias de la Costa Atlántica, Costa Pacífica y Valle del río Magdalena. De mucho interés se considera la posibilidad de encontrar anomalías magnéticas en las regiones Andina y Caribe, donde se presentan exposiciones de rocas precámbricas con unidades cuarcíticas, posiblemente mineralizadas en forma similar a los depósitos de hierro bandeado del precámbrico en el Amazonas.

#### prel0.4 Estimativo de Costos

s La exploración semidetallada de las mineralizaciones de  
ag- la Sierra Nevada de Santa Marta, incluyendo los levanta-  
de mientos geomagnéticos regionales y semi-detallados y la  
n cartografía geológica detallada, se estima que tendrá un  
ta costo de \$14 millones. El tiempo de duración de estos  
no trabajos puede ser de seis meses, para lo cual se requie-  
rirán tres geólogos, uno de los cuales actuaría como Di-  
a rector del Proyecto.

Los costos de la elaboración del mapa geomagnético del país se han incluido como parte de la complementación del Mapa Geológico Nacional.

En el caso de encontrarse anomalías magnéticas de interés, tanto de tipo mineralizaciones precámbricas como de masas de magnetitas asociadas a los intrusivos mesozoicos andinos, se procederá a efectuar levantamientos magnetométricos detallados y cartografía geológica detallada en forma similar a lo efectuado para la Sierra Nevada de Santa Marta. El costo de la exploración de estas nuevas áreas se puede estimar en \$25 millones.

## 11. CONCLUSIONES

El Programa de Exploraciones es esencialmente la propuesta técnica para evaluar a nivel de identificación de prospectos aquellas mineralizaciones de mayor interés económico, según las prioridades establecidas por el PNDM. Este programa tendrá por objetivo principal adelantar la investigación geológica básica, requerida para entrar en la evaluación detallada de los proyectos mineros que será necesario desarrollar para atender las metas del Programa de Producción.

Una de las grandes limitaciones al desarrollo minero nacional lo constituye el escaso conocimiento geológico del país, en tal forma que cerca del 75% del territorio nacional no tiene información geológica apropiada para propósitos de exploración minera. Por estas razones, lógicamente la primera tarea dentro del Programa de Exploraciones es la complementación del Mapa Geológico Nacional a una escala intermedia (1:200.000), mediante el uso intensivo de fotografías aéreas y otros sensores remotos que permitan acelerar los trabajos cartográficos y reducir los costos unitarios.

Simultáneamente con la cartografía geológica nacional, se propone iniciar la exploración minera, a nivel de evaluación preliminar, de aquellos recursos que se han conside-

rado como de mayor prioridad para atender las necesidades del desarrollo nacional y los mercados externos, y que tengan claras posibilidades geológicas de existir en el país en yacimientos comercialmente explotables.

Los programas de exploración evidentemente serán diferentes para cada mineral, teniendo en cuenta que para cada situación se tiene que adelantar una investigación geológica preliminar, adecuada para la mineralización específica que se explora y para el conjunto estratigráfico y tectónico donde ésta se emplazó y por otro lado, hay que considerar que el nivel del conocimiento geológico del país varía mucho entre las diferentes regiones, en tal forma que hay exensos territorios como la Cordillera Occidental, de gran interés metalogénico para sulfuros de metales básicos y para metales preciosos, que prácticamente no tienen información geológica apropiada para la exploración mineral.

No obstante lo anterior, en la mayor parte de los casos se tiene una serie de tareas comunes que caracterizan a los programas de exploración que se han elaborado para cada mineral. Estas tareas comunes en términos generales son las siguientes:

## Tareas comunes para los programas de exploración

### Censo minero

- ① - Realización de un censo minero de las explotaciones activas o abandonadas que se encuentran en cada región seleccionada como de interés exploratorio para un determinado mineral.

### Fotointerpretación y cartografía geológica

- ② - Fotointerpretación y preparación de un mapa geológico semidetallado a detallado (Escala 1:25.000 o mayor).

### Muestreo y trincheros

- ③ - Muestreo preliminar de afloramientos y mediante excavaciones de poca profundidad.

### Selección áreas interés

- ④ - Selección de las áreas mineralizadas de interés para evaluaciones minero-económicas.

### Elaboración mapas geológicos a detalle

- ⑤ - Elaboración de mapas geológicos a gran detalle de las áreas mineralizadas y muestreos complementarios. Sólo en casos específicos se acudirá a las perforaciones con taladro de diamante, pues se considera que esta tarea hace parte ya del estudio minero-económico del yacimiento, como elemento del proyecto minero a cargo de empresarios particulares.

Costo programa exploraciones: \$ 5200 millones

El costo total del Programa de Exploraciones propuesto, incluyendo la complementación de los mapas geológicos y magnetométricos del país, asciende a la suma de \$5.100 millones. En el Cuadro 11.1 se presenta un detalle del costo

CUADRO 11.1  
ESTUDIOS PARA LA FORMULACION DEL  
PLAN NACIONAL DE DESARROLLO MINERO  
PROGRAMA DE EXPLORACIONES  
RESUMEN DE LOS ESTIMATIVOS DE COSTOS  
(Miles de Pesos, 1985)

| PROGRAMA                                   | AÑO 1   | AÑO 2   | AÑO 3   | AÑO 4   | %     | SUBTOTAL  |
|--------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|-------|-----------|
| Complementación Mapa Geológico             | 179.366 | 241.236 | 371.479 | 306.879 | 36.5  | 1'348.960 |
| Metales Preciosos - Aluviones              | 394.089 | 104.731 |         |         | 9.85  | 498.820   |
| Metales Preciosos - Mineros del Chocó S.A. |         |         |         |         | 11.82 | 601.549   |
| Metales Preciosos - Oro Diseminado         | 28.755  | 4.211   |         |         | 0.65  | 32.966    |
| Metales Preciosos - Filones                | 51.690  | 4.182   |         |         | 1.10  | 55.872    |
| Mat. de Construcción - Pétreos y Arcillas  | 35.347  | 55.999  | 4.693   |         | 1.89  | 96.039    |
| Mat. de Construcción - Calizas             | 21.292  |         |         |         | 0.42  | 21.292    |
| Esmeraldas                                 | 65.209  | 72.273  | 16.452  |         | 3.04  | 153.934   |
| Fertilizantes                              | 105.355 | 30.928  |         |         | 2.69  | 136.283   |
| Aluminio (Bauxitas)                        | 32.748  | 11.227  |         |         | 0.86  | 43.975    |
| Carbones (Carbocol)                        |         |         |         |         | 2.72  | 1'377.000 |
| Carbones (Procarbón de Occidente)          | 67.000  |         |         |         | 1.32  | 67.000    |
| Carbones (Propuesta PNEM)                  | 126.796 |         |         |         | 2.50  | 126.796   |
| SUBTOTAL (Aprox.).                         |         |         |         |         | 100%  | 5'060.486 |

desagregado por minerales y de las inversiones requeridas, según un programa para la ejecución de los distintos trabajos propuestos. Obviamente los estudios propuestos para cada mineral de interés no podrán ser iniciados simultáneamente, sino que tendrán que ser escalonados, según unas políticas de inversión que harán parte de las recomendaciones del PNDM.

ANEXOS

ANEXO No.2.1

BIBLIOGRAFIA CORRESPONDIENTE AL ESTUDIO METALOGENICO DE  
COLOMBIA (CAPITULO 2).

- ACOSTA, C., 1978. El graben Interandino Colombo-Ecuatoriano. Un. Ind. Sant., Bol. de Geol. Vol 12 No. 26. Bucaramanga.
- ALVAREZ, J., 1979. Geología de la Cordillera Central y El Occidente Colombiano y Petroquímica de los Intrusivos Granitoides Mesocenoicos. Tesis Doctorado. Un. Chile, 359 p.
- ARANGO, L., y PONCE, A., 1980. Reseña explicativa del Mapa Geológico del Departamento de Nariño. Ingeominas, Informe No. 1818. Bogotá.
- ARBELAEZ, G., 1932. Datos tomados de varios autores acerca de Zaragoza y de la enorme riqueza de sus minas de oro. Minería, Medellín, Año 1, No. 2
- ARENAS, R., 1952. Yacimiento de Talco del Municipio de Yarumal (Antioquia). Serv. Geol. Nal., Informe No. 914, Bogotá.
- BELTRAN, E., 1974. Carbones Colombianos. Ministerio de Minas y Petróleos, pp. 254, Bogotá.
- BELLIZIA, M., 1961. Geología del Macizo del Baul. Estado Cojedes. En Tercer Congreso Geológico Venezolano. Memoria Tomo IV, p. 1453-1523. Caracas.
- BRAUN, P., 1976. Informe Geológico Preliminar del Macizo de Quetame. Minatome Colombiana Ltda., Ins, Asoc. Nucl. Informe No. 10 Bogotá.
- BREDELL, J.H., 1983. Calculation of available Alumina in Bauxite during Reconnaissance exploration. Economic Geology.
- BOTERO, G., 1940 b. Sobre el Ordoviciano de Antioquia. Proc. 8 th. Amer. Sc. Congr., p.21, Washington.
- BUENAVENTURA, J., y BUITRAGO, C., 1975. Ocurrencias Minerales en la región Central del Departamento del Tolima. Ingeominas, Informe No. 1672. Ibagué.
- , 1976. Ocurrencias Minerales en las regiones sur y oriental del Departamento de Tolima. Ingeominas, Informe No. 1694.

