

**CONCEPTOS PRELIMINARES SOBRE EL DESARROLLO Y USO  
DE FERTILIZANTES EN COLOMBIA <sup>1</sup>**

POR  
**EARL M. IRVING <sup>2</sup>**

- 
- (1) Publicado con la autorización del Director, U.S. Geological Survey.  
(2) Geólogo Jefe del Grupo en Colombia, U.S. Geological Survey.

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL  
BOGOTA, D. E. 1967



## CONTENIDO:

	Páginas
Resumen - Abstract ... ..	166
Introducción ... ..	167
Fertilizantes nitrogenados ... ..	168
Fertilizantes fosfáticos ... ..	169
Fertilizantes de potasio ... ..	170
Recursos de azufre ... ..	170
Transporte ... ..	171
Aumento indicado de fertilizantes ... ..	172
Programa indicado ... ..	174
Bibliografía ... ..	174

## FIGURA

Fig. 1.—Ubicación de reservas y afloramientos de fosforitas y un posible sistema de su transporte y distribución ... entre 170 y 171

## R E S U M E N

El último censo oficial (1964) estableció para Colombia una población de 17.2 millones con un crecimiento demográfico de 3.1 por ciento anual. Esto permite predecir una población de 27 millones de aquí a una década y al fin del presente siglo de alrededor de 50 millones. El área actual en cultivo es aproximadamente de 3.5 millones de hectáreas. Para abastecer esta creciente población y a la vez para conseguir las divisas que exige una economía en expansión, la producción agrícola tendrá que aumentar enormemente. La solución más eficaz a este fin sería la aplicación en forma científica de fertilizantes, en cuantías adecuadas. Se hace una revisión de fertilizantes disponibles, de fertilizantes escasos o ausentes, y se indican unas posibilidades de sustitución. En una región tan montañosa como es Colombia, el costo de transporte interno es crítico para la amplia distribución de fertilizantes, por lo cual se sugiere, como una solución a este importante problema económico, la combinación de transporte por tubería y por planchones en ríos navegables.

## A B S T R A C T

The latest official census (1964) established the population of Colombia at 17.2 million with a demographic growth rate of 3.1 percent annually. This permits prediction of a population of 27 million within one decade and of 50 million by the end of the present century. The present area under cultivation of food crops is approximately 3.5 million hectares. In order to support the growing population, and at the same time to provide the foreign exchange required for an expanding economy, agricultural production must expand enormously. One of the most efficacious factors toward this end would be the application of fertilizers in scientific manner and in adequate amounts. Review is made of fertilizers available, of those in short supply or absent, and several possible substitutions are suggested. In a mountainous region such as Colombia the cost of internal transport is critical in the widespread distribution of fertilizers and it is suggested that the combination of pipeline and river barge transport might provide a partial solution to this important economic problem.

## INTRODUCCION

Después de varios años de intenso esfuerzo por parte de los geólogos del Inventario Minero Nacional, asesorados por el Servicio Geológico de los Estados Unidos y financiados, en parte, por la Agencia para el Desarrollo Internacional del Gobierno de los Estados Unidos, ya vemos buenas perspectivas —aunque no están comprobadas en forma definida y completa todavía— de que Colombia está bien dotada de ciertos fertilizantes indispensables para el desarrollo de su agricultura en el futuro.

Esta situación alentadora nos llega muy a tiempo, ahora cuando todos los especialistas mundiales de la FAO y de la ONU advierten que el mundo entero —especialmente los países en desarrollo— están entrando en una fase crítica, en cuanto se refiere al suministro adecuado de comestibles para su población, debido a su marcado crecimiento demográfico.

A este respecto es oportuno analizar la situación de Colombia. En el último censo oficial (1964), la población de Colombia fue establecida en 17.2 millones y el crecimiento demográfico fue indicado en 3.1 por ciento anual. Siendo que esta tasa de crecimiento probablemente no va a reducirse por algunas décadas, vemos que la población de Colombia llegará en 1978 aproximadamente a 27 millones y, al fin de siglo, apenas a 33 años vista, a unos 50 millones.

Al mismo tiempo que la población va aumentando, observamos, en las últimas décadas, un descenso en la nutrición general del pueblo. En 1952, el promedio de nutrición por persona-día era alrededor de 2.850 calorías; hoy día su nutrición promedia ha bajado a unas 2.200 calorías por persona-día, a la vez que es mal balanceada en su composición. Más aún, hay que anotar que esta baja en el nivel promedio implica claramente que grandes porcentajes de la población colombiana están comiendo apenas al margen de subsistencia, especialmente aquellos que se han trasladado al sector urbano en búsqueda ilusoria de una vida mejor.

Esta situación demuestra que la agricultura colombiana no se ha desarrollado en proporción a las necesidades de la población, y que, si no se desarrolla rápidamente, se pueden esperar iguales o peores problemas socio-económicos en el futuro. De las cifras

demográficas arriba presentadas, y presumiendo que la nutrición debe llegar en esta era moderna a un nivel adecuado, se infiere que la producción nacional de víveres forzosamente tiene que aumentar en un 350 por ciento antes de que termine el siglo veinte, y que, si se espera un mejoramiento substancial en el estándar económico, la producción de elementos de exportación debe aumentar mucho más, como fuente correspondiente de divisas.

Aunque no existen cifras precisas, Haynes (1) ha estimado que hoy día un total de 3.5 millones de hectáreas, aproximadamente, está en cultivo, produciendo víveres y elementos exportables, y que unos 17 millones de hectáreas están siendo usadas, con varios grados de aprovechamiento, en el sostenimiento pecuario.

En relación con lo primero, sabemos que las áreas de cultivo están en gran parte en regiones montañosas, remotas y poco susceptibles de adaptación a los métodos modernos y científicos; en relación con las áreas de pastos para la industria pecuaria, gran parte de éstos son naturales y sin mejoramiento alguno.

De lo arriba expuesto, vemos que la nación se enfrenta a una situación por demás difícil, si las generaciones próximas han de recibir el estándar de vida que la ciencia moderna promete y en realidad es capaz de proveer. Falta, entonces, la organización humana para poder realizarlo.

El aumento agrícola comprende una variedad de técnicas, muchas de ellas fuera del alcance del autor. Es evidente, sin embargo, que un factor significativo en el aumento agrícola es el empleo científico de fertilizantes químicos, primordialmente de sustancias nitrogenadas, de fósforo y de potasio (3). La aplicación de estos tres elementos principales en cuantías apropiadas —determinadas con pruebas y análisis de suelos— puede originar importantes —hasta dramáticos— aumentos de producción.