BUENO, J., 1948. Breve reseña explicativa del croquis geológico del Departamento de Nariño, que presenta el Laboratorio de Fomento Minero de Pasto al Servicio Geológico Nacional. Serv. Geol. Nal., Informe No. 625 Bogotá.

-----, 1950. Informe sobre un yacimiento de Manganeso en el municipio de Mallama, Departamento de Nariño. Bol. Min. Petr. No. 153, p. 79-94. Bogotá.

-----, 1952. Informe sobre algunos yacimientos calcáreos de posible aplicación para producir cal agrícola para el Departamento de Nariño. Serv. Geol. Nal. pp. 31-79. Pasto.

BURGL, H., 1957. Resumen de la Estratigrafía de Colombia. Inst. Geol. Nal. Informe No. 1248, Bogotá.

-----, 1958. El Jurásico e Infracretácico del río Batá, Boyacá. Bol. Geol. Serv. Geol. Nal. Vol. VI, No. 1-3 pp. 36, Bogotá.

-----, 1959. Bosquejo de la Geología de Colombia y Suramérica. Serv. Geol. Nal., Bogotá.

-----, 1964. El "Jura-Triásico" de Colombia. Bol. Geol., Vol. 12 No. 1-3, pp. 5-32, Bogotá.

-----, y BOTEPO, D., 1967. Las capas fosfáticas de la Cordillera Oriental. Serv. Geol. Nal. Bol. Geol., Vol. 15 No. 1-3 p. 7-44, Bogotá.

BURT, D., 1981. Acidity-Salinity Diagrams-Application to Greisen and Porphyry Deposits. Economy Geology, Vol. 76. pp. 832-843.

CARDOZO, L. y GOMEZ, C., 1980. Geología del Depósito "El Cerrejón", en el sector de Sarabita (Guajira). Tesis de Grado. Un. Nal. de Colombia, Bogotá.

CATHLES, L.M., and SMITH, A.T., 1983. Thermal Constraints on the formation of Mississippi Valley-Type lead-zinc deposits and their implications for episodic basin dewatering and deposit genesis. Economic Geology, Vol. 78 pp. 983-1002.

CEDENO, E., y GUERRA, A., 1968. Yacimientos de sulfuros en el norte de Huila. Serv. Geol. Nal., Informe No. 1536, Bogotá.

CEDIEL, F., 1968. El Grupo Girón, una Molasa Mesozoica de la Cordillera Oriental. Bol. Geol. Serv. Geol. Nal. Vol XVI, No. 1-3. pp. 85.

COOK, P. and McELHINNY, M., 1979. A reevaluation of the spatial and temporal distribution of sedimentary phosphate deposits in the light of plate tectonics. Economic Geology Vol 74, pp. 315-330.

CHAMPETIER, G., PAGNACCO, P., RADELLI, L., y WEEKSTEEN, G., 1963. Geología y Mineralizaciones cupríferas de la Serranía de Perijá, entre Berrecil y Villanueva (Departamento del Magdalena, Intendencia de la Guajira) Bol. Geol. Serv. Geol. Nal. Vol. XI, No. 1-3, pp. 48, Bogotá.

CHARLTON, E., y PONTIN, S., 1975. Report on the known and more promising areas for coal exploration in the Northern region of Colombia. United Nations Development Programme

CHARPENTER, R.H., HUTCHINSON R, W., GENTRY, D.W., y PETRICK, A. 1975. A short course on Mineral exploration, mine development and mineral property evaluation. Ingeominas USGS / AID.

CHYI, L., 1982. The distribution of gold and platinum in bituminous coal. Economic geology, Vol. 77, pp. 1592-1597.

DELGADO, C., 1953. Estudio de la región metalífera del alto de "Los Capoteros", Municipio de Quibdó, Chocó. Serv. Geol. Nal. Informe No. 968, Bogotá.

DICKINSON, W., and SEELY, D., 1979. Structure and stratigraphy of foreare regions. A.A.P.G. BULL, Vol. 63 No. 1 pp. 2-31.

DUEÑAS, H., y DUQUE, H., 1981. Geología del Cuadrángulo F-8, Planeta Rica. Ingeominas, Bol. Geol. Vol 24 No. 1, Bogotá.

DURAN, R., 1975. Roca fosfórica en el Municipio de Palermo (Huila). Ingeominas, Informe No. 1678.

-----, 1979. Zonas carboníferas de Colombia. Ingeominas Publ. Geol. Esp., Bogotá.

-----, y MOJICA, P., 1981. Evaluación de reservas de Carbón en siete zonas de Colombia. Ingeominas, Informe No. 1838, 233p. Bogotá.

- EINAUDI, M.T. and BURT, D., 1982. Terminology, classification, and composition of skarn deposits. *Economic Geology*, Vol 77, No. 4.
- EICHLER, J., 1976. Origin of the precambrian Banded Iron formations. In Wolk K. H. (ed), *Handbook of stratabound and stratiform deposits*, vol. 7, pp. 157-201. Elsevier, Amsterdam.
- ESCORCE, E., 1969. Ocurrencias Minerales del Chocó. Ingeominas. Informe No. 1620.
- , 1978. Cobre, en Recursos Minerales de Colombia. Ingeominas. Publ. Geol. Esp. Bogotá.
- ESPINOSA, A., 1980. Sur les Roches basiques et ultrabasiques du bassin du Patia (Cordillère Occidentale des Andes Colombiennes): Etude Géologique et pétrographique. Thèse 1970, Faculté des Sciences. Université de Genève, pp. 242.
- ESTRADA, A., 1972. Geology and plate tectonics History of the Colombian Andes: Tesis M. Sc Stanford, 115 pp.
- , Regional Geology and tectonic evolution of the subandean Basins from the Barinas Basin (Venezuela) to the Napo River (Ecuador). En: Simposio "Exploración petrolera en las Cuencas Subandinas". (Inédito).
- EUGSTER, H.P., and CHOU, J.M., 1973. The depositional environments of precambrian banded iron-formations. *Econ. Geol.* Vol 68. pp. 1144-1168.
- EVANS, A., 1980. An Introduction to ore Geology. *Geoscience texts*, vol. 2. Blackwell Scientific publications.
- FABRE, A., y DELAZUGE, M., 1982. Intrusiones básicas Cretácicas en las sedimentitas de la parte central de la Cordillera Oriental. *Geol. Norandina*, No. 6, pp. 13-18. Bogotá.
- FAURE, D., 1977. Informe Anual. 1977. Misión Colombiana; Inf. 44. Minatome Colombiana Ltda, Inst. Asoc. Nucl., Bogotá.
- , 1978. Estudio geogronológico por el método Rb/Sr de los Batolitos de la Cordillera Central. 2a. parte del Informe anual 1977 de la Misión Colombiana. Minatome Colombiana Ltda., Inst. Asoc. Nucl., Informe No. 56, Bogotá.

- FEININGER, T., BARRERO, D. y CASTRO N., 1972. Geología de Antioquia y Caldas (Sub-zona IIB). Ingeominas, Bol. Geol., Vol. 20, No. 2, Bogotá.
- , y BOTERO, A., 1982. The Antioquian Batholith, Colombia. Publ. Geol. Esp. Ingeominas. Bogotá.
- FETZER, W., 1942. Comisión Geológica de Caldas. Comp. de los Est. Geol. en Colombia, Tomo V, pp. 503-544.
- FORERO, A., 1970. Estratigrafía del Precretácico en el flanco occidental de la Serranía de Perijá. Geología Colombiana. No. 7. Un. Nal. de Colombia, Bogotá.
- FULLER, A.O., 1979. Phosphate occurrences on the western and southern coastal areas and continental shelves of southern Africa. Economic geology, vol. 74, pp. 221-231.
- GALVIS, J., 1980. Un arco de Islas Terciario en el Occidente Colombiano. Geología Colombiana No. 11. p.7-43., Bogotá.
- , y HUGUETT, A., 1982. El Precámbrico en la zona Andina. INGEOMINAS, (Inédito).
- GARCIA, H., 1981. Ambientes sedimentarios de la Formación Cerrejón. Tesis de Grado, Un. Nal. de Colombia, Bogotá.
- GARCIA, R., 1973. Guía de la excursión No. 1 Cordillera de Los Andes. En: II Congreso Latinoamericano de Geología. Memorias, Tomo I, Caracas.
- GEYER, O., 1973. Das Prakretazische Mesozoikum von Kolumbien. Geol. jrb. B 5; 1-156, Hannover.
- , 1982. Comparaciones estratigráficas y faciales en el Triásico Norandino. Geología Norandina, No. 5. Bogotá.
- GILES, D., 1969. Zoning and structure of stockwork molybdenite deposits. Kennecott exploration services, part. I. pp. 30.
- GLASBY, G.P., and READ, A.J., 1976. Deep-sea manganese nodules. In: Wolf K.H. (ed), Handbook of strata-bound and stratiform deposits, vol. 7., pp. 295-332. Elsevier, Amsterdam.
- GONZALEZ, H., 1980. Geología de las planchas 167 (Sonsón) y 187 (Salamina). Ingeominas, Bol. Geol. vol. 23 No. 1 pp. 174, Bogotá.

- GRACHEV, A.F., and FEDOROVSKY, V.S., 1981. On the nature of Greenstone Belts in the precambrian. *Tectonophysics*, vol. 73, pp. 195-212.
- GROSSE, E., 1934. Acerca de la Geología del sur de Colombia II. Informe rendido al Ministerio de Industrias sobre un viaje por la cuenca del Patía y el Departamento de Nariño. *Comp. de los est. geol. en Colombia*. Tomo III, p. 139-231.
- GUARIN, G., 1971. Ocurrencias Minerales del Departamento de Risaralda. *Ingeominas*, Informe No. 1636, pp. 66.
- HALL, R., FEININGER, T., BARRERO, D., RICO, H., y ALVAREZ, J., 1971. Recursos minerales de parte de los Departamentos de Antioquia y Caldas. *Ingeominas, Bol. Geol.* Vol 18, No. 2, pp 86, Bogotá.
- HALL, R., y ESTRADA, A., 1970. Economic Geology of the talc deposits in Yarumal, Departament of Antioquia, Colombia: U.S., Dep. of the Int. Geological Survey, Report., Colombia Investigaciones (IR) CO-15.
- HALL, M.L., et al, 1976. Mineralogía y Geoquímica de las vetas esmeraldíferas de Muzo, Departamento de Boyacá, con implicaciones en la prospección futura de esmeraldas en otras partes de Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Bogotá.
- HEA, J., y WHITMAN, A., 1960. Estratigrafía y Petrología de los sedimentos pre-Cretáceos de la parte Norte-Central de la sierra de Perijá, Estado Zulia, Venezuela. En: Tercer Congreso Geológico Venezolano. Memoria, Tomo I, p. 351-375. Caracas.
- HENAO, D., 1951. Memoria sobre los mapas geológicos de los Carbones del Cerrejón. *Serv. Geol. Nal.*, Informe No. 762, Bogotá.
- HETTNER, A., 1892. Dier kordillere von Bogotá. *Peterm, mitt Erg. Bd 22, Heft No. 104.* pp 16-17, Cotha.
- HIGGINS, M., 1971. Cataclastic Rocks. *Geol. Serv. Prof. paper 687.* Washington.
- HOFFSTETTER, R., 1956. Lexique stratigraphique international Vol. V. Amerique Latine. Fasc. 5a, Ecuador Centre National de la Recherche Scientifique. Paris.

- HOLLER, B., 1982. Results obtained from geological reconnaissance work on sulphur deposition associated with the volcanoes Puracé, Sotará, Departament Cauca; the volcanoes Galeras, Azufral, Cumbal, Chiles Departament Nariño. Colombia. Final report phase 1. Ingeominas, Ecominas, Naciones Unidas. Popayán
- HOWARD, P., 1979. Phosphate. Economic Geology, vol. 74 pp. 192-194.
- HUBACH, E., 1953. Yacimientos de mineral de hierro, de carbón y de calizas en Colombia como base de la industria siderúrgica. Serv. Geol. Nal., Bol. Geol., 309., Bogotá.
- , y WOKITTEL, R., 1956. La situación de algunos minerales industriales en Colombia. Min. Minas y Petróleos Inst. Geol. Nal. Informe No. 1206., Bogotá.
- , 1957. Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia. Inst. Geol. Nal., Informe No. 1212, Bogotá.
- HUBER, V., 1982. Geologie der Jurassische Valle Alto Formation in der Zentral kordillere kolumbiem. Arb. Inst. Palaont. Un. Stuttgar.
- ILLIES, J.H., 1981. Mechanism of graben formation. Tectonophisics Vol. 73, pp. 249-266.
- INGEOMINAS, 1980. Informe anual de actividades. 1479, No. 11. pp. 1-200, Bogotá.
- , 1983. Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia.
- , U.S.G.S., 1983. Evaluación de los Recursos minerales no combustibles de Colombia. Informe del Proyecto cooperativo Ingeominas U.S.G.S. Bogotá.
- JAPPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA), 1975, Informe preliminar sobre el estudio del plan de exploración y explotación de las zonas carboníferas. En Biblioteca Ingeominas, Bogotá.
- JARAMILLO, L., y ESCOBAR, R., 1980. Cinturones de pórfidos en las Cordilleras Colombianas. Ingeominas, Bogotá.
- JENKS, W.F., 1956. Handbook of south american geology an explanation of the geologic map of South America, Mem. Geol. Soc. Amer. No. 65. XVIII + 377 pp. (Colombia, by A.A. 02550N, pp. 297-326), New York.

- JULIVERT, M., 1968. Léxico estratigráfico, Colombia. Vol. V, Fascículo 4a. (Primera parte). Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.
- KEAYS, R., NICKEL, E., and MCGOLDRICK, P., 1982. Iridium and Palladium as discriminantes of of volcanic exhalative Hydrothermal, and Magmatic Nickel sulphide Mineralization. Economic Geology, Vol. 77, pp. 1535-1547.
- KESSEN, K.M., WOODRUFF, M. and GRANT, N.K., 1981. Gangue Mineral  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios and the origin of Mississippi Valley-Type Mineralization. Economic geology. Economic Geology. Vol 76., pp. 913-920.
- KUNDING, E., 1938. Las rocas precretácicas de los Andes Centrales de Venezuela. Bol. Geol. Min. (Venezuela), T.2 N. 2-4, pp. 31-32.
- LEBLANC, M. and VIOLETTE, J.F. 1983. Distribution of Aluminum Rich and Chromium-rich chromite pods in ophiolite peridotites, Economic Geology, Vol. 78, pp. 293-301.
- LOPEZ, J., 1957. Apreciación general de la zona yesífera del Municipio de Sáchica, Boyacá. Serv. Geol. Nal. Informe No. 1255. Bogotá.
- LOPEZ J.H., 1971. Ocurrencias minerales del departamento de Caldas. Ingeominas, Informe No. 1602, 118p. Bogotá.
- LOPEZ, A., 1981. Potencialidad y características de los recursos del Carbón en Colombia. En Simposio Internacional sobre la cooperación entre Europa y América Latina para la utilización del Carbón. Cartagena.
- LOWEEL, J.D., and GUILBERT, J.M., 1969. Geologic Characteristic of 26 Mayor Porphyry copper and Molybdenum Deposits. Kennecott exploration, Inc. Exploration Services, Utah. pp. 30.
- LLERAS, R., 1927. Los minerales de Colombia. Biblioteca del Museo Nacional, Imp. Nal.
- MARIÑO, J.A., 1976. Ocurrencias Minerales en el Departamento Boyacá. Ingeominas, Informe No. 1710.
- MARULANDA, N., 1978. Geología y Prospección Geoquímica del Area Mineralizada La Vega y Almaguer, Departamento del Cauca. Ingeominas, Informe No. 1762, Popayán.