La cal agrícola, además, es importante en el control del pH de suelos en ciertos cultivos y en ciertos tipos de pastos. Siendo que en Colombia, gran parte de los suelos son ácidos, habría una perspectiva de consumo en cantidad considerable.

#### FERTILIZANTES NITROGENADOS

En cuanto se refiere a sustancias nitrogenadas, afortunadamente Colombia está bien dotada de los recursos básicos para su elaboración. Las reservas de petróleo y, hasta cierto punto, de gas natural, aunque no muy grandes, parecen ser suficientes. Las reservas de carbón son grandes, pero poco desarrolladas. El potencial de

desarrollo de la fuerza hidroeléctrica a bajo precio es inmenso, estimado en alrededor de 40.000 megavatios comparados con los 1.600 megavatios que se consumen hoy día, y podrá servir en procesos de fijación del nitrógeno y del hidrógeno del aire, cuyas reservas son infinitas. Anhídrido de amonio puede ser fabricado en enormes cantidades para su empleo científico en áreas planas tales como las inmensas sabanas de los Llanos Orientales y de los Departamentos de Bolívar, Córdoba, Magdalena, Atlántico, Cesar, Sucre, Valle y Cauca. Todo esto, sin embargo, requiere fuertes inversiones de capital y una verdadera revolución en las prácticas de agricultura.

#### FERTILIZANTES FOSFATICOS

Como se expuso en otras páginas de este volumen del Boletín Geológico, los descubrimientos de capas fosfáticas en el Cretáceo Superior, a lo largo de la Cordillera Oriental desde el Departamento del Huila, en el sur, hasta inclusive Santander del Norte, sobre una distancia de 600 kms., son extremadamente alentadores. En la Fig. 1 nos proponemos presentar alguna indicación, aunque bastante preliminar, de la localización de las principales reservas. Es de observar que todavía queda mucha exploración por hacer para comprobar reservas en las áreas más favorables, y que, en muchos puntos, no se ha hecho aún la más mínima exploración. Estos últimos son afloramientos apenas descubiertos en cortes de carretera. Es de anotar también que casi toda la exploración hecha hasta la fecha ha sido practicada a lo largo de carreteras, en ciertos tramos de corte. Teniendo en cuenta el número y frecuencia de los hallazgos así hechos, ¿cuántos quedarán por descubrir donde no hay cortes en las carreteras y, sobre todo, en las inmensas áreas donde no existen ni siquiera caminos de herradura? Obviamente, serán necesarios muchos geólogo-años de intenso estudio para obtener un concepto completo y preciso sobre las reservas nacionales de fosfatos.

Mientras tanto, sin embargo, las reservas indicadas hasta la fecha permiten y estimulan la planificación de su desarrollo y su uso en un futuro inmediato, aunque podríamos hacerlo con más precisión y libertad de errores si tuviéramos a la mano los resultados de una exploración intensa. Siendo esta la situación, debemos proseguir en su exploración a marchas forzadas para reducir errores de planificación al mínimo posible.

Solo en unos pocos casos el tenor del mineral fosfático es de suficiente nivel (30 por ciento  $P_2O_5$  o más) y se puede procesar directamente por los métodos normales. La mayoría de hallazgos hasta el momento varía entre 10 y 25 por ciento  $P_2O_5$ . Aunque

estos materiales pueden usarse por aplicación directa en las cercanías de los yacimientos, el costo de transporte del mineral bruto de bajo tenor, a largas distancias, es demasiado alto para permitir que llegue al agricultor a un precio económico. Estos yacimientos requerirán un proceso para su beneficio, probablemente trituración, tamizado, lavado y flotación.

#### FERTILIZANTES DE POTASIO

Hasta ahora no se han encontrado importantes fuentes de potasio en Colombia. Las salinas de Zipaquirá, Nemocón, Restrepo y otras no han revelado importantes asociaciones de esta sal como en otras partes del mundo. Todavía hay que investigar las salmueras restantes (“bitterns”) que se desperdician en la producción de sal solar a lo largo de las costas. A veces estas contienen importantes cantidades de potasio como en el Brasil. También otras posibles fuentes de potasio para investigar, serían: esquistos ricos en biotita, glauconita y arcillas potásicas.

#### RECURSOS DE AZUFRE

Para la producción de superfosfatos se necesitan grandes cantidades de azufre, sea elemental o de sulfuros de metales. Desafortunadamente el único yacimiento de azufre explotado en el país hasta ahora es el del Volcán del Puracé, cuyas reservas son relativamente limitadas. Faltando fundiciones de metales no ferrosos, tampoco existen fuentes de esta naturaleza. Los petróleos colombianos, además, son de bajo contenido en azufre. Obviamente, esta situación requiere el examen detenido de todas las posibilidades productoras de azufre en el país.

En vista del enorme aumento de consumo de azufre en todo el mundo, y su escasez general, es urgente un estudio para abrir nuevas fuentes de azufre, sea de diapiros de sales, de descomposición de yeso y anhidrita, o del mejor aprovechamiento del petróleo, del gas natural, o de gases de fundiciones. La escasez de este mineral está causando un aumento de precios en el mercado mundial y, si esto continúa, las leyes económicas estimularán la búsqueda de sustitutos de menor precio.

Una posibilidad de sustitución sería el proceso de fijación de nitrógeno por fuerza hidroeléctrica formando ácido nítrico. En el proceso “Odda” el ácido nítrico se sustituye por el ácido sulfúrico y cuando se añade a roca fosfórica se forma ácido fosfórico. A este último se puede añadir nitrato de amonio, formando un fertilizante duplo de nitrógeno y fósforo (4). Cualquier país que



podiera producir fuerza a bajísimo costo sería un candidato para esta industria interesante.

Finalmente existe la posibilidad de tratar roca fosfórica con ácido clorhídrico según informe (5) sobre una nueva planta en Israel.

#### TRANSPORTE

Debido al alto costo del transporte, especialmente en un área tan montañosa como es Colombia, es necesario poner mucha atención a este factor limitante. El costo del transporte puede llegar a ser un “cuello de botella” que dificultará generalizar el uso de fertilizantes. Es con este problema en mente como hemos sugerido la posible conducción de grandes cantidades de material por tubería para bajar su costo, de igual manera que se está transportando carbón triturado y pulverizado en los Estados Unidos. La técnica moderna posee todos los elementos necesarios para hacer esto factible.

Si tales instalaciones se diseñaran para la conducción de múltiples materiales, se incrementaría su utilidad y mejoraría el aspecto económico.

El transporte por tubería de múltiples usos, desde los yacimientos de fosfato hasta ríos navegables, se facilitaría grandemente por una serie de circunstancias favorables: 1) La mayoría de los yacimientos se encuentran en alturas de unos 1.000 a 2.800 m. sobre el nivel del mar; 2) Las líneas de tuberías pueden colocarse a lo largo de importantes ríos, siguiendo así sus gradientes y evitando el bombeo; 3) En varias regiones el carbón y la caliza se encuentran cerca a los fosfatos y dichos materiales serían también de alta utilidad en su desarrollo, especialmente en los Llanos Orientales; 4) Carbón, caliza y fosfato son de baja gravedad específica y dureza, permitiendo así su conducción por tubería por tener especificaciones semejantes; 5) Esta misma tubería podría servir para líquidos y flúidos (p. e. derivados del petróleo, sales en solución y posiblemente anhídrido de amonio); 6) Siendo múltiples sus posibilidades de uso, se distribuiría la inversión de capital entre varios productos transportables y el costo de operaciones entre tales productos; 7) Siendo estática, la tubería podría funcionar permanentemente sin referencia a factores externos tales como tiempo, horas trabajables, días de descanso y festivos, etc., etc.

Una vez puestos a la orilla de aguas navegables, los materiales pueden ser transportados a largas distancias por este medio de bajo costo. Así, la combinación del uso de tubería y transporte por ríos navegables permite la distribución de los fertilizantes so-

bre grandes regiones a un costo quizá mínimo y dentro de los límites exigidos por la agricultura.

#### AUMENTO INDICADO DE CONSUMO DE FERTILIZANTES

Teniendo en cuenta el crecimiento demográfico, la urgente necesidad de elevar y mejorar los niveles de nutrición, indispensables para mejorar el ambiente socio-económico del pueblo, y el fuerte aumento de la producción, necesario para permitir la exportación de excedentes agrícolas, vemos la innegable necesidad de aplicar todas las técnicas disponibles para aumentar la producción agrícola, en cuantía siempre creciente, para que contribuya a proporcionar las divisas requeridas por una economía en expansión.

El consumo actual (1965) de fertilizantes está reportado (2) en unidades elementales, como sigue:

Fósforo (toneladas de $P_2O_5$ ) . . . . .	33.722
Nitrógeno (toneladas de $N_2$ ) . . . . .	29.301
Potasio (toneladas de $K_2O$ ) . . . . .	21.767

Para las 3.500.000 hectáreas estimadas en cultivo (1), y suponiendo que solamente el 50% de esta área esté en circunstancias físicas y económicas para el empleo de fertilizantes, el país debería estar consumiendo fertilizantes, como mínimo, en las siguientes proporciones:

Fósforo (toneladas de $P_2O_5$ ) . . . . .	140.000
Nitrógeno (toneladas de $N_2$ ) . . . . .	87.500
Potasio (toneladas de $K_2O$ ) . . . . .	70.000

Haynes (1966) ha calculado que, con el crecimiento demográfico actual, el área total necesaria para sostener la población en 1978 —de aquí a 11 años— tendría que ser más o menos de 6.162.000 hectáreas, o sea un aumento del 173% del área actual. Ya que las áreas actuales en cultivo, probablemente, representan las mejores disponibles, estas nuevas áreas, sin duda, serían de carácter marginal, requiriendo abonos en mayores cantidades, quizás cerca al máximo sugerido por Haynes, de 80-100-50 kgs. de NPK por hectárea. Otra vez suponiendo que solo el 50% de estas nuevas áreas estuvieran en condiciones de utilizar fertilizantes, el consumo anual adicional entonces sería del orden de:

Fósforo (toneladas de $P_2O_5$ ) . . . . .	133.100
Nitrógeno (toneladas de $N_2$ ) . . . . .	106.000
Potasio (toneladas de $K_2O$ ) . . . . .	66.500

Hasta ahora hemos tratado únicamente el uso de fertilizantes en tierras de cultivo. Restan las áreas de pastos, particularmente para la industria pecuaria. Esta industria tiene particular importancia en relación con los productos lácteos y para el suministro de proteínas a la población en expansión. Haynes opina que unos 17 millones de hectáreas están siendo usadas en la actualidad con este fin. La mayor parte de esta área es de pastos naturales po-brísimos, de muy bajo rendimiento. Lo cierto es que, si se espera un aumento substancial de producción de acuerdo con el crecimiento demográfico, las mejores y más convenientes áreas tendrán que entrar en cultivo artificial para que puedan alimentar más cabezas por unidad de tierra, especialmente si el país continúa aumentando la exportación de carnes.

Suponiendo que solamente el 20% de estas áreas entrara en cultivo en los próximos 11 años, el consumo anual de fertilizantes, con base mínima de 50-80-40 kgs. de NPK por hectárea, ascendería a lo siguiente:

Fósforo (toneladas de $P_2O_5$ )	... ..	272.000
Nitrógeno (toneladas de $N_2$ )	... ..	170.000
Potasio (toneladas de $K_2O$ )	.... ..	136.000

El total indicado de consumo anual, dentro de 11 años, en terrenos actualmente en cultivo, en nuevas tierras para entrar en cultivo, y en áreas de pastos para ser cultivados en ese entonces, ha de ser del orden de:

Fosfatos (toneladas de $P_2O_5$ )	... ..	545.000
Nitrógeno (toneladas de $N_2$ )	... ..	364.000
Potasio (toneladas de $K_2O$ )	.... ..	272.000

Durante los 33 años que faltan para llegar al fin del siglo, el aumento podría alcanzar 3 veces estas cifras.

Un medio millón de toneladas de  $P_2O_5$  correspondería a 1.65 millones de mineral de fosforita de 30%  $P_2O_5$  o de concentrados de igual tenor. En el último caso, siempre ocurren pérdidas metalúrgicas fuertes, según su composición mineralógica y sus propiedades físicas. Como muchos yacimientos colombianos son de un tenor de 10 a 25%  $P_2O_5$ , la producción bruta de mineral entonces ascendería a varios millones de toneladas anuales para alcanzar digamos, la meta de 0.5 millones de toneladas de  $P_2O_5$ . Esto implica entonces una industria de categoría respetable.

No discutimos la cuestión de elaboración de abonos nitrogenados, pero es evidente que ésta también tendría que ser otra industria de mayor envergadura.

De lo conocido hasta ahora, el potasio tendrá que ser importado, requiriendo fuertes divisas extranjeras, ojalá derivadas de la exportación de excedentes así creados.