- MAUCHER, A., 1976. The stratabound cinnabar stibnite-scheelite deposits. In: Wolf K.H. (ed), Handbook of stratabound and stratiform deposits, vol. 7, pp. 476-487 Elsevier, Amsterdam.
- McLAUGHLIN, D y ARCE, M., 1971. Recursos Minerales de parte de los Dptos. de Cundinamarca, Boyacá y Meta. Ingeominas, Bol. Geol. Vol. XIX, No. 1, Bogotá.
- MEGARD, F., 1978. Etude Géologique des Andes du Pérou Central. Office de la Recherche Scientifique et Technique autremer Mémoires arstom No. 86, pp. 310, Paris.
- MEJIA, L., y OSPINA, C., 1977. Reseña geológica y Minera de los Carbones del Valle del Cauca y del Norte del Cauca. Ingeominas, Informe No. 1731, Bogotá.
- MEJIA, L., y MATEUS, L., 1978. Recursos carboníferos de la Jagua de Ibirico (Cesar). Ingeominas, Informe No. 1732, Bogotá.
- MEYER, C., and HEMLEY, J.J., 1967, Alternation classification and alternation patterns. Summarized by Wilson. 1969. Kennecott exploration services. Part I.
- MILANDVSKY, E., 1981. Aulacogens of Ancient platforms: problems of their origin and tectonic development. Tectonophysics, vol. 73, pp. 213-248.
- MOJICA, J., 1980. Observaciones acerca del estado actual del conocimiento de la Formación Payandé (Triásico-Superior), Valle Superior del río Magdalena, Colombia. Geología Colombiana No. 11, Un. Nal. de Colombia, Bogotá.
- MONTOYA, E., SIFONTES, R. y GARCIA, E., 1973. Excursión Geológico-Minera a la Región de Bailadores-Guaraque, Distrito Rivas Dávila, Estado Mérida, Venezuela. En II Congreso Latinoamericano de Geología. Memoria, Tomo I, pp. 284-297, Caracas.
- MOSQUERA, D., y BUITRAGO, C., 1971. Ocurrencias Minerales del Departamento del Quindío. Ingeominas, Informe No. 1594.
- MUÑOZ, J. y VARGAS., 1980. Estudio Petrológico del Grupo Valdivia. Tesis de grado, Un. Nal. de Colombia, Bogotá.

- MUTIS, V., 1957. Yacimientos Carboníferos de la Jagua de  
Ibirico. Departamento del Magdalena. Serv. Geol. Nal.  
Bol. Geol. Vol. 5, No. 3, Informe No. 443, Bogotá.
- NACIONES UNIDAS, 1976. Evaluación de Lateritas Niquelíferas  
en los Departamentos de Córdoba y Antioquia.  
Ingeo
- NASSAU, K., 1980. Las causas del Color. Investigación y  
Ciencia, edición en español de Scientific American,  
No. 51: Diciembre de 1980.
- NELSON, H.W., 1954. Contribución al Conocimiento de la Cor-  
dillera Central de Colombia. Sección entre Ibagué y Ar-  
menia. Bol. Geol. Serv. Geol. Nal., Vol. 10, No.  
123, pp. 168-183, Bogotá.
- NEUTON, KNOX. 1943. La Mineralización de Molibdenita en Co-  
lombia. Serv. Geol. Nal., Informe No. 529.
- NICHOLLS, E., 1960. Estudio de geología general y yacimien-  
tos minerales de la región de Acandí, Departamento del  
Chocó. Serv. Geol. Nal. Informe No. 1357, Bogotá.
- NIELSEN, R., 1969 a. Geologic setting of the porphyry copper  
deposits. Kennecott Exploration Services, part I.
- , 1969 b. Quantitative use of mineral and chemical  
zoning in the search for porphyry copper deposits. Kenne-  
cott Exploration Services. pp.30.
- , 1969 c. Sulphide and alteration zoning in porphyry  
copper Deposits. Kennecott Exploration Services. Par. I.
- NORTON, D., 1969. Chemistry of alteration processes. Kennecott  
Exploration Services. Par I. pp.30
- , 1969 b. Outcrop appraisal of porphyry copper  
deposits, Kennecott Exploration Services part II. pp. 30
- NORTON, S.A., 1973. Laterite and Bauxite formation. Economic  
Geology, vol. 68. pp. 353-361
- NORTON, J., 1983. Sequence of mineral assemblages in diffe-  
rentiated granitic pegmatites. Economic Geology, Vol. 78  
pp. 854-874.

- NÚÑEZ, A., GONZÁLEZ, H., LINARES, E., 1979. Nuevas edades K-Ar de los esquistos verdes del Grupo Caiamarca: Pub. Esp. Geol. 23; 1-8. Univ. Nal., Medellín.
- OPPENHEIM, V., 1941. Geología del Departamento del Magdalena com. de los est. geol. of. en Colombia, Tomo V, p. 439-500.
- PARIS, G., y MARIN, P., 1979. Generalidades acerca de la Geología del Departamento del Cauca. Ingeominas, Bogotá.
- PEPEZ, J., 1976. Mineralizaciones de azufre en el volcán de Chiles, Depto. de Nariño. Tesis de grado, Un. Nal. de Colombia, Bogotá, 1976.
- , 1979. Minería de Oro y la Plata en los Departamentos de Nariño y Cauca. Min. Minas y Energía, zona Min de Pasto. Informe No. 72, Pasto.
- PHILLIPS, J., 1969. Exploration guides to porphyry coppers in Arizona. Kennecott Exploration Services Part. I. pp. 30.
- PINSON, W.H., et al, 1962. K/Ar and Rb/Sr ages of biotites from Colombia, South America. Geol. Soc. America. Bull. Vol. 73, pp. 907-910.
- PORTA, J. de., 1965 a. La estratigrafía del Cretáceo Superior y Terciario en el extremo sur del Valle Medio del Magdalena. Bol. Geol. Univ. Ind. Sant. No. 19, pp. 5-30. Bucaramanga.
- , 1966. Geología del extremo sur del Valle Medio del Magdalena entre Honda y Guataquí (Colombia). Bol. Geol. Univ. Ind. Sant. No. 22-23. 318 pp. Bucaramanga.
- , 1974. Léxico estratigráfico, Colombia, Vol. 5, Fascículo 4b (Segunda parte). Centre National de la Recherche Scientifique. Paris.
- PRETORIUS, D.A., 1976. Gold in the proterozoic sediments of South Africa: Systems, paradigms, and models. In Wolf K.H. (ed), Handbook of Strata-Bound and Stratiform Deposits, vol. 7, pp. 28, Elsevier, Amsterdam.
- PRIEM, H.N., et al, 1982. Geochronology of the precambrian in the Amazonas region of southeastern Colombia (Western Guiana Shield). Geol. Milnbouw 61: p. 229-242.

les PRIMER CONGRESO COLOMBIANO DE GEOLOGIA. MEMORIA-1969, 438 p.  
Pub. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

RADELLY, L., 1967. Geologie des Andes Colombiennes. Travail  
Balena du laboratoire de Geologie de la Faculté des Sciences de  
89-500 Grenoble, Mémoires No. 6.

a GREENFRO, A.R., 1974. Genesis of. Evaporite-Associated strati-  
a. form Metaliferous Deposits-A Sabkha process. Economic  
Geology Vol. 69, pp. 33-45.

a de  
ie RENZ, O., 1960. Geología de la parte sureste de la península  
de la Guajira (República de Colombia). Bol. Geol.,  
Minist. Min. Hidroc. Publ. esp. No. 3, Mem. 34. Comp.  
en- Geol. Venezuela, Tomo I. pp. 317-349, Caracas.

vera  
s RESTREPO, J., y TOUSSAINT, J.F., 1978. Ocurrencias del Pre-  
cámbrico en las cercanías de Medellín, Cordillera Central  
de Colombia. Facultad de ciencias, Publ. Esp. Geol. 7:  
1-3. Medellín.

REYMOND, E., 1942. Informe sobre una misión geológica en los  
Departamentos del Magdalena y Atlántico. Comp. de los  
est. geol. of. en Colombia. Tomo V. 0. 417-4-60,

RIVERA, A., 1965. Informe Preliminar de la zona Carbonífera  
del Municipio de Tadó, Departamento del Chocó. Ministerio  
de Min. y Petr.

ROBERTSON, D., TILSLEY, J., and HOGE, G., 1978. The Time-  
Baund Character of Uranium Deposits. Economic Geology,  
Vol. 73. pp. 1409-1419.

RODRIGUEZ, C. J., y Pernet, A., Recursos Minerales del Depar-  
tamento de Antioquia. Ingeominas.

-----, y PERNETT, M.A., 1980. Mapa de Recursos Minerales  
del Departamento de Antioquia. Ingeominas.

ROY, S., 1976. Ancient manganese deposits. In Wolf K.H.  
(ed), Hand-book of strata-bound and estratiform deposits,  
vol. 7, pp. 395-474. Elsevier, Amsterdam.

SALOMON, M., and WALSH, J.L., 1979. The formation of massive  
sulphide deposits on the sea floor. Economic Geology.  
Vol. 74, pp. 797-813.

SANDOVAL, J., 1951. Explotaciones de yeso en el Cerro de la  
Chapa, Rovira, Tolima, Serv. Geol. Nal. Informe No. 728.