#### PROGRAMA INDICADO

Lo anteriormente analizado conduce a un programa integrado de desarrollo que consiste en:

- 1) La exploración intensiva de todos los recursos necesarios para el desarrollo de fertilizantes, para llegar a una escala mínima de consumo de 1 millón de toneladas anuales en la primera década y hasta 3-4 millones de toneladas anuales de aquí a 3 décadas.
- 2) El estudio y desarrollo de plantas necesarias y aun de plantas substitutas, para la conversión de materiales crudos a materiales satisfactoriamente utilizables en los suelos colombianos.
- 3) El estudio de los suelos colombianos, especialmente en la práctica de aplicación directa de fosfato en aquellas nuevas áreas por abrirse. En el momento no tenemos datos de si el mineral de fosfato aplicado directamente producirá resultados satisfactorios o no. En caso negativo, sería necesario pensar en plantas para su conversión a químicos más utilizables.
- 4) El estudio de vías de transporte y su desarrollo con el objeto de reducir los costos de transporte, en planos regionales tanto como en planos locales.
- 5) El estudio del programa de financiación que todo esto implica.
- 6) La educación y preparación de los agricultores para el uso de fertilizantes sobre bases económicamente justificables.

#### B I B L I O G R A F I A

- (1) HAYNES, JAMES L., *Agricultural Development in Colombia, Sector Analysis and Program Recommendations*, US Agency for International Development, pp. 1-128, 1966.
- (2) CEPAL/FAO, *National Fertilizer Supply Situation*, 1966.
- (3) HARRINGTON, J. F., WARD, D. E., and MCKELVEY, V. E., *Sources of Fertilizer in South America — A Preliminary study*, U.S. Geological Survey, Bull. 1240, pp. 1-66, 1966.
- (4) YOUNG, R. D., *Production of multi-nutrient fertilizers*, Seminar for Latin American Executives, Muscle Shoals, Alabama, 1967.
- (5) U. S. Bureau of Mines, *Mineral Trade Notes*, V. 64, N° 10, p. 25, 1967.

## BOLETIN GEOLOGICO

### CONTENIDO DE LOS VOLUMENES ANTERIORES

Año I, 1953. — Volumen I.

*Número 1. Enero.\**

HUBACH, ENRIQUE. — Yacimientos de mineral de hierro, de carbón y de caliza en Colombia, como base de la industria siderúrgica.

BUENO, JESÚS A. — Informe sobre algunos yacimientos calcáreos de posible aplicación para producir cal agrícola, para el Departamento de Nariño.

*Número 2. Febrero.*

SUESCÚN, DARÍO. — Contribución al conocimiento de la Geología Económica del Tolima.

*Número 3. Marzo.*

HUBACH, ENRIQUE. — Estado actual de la exploración de fosfatos en Colombia.

SARMIENTO SOTO, ROBERTO. — Fosfatos en el Páramo de Pisba. Municipio de Socotá, Departamento de Boyacá.

SUÁREZ, VICENTE. — Comisión Geológica de la Guajira (fosfatos).

SARMIENTO ALARCÓN, ALBERTO. — Comisión a la isla de Malpelo.

SARMIENTO ALARCÓN, ALBERTO. — Fosfatos en los ríos Catatumbo y Orú.

HUBACH, ENRIQUE. — Informe de las labores del Servicio Geológico en el mes de febrero de 1953.

*Número 4. Abril.*

WOKITTEL, ROBERTO y LÓPEZ, JAIME. — Estudios mineros y geológicos del Guavio y de los Farallones de Medina, Cundinamarca.

NELSON, HANS WOLFGANG. — Estudio petrográfico de cinco rocas provenientes de las cabeceras del río Humea Chico.

HUBACH, ENRIQUE. — Labores del Servicio Geológico Nacional en marzo de 1953.

*Número 5. Mayo.*

HUBACH, ENRIQUE. — Carbón del Páramo del Almorzadero y carbón y fuentes de agua-sal de Molagavita en el Departamento de Santander.

WOKITTEL, ROBERTO. — Aspectos del yacimiento de caliza en la Hoya del Cobre, Páramo de Sumapaz, al sur de Bogotá.

HUBACH, ENRIQUE. — El yacimiento de cinabrio de "La Esperanza". Municipio de Salamina, Departamento de Caldas.

- BUENO, JESÚS A. — La region metalífera de San Joaquín, Municipio de Mercaderes, Departamento del Cauca.  
 HUBACH, ENRIQUE. — Labores del Instituto Geológico Nacional en el mes de abril de 1953.

*Números 6, 7. Junio y julio.*

- DIEZEMANN, WOLFGANG y LÓPEZ, JAIME. — Consideraciones sobre la hidrogeología oficial.  
 DIEZEMANN, WOLFGANG. — Abastecimiento de agua para el Municipio de Chía.  
 DIEZEMANN, WOLFGANG. — El problema de agua potable para la urbanización nueva en la isla del Morro, Municipio de Tumaco, Departamento de Nariño.  
 DIEZEMANN, WOLFGANG. — El posible abastecimiento de Tumaco y de la urbanización nueva, en la isla del Morro con agua de dunas y de lluvias.  
 DIEZEMANN, WOLFGANG. — Posibilidades geohidrológicas para la construcción de un acueducto de aguas subterráneas en Sincelejo, y algunas observaciones en Corozal y Tolú, Departamento de Bolívar.  
 MONTENEGRO, BRAULIO C. — Estudio sobre algunas aguas minerales de Nariño.  
 BUENO, JESÚS A. — Labores del Instituto Geológico Nacional en el mes de mayo de 1953.

*Números 8, 9 y 10. Agosto, septiembre, octubre.*

- VAN DER HAMMEN, THOMAS. — Informe preliminar sobre los yacimientos de carbón de Quinchía-Río Sucio, Departamento de Caldas.  
 SARMIENTO, ALBERTO. — Comisión para localizar caliza en el Departamento del Cauca.  
 SANDOVAL, JOSÉ. — Yacimientos de diatomita en el Valle del Cauca.

*Números 11 y 12. Noviembre - diciembre.*

- SARMIENTO, ALBERTO y ARCE, MARINO. — Estudio de carbón en la región del Bajo Cauca.  
 SARMIENTO, ALBERTO y SANDOVAL, JOSÉ. — Comisión Geológica de San Andrés y Providencia.  
 SARMIENTO, ALBERTO. — Prospección de yacimientos de cobre, plomo y zinc. (Departamento del Tolima).