- SARMIENTO, R., 1943. Informe sobre la iniciación de la prospección detallada de los yacimientos de fosfatos de "Jabonera-Soata". Serv. Geol. Nal., Informe No. 362, Bogotá.
- SCHEIBE, E., 1927. Afloramientos de Carbón en el Polígono Militar. Serv. Geol. Nal., Informe No. 370, Bogotá.
- SCHEIBE, E., 1934b. Resultado de la Investigación de los ríos Coclo y Luisa. Comp. Est. Geol. of. Col. Tomo I, pp. 40 Bogotá.
- SCHUILING, R.D., 1967. Tin Belts on continents around the Atlantic Ocean. Econ. Geol., Vol. 62. pp. 40-550.
- SEGOVIA, A., y RENZONI, G., 1965. Geología del Cuadrángulo L. 12-Medina, Serv. Geol. Nal. e Invent. Min. Nal., Bogotá.
- SEGUNDO CONGRESO LATINOAMERICANO DE GEOLOGIA-MEMORIA, Tomo III, 1983. Boletín de Geología. Publicación Especial No. 7, Caracas.
- SHARPE, M.R., 1982. Noble Metals in the marginal Rocks of The Bushverld Complex. Economic Geology, Vol. 77. pp. 1286-1295.
- SMITH, N., and BEUKES, N.J., 1983. Bar to Bank flow convergence zones: A contribution to the origin of alluvial placers. Economic Geology, Vol. 78, pp. 1342-1349.
- SMITH, A., and BEUKES, N.J., 1983. Acerca de la Geología de la Cordillera Occidental entre Cali y Buenaventura. Comp. de los est. geol. of en Colombia. Tomo 2, p. 39-52.
- STUTZER, D., 1931. Contribución a la Geología del Foso de Cauca-Patía. Com. de los est. geol. of. en Colombia, Tomo 2, p. 69-140.
- SUESCUN, 1959. Yacimiento de sulfuros de "Esmeralda", Mercaderes, Cauca. In. Geol. Nal. pub. esp.
- SUTHARD, J., 1969. Correlation of rock types with gray tone and texture. Kennecott Exploration Services. Part. II.
- SZATMARI, P., CARVALHO, R. and SIMOES, I., 1979. A comparison of evaporite facies in the Late Paleozoic Amazon and the Middle Cretaceous South Atlantic salt Basins. Economic Geology, vol. 74, pp. 432-447.

- TORRES, M.A., y REYES, J., 1982. Recursos Minerales Departamentos de Norte de Santander y Santander. Ministerio de Min y Energ. División de Minas. Informe ZMB No. 0144, Bucaramanga.
- TRUMPY, D., 1943. Precretacius of Colombia. Geol. Soc. Am. Vol. 54, No. 9, pp. 1281-1304, New York.
- TSCHANZ, C.M., JIMENO, A., y CRUZ, J., 1969. Mapa geológico de reconocimiento de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. Ingeominas, Minist. Min. y Petr., Bogotá.
- VALENCIA, D., 1967. Manifestaciones de Yeso en la región de Toluviejo (Sucre). Ingeominas, Informe No. 1526.
- VALENCIA, I., 1972. Bauxites. Elsevier Publishing Company Amsterdam
- VEGA, E., 1975. Roca fosfórica en el Municipio de Aipe (Departamento de Huila). Ingeominas, Informe No. 1679.
- WARD, D.E., GOLDSMITH, R., JIMENO, A. y CRUZ, J., 1969. Mapa Geológico del Cuadrángulo H-12, Bucaramanga, Colombia, Inst. Nal. Ino. Geol. Min., y U.S. Geol. Serv, Bogotá.
- , 1973. Geología de los cuadrángulos H-12 Bucaramanga y H-13 Pamplona, Departamento de Santander. Bol. Geol., Ingeominas, Vol. 21 No. 1-3, pp. 1-132. Bogotá.
- WELSH, J., 1969. Structural and stratigraphic setting of ore deposits in the Eastern great Basin, Nevada and Utha Kennecott Exploration Services. part II. 30 pp.
- WESTRA, G., and KEITH S., 1981. Classification and genesis of stockwork molybdenum deposits. Economic Geology. Vol. 76, pp. 844-873.
- WILSON, J., 1969. Primary zoning model hypobissal-stock class of porphyry copper deposits. Kennecott Exploration Services, part. I. 30 pp.
- WILSON, J., 1969. Porphyry-copper ore forming processes. Kennecott Exploration Services, part I 30 pp.
- , and NIELSEN, R., 1969. Primary, zoning criteria useful in ore target definition. Kennecott Exploration Services. Part. II. 30 pp.

WOKITTEL, R., 1957. Recursos Minerales en el Territorio Vásquez, Departamento de Boyacá. Inst. Geol. Nal. Informe No. 1240. Bogotá.

-----, 1960. Recursos Minerales de Colombia, Ministerio de Minas y Petróleos. Serv. Geol. Nal. Comp. est. geol. of. en Col. Tomo X, pp. 364, Bogotá.

WRIGHT, P.M., 1969. Interpretation of magnetic data. Kennecott Exploration Services. Part. II 30 pp.

-----, 1969. Interpretation of induced polarization. Data. Kennecott Exploration Services, part. II. 30 pp.

As-  
re

io  
1.

ANEXO No. 3.1  
COMPLEMENTACION DEL MAPA GEOLOGICO NACIONAL  
REGION N°1  
DETALLE DE COSTOS  
(Pesos de 1.985)

|     |                                        |            |            |
|-----|----------------------------------------|------------|------------|
| 1.0 | COSTOS GENERALES                       |            |            |
| 1.1 | EQUIPO DE TRABAJO Y OFICINA            |            |            |
|     | Fotografías aéreas ..... 2300          | 100.000    |            |
|     | Imágenes de radar ..... (4)            | 50.000     |            |
|     | Imágenes de satélite ..... (4)         | 480.000    |            |
|     | Equipo de fotogeología .....           | 600.000    |            |
|     | Planchas topográficas .....            | 60.000     |            |
|     | Material bibliográfico .....           | 100.000    | 1'350.000  |
| 1.2 | EQUIPO DE TRANSPORTE                   |            |            |
|     | Carros camperos ..... (5)              | 10'000.000 |            |
|     | Botes ..... (3)                        | 1'500.000  |            |
|     | Motores fuera de borda ..... (4)       | 800.000    | 12'300.000 |
| 1.3 | EQUIPO DE CAMPO                        |            |            |
|     | Equipo personal geológico .... (7)     | 840.000    |            |
|     | Equipos de comunicación .... (4)       | 1'200.000  | 2'040.000  |
| 2.0 | COSTOS ANUALES (Primer año de trabajo) |            |            |
| 2.1 | REMUNERACIONES                         |            |            |
|     | Salarios .....                         | 18'915.000 |            |
|     | Viáticos .....                         | 10'027.000 |            |
|     | Jornales .....                         | 2'016.000  | 30'958.000 |
| 2.2 | GASTOS DE VIAJE                        |            |            |
|     | Pasajes aéreos ..... (120)             | 1'200.000  |            |
|     | Helicóptero ..... (100 horas)          | 10'000.000 |            |
|     | Combustible vehículo .....             | 2'500.000  |            |
|     | Combustible bote .....                 | 810.000    |            |
|     | Mantenimiento vehículo-bote .....      | 1'620.000  |            |
|     | Alquiler mula .....                    | 1'800.000  | 16'930.000 |

Continuación - Anexo No.3.1

2.3 DOTACION DE CAMPO

|                          |      |         |           |
|--------------------------|------|---------|-----------|
| Dotación personal .....  | (15) | 450.000 |           |
| Carpas .....             |      | 500.000 |           |
| Herramientas .....       |      | 250.000 |           |
| Plantas eléctricas ..... | (4)  | 400.000 | 1'600.000 |

2.4 GASTOS DE LABORATORIO

|                                         |       |           |           |
|-----------------------------------------|-------|-----------|-----------|
| Secciones delgadas ..                   | (300) | 1'410.000 |           |
| Secciones pulidas ..                    | (20)  | 70.000    |           |
| Rayos X .....                           | (100) | 220.000   |           |
| Absorción atómica ..                    | (100) | 530.000   |           |
| Análisis de Au y Ag por copelación (50) |       | 200.000   |           |
| Análisis Paleontológico .....           | (20)  | 200.000   |           |
| Análisis Palinológico .....             | (10)  | 100.000   | 2'730.000 |

2.5 GASTOS DE ADMINISTRACION

|                                        |  |         |         |
|----------------------------------------|--|---------|---------|
| Papelería y útiles de escritorio ..... |  | 200.000 |         |
| Portes .....                           |  | 40.000  |         |
| Teléfono y télex .....                 |  | 150.000 |         |
| Fotocopias .....                       |  | 100.000 | 490.000 |

3.0 IMPREVISTOS 15% ..... 10'320.000

TOTAL (año 1) ..... 79'118.000

## COMPLEMENTACION DEL MAPA GEOLOGICO NACIONAL

## REGION N° 1

REMUNERACIONES (Miles de pesos, 1985)

[illegible]

ANEXO Nº 3.3  
COMPLEMENTACION DEL MAPA GEOLOGICO NACIONAL  
REGION Nº 2  
DETALLE DE COSTOS  
(Pesos de 1.985)

|     |                                        |           |           |
|-----|----------------------------------------|-----------|-----------|
| 1.0 | COSTOS GENERALES                       |           |           |
| 1.1 | EQUIPO DE TRABAJO Y OFICINA            |           |           |
|     | Fotografías aéreas .....(100).....     | 20.000    |           |
|     | Imágenes de radar .....                | 20.000    |           |
|     | Imágenes de satélite .....             | 20.000    |           |
|     | Equipo de fotogeología .....           | -         |           |
|     | Planchas topográficas .....            | 10.000    |           |
|     | Material bibliográfico .....           | 100.000   | 170.000   |
| 1.2 | EQUIPO DE TRANSPORTE                   |           |           |
|     | Carros camperos .....                  | -         |           |
|     | Botes .....                            | -         |           |
|     | Motores fuera de borda .....           | -         |           |
| 1.3 | EQUIPO DE CAMPO                        |           |           |
|     | Equipo personal geológico .....        | -         |           |
|     | Equipos de comunicación .....          | -         |           |
| 2.0 | COSTOS ANUALES (Primer año de trabajo) |           |           |
| 2.1 | REMUNERACIONES                         |           |           |
|     | Salarios .....                         | 5'300.000 |           |
|     | Viáticos .....                         | 2'306.000 |           |
|     | Jornales .....                         | 548.000   | 8'154.000 |
| 2.2 | GASTOS DE VIAJE                        |           |           |
|     | Pasajes aéreos .....(7).....           | 121.000   |           |
|     | Helicóptero .....(25 horas).....       | 3'500.000 |           |
|     | Combustible vehículo .....             | 1'520.000 |           |
|     | Combustible bote .....                 | 270.000   |           |
|     | Mantenimiento vehículo-bote .....      | 100.000   |           |
|     | Alquiler mula .....                    | 40.000    | 5'551.000 |

Continuación - Anexo No.5.5

2.3 DOTACION DE CAMPO

|                          |          |         |         |
|--------------------------|----------|---------|---------|
| Dotación personal .....  | (7)..... | 210.000 |         |
| Carpas .....             |          | 250.000 |         |
| Herramientas .....       |          | 125.000 |         |
| Plantas eléctricas ..... | (2)..... | 200.000 | 785.000 |

2.4 GASTOS DE LABORATORIO

|                                          |           |         |         |
|------------------------------------------|-----------|---------|---------|
| Secciones delgadas .....                 | (20)..... | 143.000 |         |
| Secciones pulidas .....                  | (10)..... | 53.000  |         |
| Rayos X .....                            | (20)..... | 76.000  |         |
| Absorción atómica .....                  | (20)..... | 161.000 |         |
| Análisis de Au y Ag por copelación ..... | (20)..... | 122.000 |         |
| Análisis Paleontológico .....            | (5).....  | 86.000  |         |
| Análisis Palinológico .....              | (5).....  | 86.000  | 727.000 |

2.5 GASTOS DE ADMINISTRACION

|                                        |  |        |         |
|----------------------------------------|--|--------|---------|
| Papelería y útiles de escritorio ..... |  | 50.000 |         |
| Portes .....                           |  | 10.000 |         |
| Teléfono y télex .....                 |  | 30.000 |         |
| Fotocopias .....                       |  | 20.000 | 110.000 |

3.0 IMPREVISTOS 15% ..... 2'325.000

TOTAL (año 1) ..... 17'822.000

## COMPLEMENTACION DEL MAPA GEOLOGICO NACIONAL

REGION № 2

REMUNERACIONES (Miles de pesos, 1985)

[illegible]

ANEXO Nº 3.5  
 COMPLEMENTACION DEL MAPA GEOLOGICO NACIONAL  
 REGION Nº 3  
 DETALLE DE COSTOS  
 (Pesos de 1.985)

|     |                                        |            |            |
|-----|----------------------------------------|------------|------------|
| 1.0 | COSTOS GENERALES                       |            |            |
| 1.1 | EQUIPO DE TRABAJO Y OFICINA            |            |            |
|     | Fotografías aéreas .....(700).....     | 140.000    |            |
|     | Imágenes de radar .....                | 50.000     |            |
|     | Imágenes de satélite .....             | 120.000    |            |
|     | Equipo de fotogeología .....           | 600.000    |            |
|     | Planchas topográficas .....            | 20.000     |            |
|     | Material bibliográfico .....           | 100.000    | 1'030.000  |
| 1.2 | EQUIPO DE TRANSPORTE                   |            |            |
|     | Carros camperos .....(3).....          | 6'000.000  |            |
|     | Botes .....(2).....                    | 1'000.000  |            |
|     | Motores fuera de borda .....(2).....   | 400.000    | 7'400.000  |
| 1.3 | EQUIPO DE CAMPO                        |            |            |
|     | Equipo personal geológico ....(4)..... | 480.000    |            |
|     | Equipos de comunicación .....          | 900.000    | 1'380.000  |
| 2.0 | COSTOS ANUALES (Primer año de trabajo) |            |            |
| 2.1 | REMUNERACIONES                         |            |            |
|     | Salarios .....(año 1.).....            | 11'694.000 |            |
|     | Viáticos .....                         | 5'734.000  |            |
|     | Jornales .....                         | 1'152.000  | 18'580.000 |
| 2.2 | GASTOS DE VIAJE                        |            |            |
|     | Pasajes aéreos .....                   | 650.000    |            |
|     | Helicóptero .....(50) horas..          | 5'000.000  |            |
|     | Combustible vehículo .....             | 1'500.000  |            |
|     | Combustible bote .....                 | 400.000    |            |
|     | Mantenimiento vehículo-bote .....      | 740.000    |            |
|     | Alquiler mula .....                    | 1'450.000  | 9'740.000  |

Continuación - Anexo N° 3.5

|     |                                              |         |            |  |
|-----|----------------------------------------------|---------|------------|--|
| 2.3 | DOTACION DE CAMPO                            |         |            |  |
| /   | Dotación personal .....(10).....             | 300.000 |            |  |
|     | Carpas .....                                 | 400.000 |            |  |
|     | Herramientas .....                           | 200.000 |            |  |
|     | Plantas eléctricas .....                     | 300.000 | 1'200.000  |  |
| 2.4 | GASTOS DE LABORATORIO                        |         |            |  |
|     | Secciones delgadas .....(100).....           | 470.000 |            |  |
|     | Secciones pulidas .....(10).....             | 35.000  |            |  |
|     | Rayos X .....(30).....                       | 75.000  |            |  |
|     | Absorción atómica .....(40).....             | 212.000 |            |  |
|     | Análisis de Au y Ag por copelación (20)..... | 80.000  |            |  |
|     | Análisis Paleontológico .....(10).....       | 100.000 |            |  |
|     | Análisis Palinológico .....(10).....         | 100.000 | 1'072.000  |  |
| 2.5 | GASTOS DE ADMINISTRACION                     |         |            |  |
|     | Papelería y útiles de escritorio .....       | 100.000 |            |  |
|     | Portes .....                                 | 20.000  |            |  |
|     | Teléfono y télex .....                       | 100.000 |            |  |
|     | Fotocopias .....                             | 100.000 | 320.000    |  |
| 3.0 | IMPREVISTOS 20% .....                        |         | 6'108.000  |  |
|     | TOTAL (año 1) .....                          |         | 46'830.000 |  |