*Año II, 1954. — Volumen II.*

- BÜRGL, HANS. — El Cretáceo Inferior en los alrededores de Villa de Leiva, Boyacá.  
 BÜRGL, HANS y DUMIT, YOLANDA. — El Cretáceo Superior en la Región de Girardot.  
 VAN DER HAMMEN, THOMAS. — El desarrollo de la flora colombiana en los periodos geológicos. 1. Maestrichtiano hasta Terciario más Inferior (una investigación palinológica de la Formación Guaduas y equivalentes).  
 SALAS, GUILLERMO P. — Fotogeología y su aplicación a la exploración petrolera (tomado del "Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros". Volumen VI, números 1-2).

*Número 2. Mayo - septiembre.*

VAN DER HAMMEN, THOMAS. — Principios para la nomenclatura palinológica sistemática.

Año 1955. — Volumen III.

*Número 1. Junio.\**

BÜRGL, HANS, BARRIOS M., MARGOTH y RÖSTROM, A. M. — Micropaleontología y estratigrafía de la sección Arroyo Saco, Departamento del Atlántico.

*Número 2. Septiembre.*

BÜRGL, HANS. — El anticlinal de Apulo.

BÜRGL, HANS. — La Formación Guadalupe entre Tabio y Chía en la Sabana de Bogotá.

BÜRGL, HANS. — Globorotalia fohsi en la Formación de Usme.

*Número 3. Diciembre.*

BUENO, JESÚS A. — Yacimientos de uranio y otros metales en la región de La Baja, Municipio de California, Departamento de Santander.

## A N E X O 1

NELSON, WOLFGANG H. — Examen petrográfico de las muestras radioactivas procedentes de California, La Baja, Santander.

## A N E X O 2

ATOMIC ENERGY COMMISSION OF U.S.A. — Estudios mineralógicos realizados en los laboratorios de la "Atomic Energy Commission de Estados Unidos", sobre muestras uraníferas de la región de La Baja, Santander.

## A N E X O 3

BUENO, JESÚS A. — Estudios preliminares de tratamiento del mineral uranoargentífero de San Celestino.

Año 1956. — Volumen IV.

*Número 1. Abril.*

BÜRGL, HANS. — Catálogo de las amonitas de Colombia. Parte I, Pulchellidae.

*Números 2 - 3. Agosto, diciembre.*

BÜRGL, HANS. — La variabilidad de la amonita Dufrenoya Texana Burckhardt.

VAN DER HAMMEN, THOMAS. — Nomenclatura palinológica sistemática. A palynological systematic nomenclature.

VAN DER HAMMEN, THOMAS. — Descripción de algunos géneros y especies de polen y esporas fósiles.

Description of some genera and species of fossil pollen and spores.



## Año 1957. — Volumen V.

*Número 1. Enero - abril.*

- LÓPEZ CASAS, JAIME. — Resultados prácticos de los trabajos de la Sección de Hidrogeología del Instituto Geológico Nacional en tres años de labores.
- LÓPEZ, JAIME. — Bibliografía de los estudios referentes a aguas subterráneas, que pueden ser consultados en el Instituto Geológico Nacional.
- DELGADO, CARLOS I. — Química de las aguas subterráneas y su importancia desde el punto de vista de potabilidad e higiene.
- LÓPEZ, JAIME. — El ensayo de bombeo en las captaciones de agua subterránea.
- DIEZEMANN, WOLFGANG y DELGADO, CARLOS I. — Aprovechamiento del depósito de agua subterránea dulce en la isla de San Andrés.
- DELGADO, CARLOS I. — Calidad del agua en el acueducto de "El Centro". Barrancabermeja, Departamento de Santander.
- DELGADO, CARLOS I. — Calidad del agua en el acueducto de San Antonio de California, Departamento de Santander.

*Número 2. Mayo - agosto.*

- VAN DER HAMMEN, THOMAS. — Periodicidad climática y evolución de floras suramericanas del Maestrichtiano y del Terciario.  
Climatic Periodicity and evolution of South American Maestrichtian and Tertiary Floras.
- HUBACH, ENRIQUE. — Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores.
- BÜRGL, HANS. — Biostratigrafía de la Sabana de Bogotá y sus alrededores.
- VAN DER HAMMEN, THOMAS. — Estratigrafía palinológica de la Sabana de Bogotá. (Cordillera Oriental de Colombia).

*Número 3. Septiembre - diciembre.*

- WOKITTEL, ROBERTO. — Problemas de la Geología Económica de Colombia.
- WOKITTEL, ROBERTO. — Bosquejo geográfico y geológico de la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía de Perijá.
- WOKITTEL, ROBERTO. — La formación cuprífera de la Serranía de Perijá. (Intendencia de la Guajira y Departamento del Magdalena).

## Año 1958. — Volumen VI.

*Números 1 - 3. Enero - diciembre.*

- PABA, FERNANDO y VAN DER HAMMEN, THOMAS. — Sobre la geología de la parte sur de La Macarena.
- MANJARRÉS, GILBERTO. — Calizas en el Departamento del Cauca.
- MANJARRÉS, GILBERTO. — Minerales de hierro en Cerros Chancos, Municipio de Dagua, Departamento del Valle del Cauca.
- VAN DER HAMMEN, THOMAS. — Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano continental, y tectogénesis de los Andes colombianos.
- BÜRGL, HANS. — Geología de la Península de la Guajira.
- BÜRGL, HANS. — El Jurásico e Infracretáceo del río Batá, Departamento de Boyacá.
- BARRIOS M., MARGOTH. — Algunos moluscos del Terciario Medio de Colombia.



## Año 1959. — Volumen VII.

*Números 1 - 3. Enero - diciembre.*

- BÜRGL, HANS. — Contribución a la estratigrafía y litogénesis de la isla de San Andrés.
- DE LA ESPRIELLA, RICARDO. — Investigaciones sobre caliza al oriente de la Sabana de Bogotá.
- RESTREPO, HERNÁN. — Reconocimiento de las minas de esmeraldas de Muzo, Departamento de Boyacá.
- BÜRGL, HANS. — Sedimentación cíclica en el Geosinclinal Cretáceo de la Cordillera Oriental de Colombia.
- WOKITTEL, ROBERTO. — Geología económica del Chocó. Bibliografía geológica-minera del Chocó.
- LÓPEZ, JAIME. — Estudio hidrogeológico preliminar del norte del Departamento del Huila, con sugerencias para estudios definitivos.
- VAN DER HAMMEN, THOMAS. — Deposición reciente de polen atmosférico en la Sabana de Bogotá y alrededores.
- RESTREPO, HERNÁN. — Mina de carbón "La Vieja", Municipio de Zipaquirá, Departamento de Cundinamarca.