## ANEXO No. 3.6

## COMPLEMENTACION DEL MAPA GEOLOGICO NACIONAL

## REGION N° 3

## REMUNERACIONES (Miles de pesos, 1985)

| CARGO                | AÑO 1    |          |          | AÑO 2    |          |          | AÑO 3    |          |          | AÑO 4    |          |          |
|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                      | Hom./Mes | Salarios | Viáticos | Hom./Mes | Salarios | Viáticos | Hom./Mes | Salarios | Viáticos | Hom./Mes | Salarios | Viáticos |
| Director de Proyecto | 6.0      | 1.373    | 90       | 6.0      | 1.579    | 104      | 5.5      | 1.665    | 109      |          |          |          |
| Fotogeólogo          | 12.0     | 2.232    | 392      | 12.0     | 2.567    | 450      | 11.0     | 2.705    | 474      |          |          |          |
| Jefe de Grupo        | 11.0     | 1.291    | 619      | 12.0     | 1.620    | 777      | 11.0     | 1.708    | 819      |          |          |          |
| Geólogo Auxiliar     | 22.0     | 2.287    | 1.485    | 24.0     | 2.869    | 1.863    | 22.0     | 3.024    | 1.964    |          |          |          |
| Dibujante            | 12.0     | 576      |          | 12.0     | 662      |          | 11.0     | 697      |          |          |          |          |
| Conductor            | 33.0     | 1.054    | 1.307    | 36.0     | 1.322    | 1.639    | 33.0     | 1.394    | 1.728    |          |          |          |
| Auxiliar de Campo    | 33.0     | 1.485    | 1.841    | 36.0     | 1.863    | 2.310    | 33.0     | 1.963    | 2.435    |          |          |          |
| Jefe Administrativo  | 3.0      | 270      |          | 3.0      | 311      |          | 3.0      | 357      |          |          |          |          |
| Pagador              | 3.0      | 203      |          | 3.0      | 233      |          | 3.0      | 268      |          |          |          |          |
| Almacenista          | 3.0      | 158      |          | 3.0      | 181      |          | 3.0      | 208      |          |          |          |          |
| Secretaria           | 12.0     | 540      |          | 12.0     | 621      |          | 11.0     | 654      |          |          |          |          |
| Auxiliar Oficina     | 6.0      | 225      |          | 6.0      | 259      |          | 5.0      | 248      |          |          |          |          |
| SUB-TOTAL            |          | 11.694   | 5.734    |          | 14.087   | 7.143    |          | 14.891   | 7.529    |          |          |          |
| Obreros              | 32.0     | 1.152    |          | 45.0     | 1.863    |          | 32.0     | 1,523    |          |          |          |          |
| TOTAL                |          |          |          |          |          |          |          | 357      |          |          |          |          |

ANEXO N° 3.7  
COMPLEMENTACION DEL MAPA GEOLOGICO NACIONAL  
REGION N° 4  
DETALLE DE COSTOS  
(Pesos de 1.985)

|     |                                        |            |            |
|-----|----------------------------------------|------------|------------|
| 1.0 | COSTOS GENERALES                       |            |            |
| 1.1 | EQUIPO DE TRABAJO Y OFICINA            |            |            |
|     | Fotografías aéreas .....1700.....      | 340.000    |            |
|     | Imágenes de radar .....                | 50.000     |            |
|     | Imágenes de satélite .....             | 120.000    |            |
|     | Equipo de fotogeología .....           | 600.000    |            |
|     | Planchas topográficas .....(450).....  | 45.000     |            |
|     | Material bibliográfico .....           | 100.000    | 1'255.000  |
| 1.2 | EQUIPO DE TRANSPORTE                   |            |            |
|     | Carros camperos .....(3).....          | 6'000.000  |            |
|     | Botes .....(2).....                    | 1'000.000  |            |
|     | Motores fuera de borda .....(2).....   | 400.000    | 7'400.000  |
| 1.3 | EQUIPO DE CAMPO                        |            |            |
|     | Equipo personal geológico ....(4)..... | 480.000    |            |
|     | Equipos de comunicación ....(3).....   | 900.000    | 1'380.000  |
| 2.0 | COSTOS ANUALES (Primer año de trabajo) |            |            |
| 2.1 | REMUNERACIONES                         |            |            |
|     | Salarios .....                         | 13'212.000 |            |
|     | Viáticos .....                         | 6'002.000  |            |
|     | Jornales .....                         | 864.000    | 20'078.000 |
| 2.2 | GASTOS DE VIAJE                        |            |            |
|     | Pasajes aéreos .....(90).....          | 1'350.000  |            |
|     | Helicóptero .....(70 horas).....       | 7'000.000  |            |
|     | Combustible vehículo .....             | 1'500.000  |            |
|     | Combustible bote .....                 | 730.000    |            |
|     | Mantenimiento vehículo-bote .....      | 800.000    |            |
|     | Alquiler mula .....                    | 1'400.000  | 12'780.000 |

Continuación - Anexo No.3.7

2.3 DOTACION DE CAMPO

|                          |           |         |           |
|--------------------------|-----------|---------|-----------|
| Dotación personal .....  | (10)..... | 300.000 |           |
| Carpas .....             |           | 400.000 |           |
| Herramientas .....       |           | 200.000 |           |
| Plantas eléctricas ..... |           | 300.000 | 1'200.000 |

2.4 GASTOS DE LABORATORIO

|                                    |            |         |           |
|------------------------------------|------------|---------|-----------|
| Secciones delgadas .....           | (200)..... | 940.000 |           |
| Secciones pulidas .....            | (15).....  | 52.000  |           |
| Rayos X .....                      | (50).....  | 125.000 |           |
| Absorción atómica .....            | (80).....  | 425.000 |           |
| Análisis de Au y Ag por copelación | (50).....  | 200.000 |           |
| Análisis Paleontológico .....      | (20).....  | 200.000 |           |
| Análisis Palinológico .....        | (10).....  | 100.000 | 2'042.000 |

2.5 GASTOS DE ADMINISTRACION

|                                        |  |         |         |
|----------------------------------------|--|---------|---------|
| Papelería y útiles de escritorio ..... |  | 100.000 |         |
| Portes .....                           |  | 20.000  |         |
| Teléfono y télex .....                 |  | 100.000 |         |
| Fótcopias .....                        |  | 100.000 | 320.000 |

3.0 IMPREVISTOS 15% ..... 6'968.000

TOTAL (año 1) ..... 53'423.000

ANEXO No.3.8  
COMPLEMENTACION DEL MAPA GEOLOGICO NACIONAL  
REGION N° 4  
REMUNERACIONES (Miles de pesos, 1985)

[illegible]

ANEXO N° 3.9  
 COMPLEMENTACION DEL MAPA GEOLOGICO NACIONAL  
 REGION N° 5  
 DETALLE DE COSTOS  
 (Pesos de 1.985)

1.0 COSTOS GENERALES

1.1 EQUIPO DE TRABAJO Y OFICINA

|                              |              |         |           |
|------------------------------|--------------|---------|-----------|
| Fotografías aéreas .....     | (1600) ..... | 368.000 |           |
| Imágenes de radar .....      | (6) .....    | 720.000 |           |
| Imágenes de satélite .....   |              | 50.000  |           |
| Equipo de fotogeología ..... |              | 750.000 |           |
| Planchas topográficas .....  | (850) .....  | 100.000 |           |
| Material bibliográfico ..... |              | 100.000 | 2'088.000 |

1.2 EQUIPO DE TRANSPORTE

|                              |           |           |            |
|------------------------------|-----------|-----------|------------|
| Carros camperos .....        | (3) ..... | 7'200.000 |            |
| Botes .....                  | (4) ..... | 2'400.000 |            |
| Motores fuera de borda ..... | (5) ..... | 1'500.000 | 11'100.000 |

1.3 EQUIPO DE CAMPO

|                                |           |           |           |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Equipo personal geológico .... | (7) ..... | 1'260.000 |           |
| Equipos de comunicación ....   | (4) ..... | 1'200.000 | 2'460.000 |

2.0 COSTOS ANUALES (Primer año de trabajo, 7 meses)

2.1 REMUNERACIONES

|                |  |            |            |
|----------------|--|------------|------------|
| Salarios ..... |  | 12'097.000 |            |
| Viáticos ..... |  | 4'584.000  |            |
| Jornales ..... |  | 1'325.000  | 18'006.000 |

2.2 GASTOS DE VIAJE

|                                   |             |           |            |
|-----------------------------------|-------------|-----------|------------|
| Pasajes aéreos .....              | (200) ..... | 2'800.000 |            |
| Helicóptero .....                 |             | 9'600.000 |            |
| Combustible vehículo .....        |             | 1'050.000 |            |
| Combustible bote .....            |             | 760.000   |            |
| Mantenimiento vehículo-bote ..... |             | 780.000   |            |
| Otros gastos de viaje .....       |             | 1'200.000 | 16'190.000 |

Continuación - Anexo No.3.9

2.3 DOTACION DE CAMPO

|                                          |           |           |           |
|------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Dotación personal .....                  | (16)..... | 720.000   |           |
| Carpas ..(campamento).....               |           | 4'000.000 |           |
| Herramientas y dotación campamento ..... |           | 2'000.000 |           |
| Plantas eléctricas .....                 | (2).....  | 800.000   | 7'520.000 |

2.4 GASTOS DE LABORATORIO

|                                              |            |           |           |
|----------------------------------------------|------------|-----------|-----------|
| Secciones delgadas .....                     | 200.....   | 1'128.000 |           |
| Secciones pulidas .....                      | (30).....  | 126.000   |           |
| Rayos X .....                                | (80).....  | 240.000   |           |
| Absorción atómica .....                      | (150)..... | 954.000   |           |
| Análisis de Au y Ag por copelación (70)..... |            | 336.000   |           |
| Análisis Paleontológico .....                | (40).....  | 480.000   |           |
| Análisis Palinológico .....                  | (30).....  | 360.000   | 3'624.000 |