## Año 1960. — Volumen VIII.

*Números 1 - 3. Enero - diciembre.*

- RADELLI, L. — El basamento cristalino de la Península de la Guajira (con cinco figuras).
- RAASVELDT, H. C. — Conglomerados, transgresiones, regresiones, hiatos y facies en relación con sollevamientos tectónicos (con veintiuna figuras).
- SOLÉ DE PORTA, N. — Contribución a la palinología del Terciario del norte de Colombia (con cinco planchas y sesenta y una figuras).
- LANGENHEIM, JEAN H. — Late paleozoic and early mesozoic plant fossils from the Cordillera Oriental of Colombia and correlation of the Girón Formation (con cinco planchas y treinta y seis figuras).
- RESTREPO A., HERNÁN. — Reconocimiento geológico de la región Boavita-La Uvita, Departamento de Boyacá (con dos fotografías, cuatro planchas y siete esquemas).
- SARMIENTO ALARCÓN, ALBERTO. — Estudio experimental de abrasión en guijarros (con veintisiete figuras).

## Año 1961. — Volumen IX.

*Números 1 - 3. Enero - diciembre.**Notas científicas:*

- RADELLI, L. — Epocas magmáticas y metalogenéticas en los Andes colombianos: Un cuadro preliminar.

*Estudios geológicos:*

- UJUETA LOZANO, GUILLERMO. — Geología del noreste de Bogotá (con un mapa índice, siete fotografías, siete láminas y cinco figuras).
- LÓPEZ CASAS, JAIME. — Informe preliminar sobre irrigación con agua subterránea, del Municipio de Codazzi, Departamento del Magdalena (con dos mapas y tres dibujos).

- NELSON, H. WOLFGANG. — Observaciones geológicas y estudio petrográfico sobre 54 muestras colectadas por el doctor Laureano Rincón, en el Departamento de Nariño, en la vía Tambo, Peñol, Policarpa (con siete fotografías).
- MORER, JEAN JACQUES y NICHOLLS V., EDUARDO. — Calizas de la región de Cartagena (con cuatro planchas).
- MORER, J. J. y NICHOLLS V., E. — Levantamiento geológico de la carretera Riohacha-Puente Bomba-Río Ancho (con un gráfico).
- RESTREPO A., HERNÁN. — Informe geológico del páramo al este de Bogotá (con un mapa índice y tres planchas).
- RESTREPO A., HERNÁN. — Algunas calizas del Departamento del Tolima para la obtención de cal agrícola (con un mapa índice y tres planchas).

Año 1962. — Volumen X.

*Números 1 - 3. Enero - diciembre.*

- RAASVELDT, H. C. — Investigación de la visión estereoscópica. (Con veintiuna figuras).
- RENZONI, GIANCARLO. — Apuntes acerca de la litología y tectónica de la zona al este y sureste de Bogotá. (Con una plancha).
- NELSON, H. WOLFGANG. — Contribución al conocimiento de la Cordillera Occidental. Sección carretera Cali-Buenaventura. (Con doce fotos).
- MEGYESI, IMRE. — Estudios sobre los depósitos de azufre en la mina de "El Vinagre", Puracé. (Con cuatro fotos, tres figuras y cinco mapas).
- NELSON, H. WOLFGANG. — Contribución al conocimiento de la Cordillera Central de Colombia. Sección entre Ibagué y Armenia. (Con tres figuras y doce fotos).
- ARCE HERRERA, MARINO. — Estudio sobre la erosión en el Cerro de la Popa, Cartagena. (Con dos planchas).
- MORER, JEAN JACQUES, y NICHOLLS V., EDUARDO. — Informe de la mina "El Socorro", Mercurio, Municipio de Aguadas, Departamento de Caldas.

Año 1963. — Volumen XI.

*Números 1 - 3. Enero - diciembre.*

*Notas científicas:*

- SOLÉ DE PORTA, N. — Asociación esporo-polínica hallada en una serie perteneciente a la formación La Cira del Valle del Magdalena (Colombia).

*Estudios geológicos:*

- CARTER, HAROLD; TENJO, SIGIFREDO, y TORRES, EDILBERTO. — Compilación de los estudios sobre arcillas en la Sabana de Bogotá.
- DE PORTA, JAIME. — Observaciones sobre las calizas de Toluviejo.
- CHAMPETIER DE RIBES, G.; PAGNACCO, P.; RADELLI, L. y WEECKSTEEN, G. — Geología y mineralizaciones cupríferas de la Serranía de Perijá, entre Becerril y Villanueva (Departamento del Magdalena, Intendencia de la Guajira).
- VAN DER HAMMEN, T., y GONZÁLEZ, E. — Historia de clima y vegetación del Pleistoceno Superior y del Holoceno de la Sabana de Bogotá.
- JIMENO V., ANDRÉS y YEPES, JAIME. — Estudio de las reservas yesíferas de la región de los Santos-Batán-Villanueva.

## Año 1964. — Volumen XII.

*Números 1 - 3. Enero - diciembre.*

- BÜRGL, HANS. — El "Jura-Triásico" de Colombia.  
VAN DER HAMMEN, T., y GARCÍA DE MUTIS, CECILIA. — La flora del polen del Paleoceno de Colombia.  
UJUETA LOZANO, GUILLERMO. — Geología y posibilidades económicas de depósitos calcáreos al oeste de San Martín (Meta), entre los ríos Cumaral y La Cal.

## Año 1965. — Volumen XIII.

*Números 1 - 3. Enero - diciembre.*

- MOLINA ECHAVARRÍA, ELKIN. — El Cretácico Carbonífero al norte de la Sabana de Bogotá.  
MOLINA ECHAVARRÍA, ELKIN. — Las cuencas carboníferas de Boyacá y Cundinamarca (Guaduas - Tocaima).

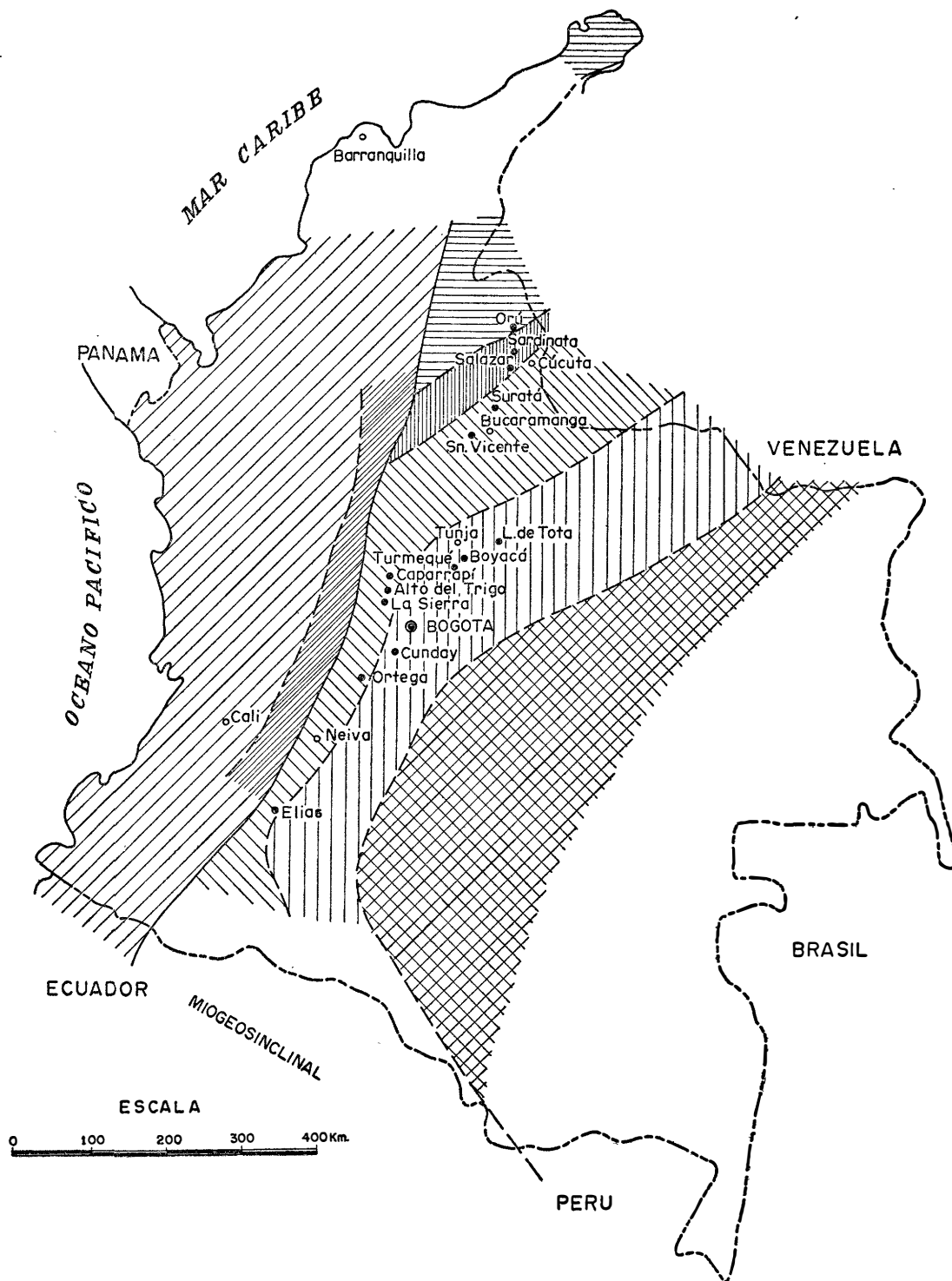
## Año 1966. — Volumen XIV.

*Números 1 - 3. Enero - diciembre.*

- SUESCÚN G., DARÍO et al. — Estudio de las Arcillas Industriales de la Zona Central de Antioquia.  
ELLWANGEN, REINALDO. — Informe sobre los Ensayos de Arcillas hechos en el laboratorio de la Facultad de Minas.

---

\* Volúmenes agotados.



### LEYENDA

#### ELEMENTOS PALEOGEOGRAFICOS Y TECTONICOS



Eugeosinclinal

(Según Campbell, 1965)



Area positiva o de levantamiento

(Modificado de Campbell, 1965)



"Foreland" o Craton del miogeosinclinal

(Según Weeks, 1947)

#### LITOFACIES ADENTRO EL MIOGEO SINCLINAL



Arena o clásticos



Caliza-chert-arcillanegra



Sub-facies de fosforita



Escudo o mar epicontinental

(Según Bürgli, 1961)



Ocurrencias de fosforita

FIGURA 4 : MAPA PALEOGEOGRAFICO AL FINALIZAR EL CRETACICO QUE MUESTRA LA RELACION DE LA PRESENCIA DE FOSFATO A LA FACIES EN EL MIOGEO SINCLINAL.

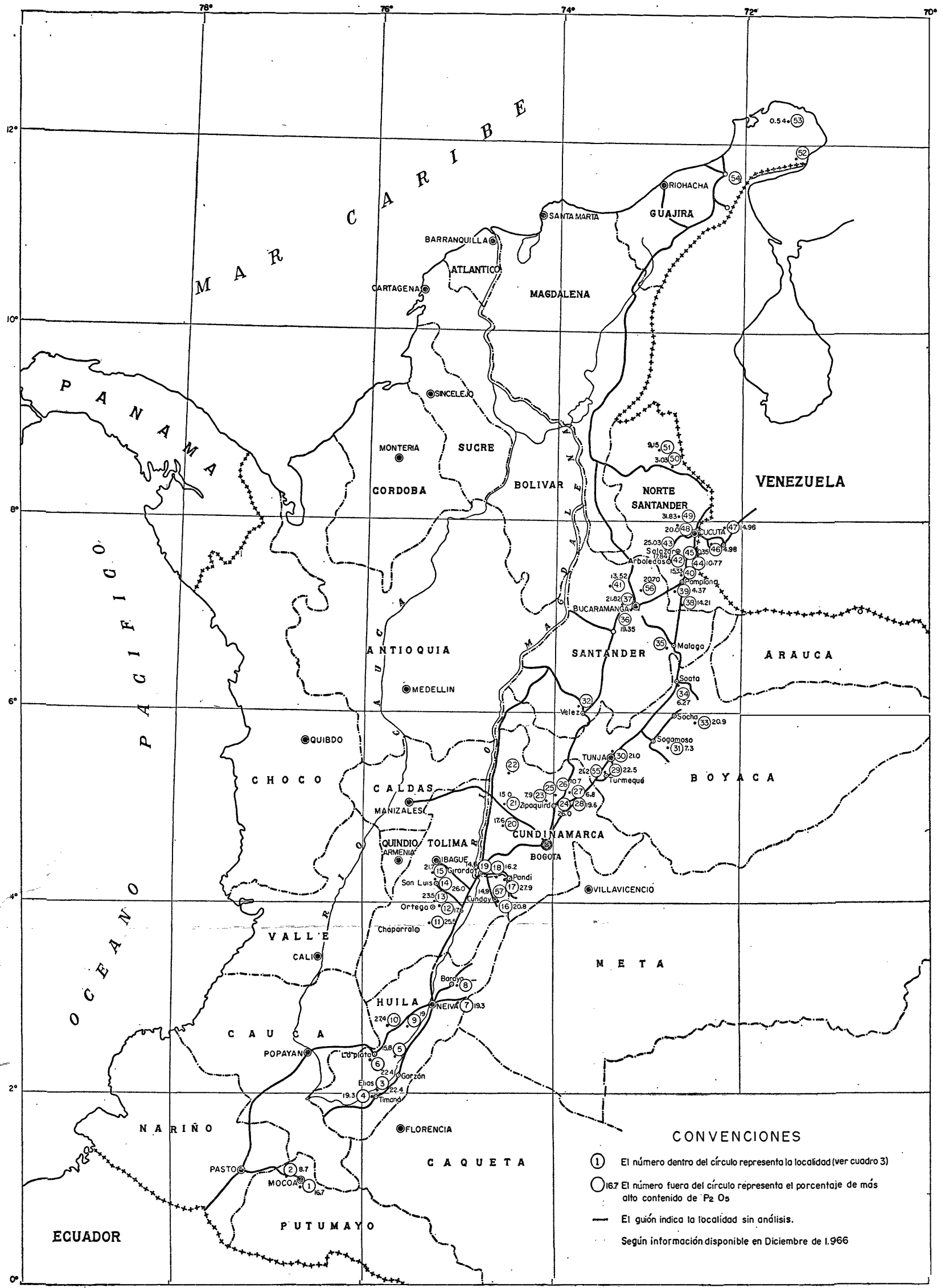
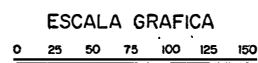