2.5 GASTOS DE ADMINISTRACION

|                                        |  |         |         |
|----------------------------------------|--|---------|---------|
| Papelería y útiles de escritorio ..... |  | 240.000 |         |
| Portes .....                           |  | 50.000  |         |
| Teléfono y télex .....                 |  | 180.000 |         |
| Fotocopias .....                       |  | 150.000 | 620.000 |

3.0 IMPREVISTOS 20%..... 12'322.000

TOTAL (año 1) ..... 73'930.000

ANEXO No.3.10

COMPLEMENTACION DEL MAPA GEOLOGICO NACIONAL

REGION N° 5

REMUNERACIONES (Miles de pesos, 1985)

[illegible]

ANEXO N° 3.11  
COMPLEMENTACION DEL MAPA GEOLOGICO NACIONAL  
REGION N° 7  
DETALLE DE COSTOS  
(Pesos de 1.985)

|     |                                        |           |           |
|-----|----------------------------------------|-----------|-----------|
| 1.0 | COSTOS GENERALES                       |           |           |
| 1.1 | EQUIPO DE TRABAJO Y OFICINA            |           |           |
|     | Fotografías aéreas ..... (60).....     | 18.000    |           |
|     | Imágenes de radar .....                | -         |           |
|     | Imágenes de satélite .....             | -         |           |
|     | Equipo de fotogeología .....           | -         |           |
|     | Planchas topográficas .....            | 10.000    |           |
|     | Material bibliográfico .....           | 20.000    | 48.000    |
| 1.2 | EQUIPO DE TRANSPORTE                   |           |           |
|     | Carros camperos .....                  | -         |           |
|     | Botes .....                            | -         |           |
|     | Motores fuera de borda .....           | -         |           |
| 1.3 | EQUIPO DE CAMPO                        |           |           |
|     | Equipo personal geológico .....        | -         |           |
|     | Equipos de comunicación .....          | -         |           |
| 2.0 | COSTOS ANUALES (Primer año de trabajo) |           |           |
| 2.1 | REMUNERACIONES                         |           |           |
|     | Salarios .....                         | 4'646.000 |           |
|     | Viáticos .....                         | 2'308.000 |           |
|     | Jornales .....                         | 571.000   | 7'525.000 |
| 2.2 | GASTOS DE VIAJE                        |           |           |
|     | Pasajes aéreos ..... (20).....         | 300.000   |           |
|     | Helicóptero ..... (15 horas) ..        | 2'160.000 |           |
|     | Combustible vehículo .....             | 200.000   |           |
|     | Combustible bote .....                 | 75.000    |           |
|     | Mantenimiento vehículo-bote .....      | 115.000   |           |
|     | Alquiler mula .....                    | 50.000    | 2'900.000 |

Continuación - Anexo No.3.11

2.3 DOTACION DE CAMPO

|                                 |         |         |
|---------------------------------|---------|---------|
| Dotación personal .....(7)..... | 210.000 |         |
| Carpas .....                    | 250.000 |         |
| Herramientas .....              | 50.000  |         |
| Plantas eléctricas .....        | 100.000 | 610.000 |

2.4 GASTOS DE LABORATORIO

|                                          |         |         |
|------------------------------------------|---------|---------|
| Secciones delgadas .....(20).....        | 135.000 |         |
| Secciones pulidas .....(10).....         | 54.000  |         |
| Rayos X .....(20).....                   | 72.000  |         |
| Absorción atómica .....(20).....         | 152.000 |         |
| Análisis de Au y Ag por copelación .(20) | 115.000 |         |
| Análisis Paleontológico .....(5).....    | 86.000  |         |
| Análisis Palinológico .....(5).....      | 86.000  | 700.000 |

2.5 GASTOS DE ADMINISTRACION

|                                        |        |         |
|----------------------------------------|--------|---------|
| Papelería y útiles de escritorio ..... | 50.000 |         |
| Portes .....                           | 10.000 |         |
| Teléfono y télex .....                 | 30.000 |         |
| Fotocopias .....                       | 20.000 | 110.000 |

3.0 IMPREVISTOS 15% ..... 1'784.000

TOTAL (año 1) ..... 13'677.000

ANEXO No.3.12  
COMPLEMENTACION DEL MAPA GEOLOGICO NACIONAL  
REGION N° 6  
REMUNERACIONES (Miles de pesos, 1985)

[illegible]

ANEXO N° 3.13  
COMPLEMENTACION DEL MAPA GEOLOGICO NACIONAL  
REGION N° 7  
DETALLE DE COSTOS  
(Pesos de 1.985)

|     |                                        |            |            |
|-----|----------------------------------------|------------|------------|
| 1.0 | COSTOS GENERALES                       |            |            |
| 1.1 | EQUIPO DE TRABAJO Y OFICINA            |            |            |
|     | Fotografías aéreas .....(220).....     | 25.000     |            |
|     | Imágenes de radar .....                | 720.000    |            |
|     | Imágenes de satélite .....             | 20.000     |            |
|     | Equipo de fotogeología .....           | 600.000    |            |
|     | Planchas topográficas .....            | 20.000     |            |
|     | Material bibliográfico .....           | 100.000    | 1'485.000  |
| 1.2 | EQUIPO DE TRANSPORTE                   |            |            |
|     | Carros camperos .....(2).....          | 5'600.000  |            |
|     | Botes .....(4).....                    | 2'400.000  |            |
|     | Motores fuera de borda .....(5).....   | 1'500.000  | 9'500.000  |
| 1.3 | EQUIPO DE CAMPO                        |            |            |
|     | Equipo personal geológico ....(4)..... | 750.000    |            |
|     | Equipos de comunicación ....(2).....   | 600.000    | 1'350.000  |
| 2.0 | COSTOS ANUALES (Primer año de trabajo) |            |            |
| 2.1 | REMUNERACIONES                         |            |            |
|     | Salarios .....                         | 11'850.000 |            |
|     | Viáticos .....                         | 5'077.000  |            |
|     | Jornales .....                         | 1'143.000  | 18'070.000 |
| 2.2 | GASTOS DE VIAJE                        |            |            |
|     | Pasajes aéreos .....(21).....          | 500.000    |            |
|     | Helicóptero .....(140horas).....       | 20'300.000 |            |
|     | Combustible vehículo .....             | 700.000    |            |
|     | Combustible bote .....                 | 2'500.000  |            |
|     | Mantenimiento vehículo-bote .....      | 950.000    |            |
|     | Otros gastos de viaje .....            | 1.500.000  | 26'450.000 |

Continuación - Anexo No.3.13

2.5 DOTACION DE CAMPO

|                                             |           |           |           |
|---------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Dotación personal .....                     | (10)..... | 450.000   |           |
| Campamento .....                            |           | 2'000.000 |           |
| Herramientas y dotación de campamento ..... |           | 1'000.000 |           |
| Plantas eléctricas .....                    | (2).....  | 600.000   | 4'050.000 |

2.4 GASTOS DE LABORATORIO

|                                              |            |           |           |
|----------------------------------------------|------------|-----------|-----------|
| Secciones delgadas .....                     | (150)..... | 1'015.000 |           |
| Secciones pulidas .....                      | (10).....  | 50.000    |           |
| Rayos X .....                                | (50).....  | 180.000   |           |
| Absorción atómica .....                      | (50).....  | 382.000   |           |
| Análisis de Au y Ag por copelación (50)..... |            | 288.000   |           |
| Análisis Paleontológico .....                | (15).....  | 225.000   |           |
| Análisis Palinológico .....                  | (15).....  | 225.000   | 2'365.000 |

2.5 GASTOS DE ADMINISTRACION

|                                        |  |         |         |
|----------------------------------------|--|---------|---------|
| Papelería y útiles de escritorio ..... |  | 240.000 |         |
| Portes .....                           |  | 48.000  |         |
| Teléfono y télex .....                 |  | 180.000 |         |
| Fotocopias .....                       |  | 100.000 | 478.000 |

3.0 IMPREVISTOS 20% ..... 12'750.000

TOTAL (año 1) ..... 76'498.000

ANEXO No.3.14  
COMPLEMENTACION DEL MAPA GEOLOGICO NACIONAL  
REGION N° 7  
REMUNERACIONES (Miles de pesos, 1985)

[illegible]

Estudios para la formulación del plan nacional  
de desarrollo minero/Programa de  
exploraciones informe final/Integral S.A.

338.206 l611e Ej.1

CATALOGADO POR: HELP FILE LTDA

| FECHA<br>PEDIDO | PRESTADO A | FECHA<br>DEVUELTO |
|-----------------|------------|-------------------|
|                 |            |                   |

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA



01002517  
BIBLIOTECA