Fig. 5: LOCALIZACION DE LOS AFLORAMIENTOS DE FOSFATO



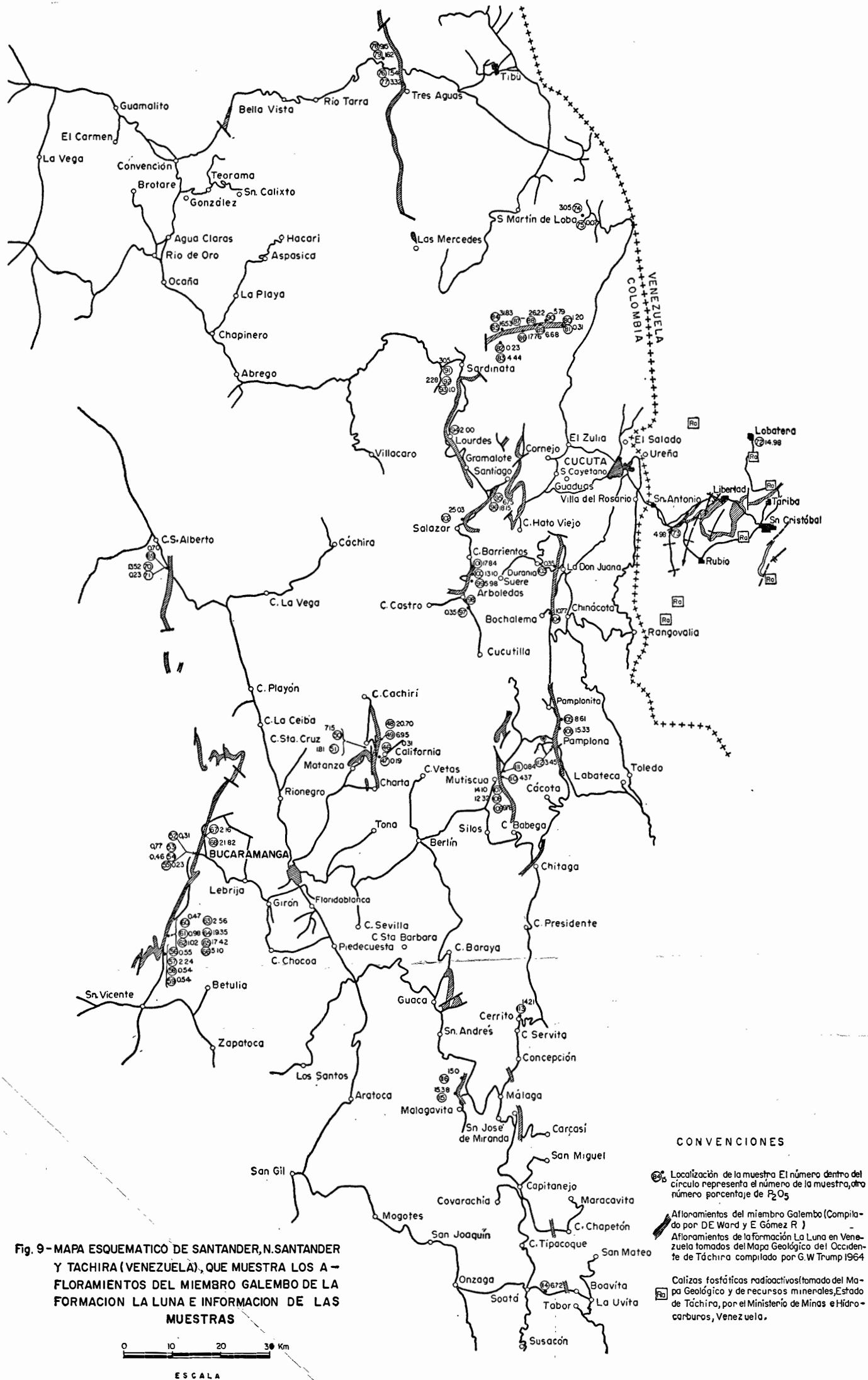






Fig. 9 - MAPA ESQUEMATICO DE SANTANDER, N. SANTANDER Y TACHIRA (VENEZUELA), QUE MUESTRA LOS AFLORAMIENTOS DEL MIEMBRO GALEMBO DE LA FORMACION LA LUNA E INFORMACION DE LAS MUESTRAS

CONVENCIONES

-  Localización de la muestra El número dentro del círculo representa el número de la muestra, otro número porcentaje de  $P_2O_5$
-  Afioramientos del miembro Galembó (Compilado por DE Ward y E. Gómez R.)
-  Afioramientos de la formación La Luna en Venezuela tomados del Mapa Geológico del Occidente de Táchira compilado por G.W Trump 1964
-  Calizas fosfáticas radioactivas (tomado del Mapa Geológico y de recursos minerales, Estado de Táchira, por el Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Venezuela.

0 10 20 30 Km  
ESCALA

