

REPUBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS.
SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
LABORATORIO NACIONAL DE FOMENTO MINERO DE PASTO.

INFORME SOBRE ALGUNOS YACIMIENTOS
CALCAREOS DE POSIBLE APLICACION PARA PRODU-
CIR CAL AGRICOLA PARA EL DEPARTAMENTO DE -
N A R I Ñ O.

822

JESUS A. BUENO O.
INGENIERO DIRECTOR.

PASTO, ENERO DE 1.952

INFORME SOBRE ALGUNOS YACIMIENTOS CALCAREOS
DE POSIBLE APLICACION PARA PRODUCIR CAL A
GRICOLA PARA EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO.

= = = = =

INTRODUCCION.

El señor Gerente General del Instituto Nacional de Abastecimientos pidió al Servicio Geológico Nacional un informe técnico sobre las posibilidades de algunos yacimientos calcáreos de Nariño y el Putumayo para abastecer una planta de producción de cal agrícola que se proyecta instalar para el suministro de este material a los agricultores del Departamento de Nariño.

El Servicio Geológico comisionó a su dependencia en Nariño, el Laboratorio de Fomento Minero de Pasto, para realizar estos estudios.

La solicitud del Instituto de Abastecimientos se refería específicamente a los siguientes yacimientos: el de Buesaco, propiedad del señor Alfonso Moncayo; el de Chile, del señor Arquimedes Rueda, y el de Putumayo, del señor José Benjamín Jurado. Pero siguiendo instrucciones del Servicio Geológico, se estudiaron no solamente éstos sino tres más que por referencias o por conocimiento anterior se estimaron de posible aplicación para el fin propuesto.

Según las informaciones suministradas por el señor Gerente de INA en Pasto, el proyecto prevé las siguientes bases que tienen relación con el estudio solicitado:

1ª.- La planta de preparación de la cal agrícola sería instalada en la ciudad de Pasto.

2ª.- Se prevé una producción de 3000 toneladas de cal agrícola en el primer año, y de unas 5000 en los años subsiguientes.

3ª.- El costo de la planta se estima en \$ 32.000.00 - que debe ser amortizado en un período de 10 años, o sea que con base en producción anual de 5000 toneladas, debe contarse con uno o varios yacimientos que puedan suministrar un minimum de 50.000 - toneladas de caliza económicamente beneficiable.

4ª.- INA aspira a vender la cal al menor precio posible, sin afanes de lucro, pero también dentro de la seguridad natural para sus inversiones.

5ª.- Se prevé que la distribución de cal para la zona agrícola situada al sur de la ciudad de Pasto podría hacerse en sitios favorables dentro de la vía Pasto-Ipiales, o en Agencias de la Caja Agraria que existan en poblaciones intermedias de esa vía, a un precio igual al que se fije para la venta en Pasto.

6ª.- Se calcula que el costo total de la elaboración sea de \$ 5.00 por tonelada.

Aunque el estudio solicitado se refiere al aspecto puramente técnico de los yacimientos, que comprendería solamente los factores intrínsecos del mineral investigado, la cuestión económica está tan estrechamente ligada a ellos que resultaría defectuoso un juicio que prescindiera de ésta. Por tanto, en el presente estudio se ha puesto igual atención a factores tales

como el del transporte y otros, de esencialísimo interés para juzgar adecuadamente las posibilidades de los distintos yacimientos.

En la primera parte de este informe se presenta una descripción de cada uno de los yacimientos investigados, con información sobre su magnitud, calidad del mineral, medios de comunicación con Pasto y un cómputo o una apreciación general sobre el costo de producción de la cal agrícola. Desde luego, los resultados sobre calidad y cantidad de mineral aprovechable tienen un grado de exactitud conforme con las exigencias del estudio solicitado, o sea que siendo suficientemente aceptables para el presente caso, pueden no serlo para otras investigaciones de más riguroso tecnicismo.

Con base en esos resultados, se hace en la segunda parte un estudio comparativo de los distintos yacimientos, a fin de deducir las posibilidades más favorables para la realización del proyecto en cuestión.

10/10

I.- ESTUDIO INDIVIDUAL DE LOS YACIMIENTOS CALCAREOS.

1.- YACIMIENTO DE EL NARANJAL, Municipio de Buesaco.

Situación y vías de comunicación.

Este yacimiento está situado en el Municipio de Buesaco (Nariño), en la hacienda de El Naranjal de propiedad del señor Alfonso Moncayo, en la vertiente oriental de la hoya del río Ijagúí, a una altitud de 19 50 metros sobre el nivel del mar.

Los medios actuales de comunicación con Pasto son los siguientes:

Sector	Clase de vía	Km.
Pasto-Puente Ijagúí	Carretera Pasto-Popayán	47
Puente Ijagúí- casa hacienda	Carreteable que necesita mejoras para tráfico permanente.	3
Casa hacienda -- Yacimiento.	Camino que podría arreglarse a bajo costo para tráfico de vehículos automotores.	<u>0.6</u>
		50.6

Geología general.

En las partes bajas de la ladera oriental del valle del río Ijagúí aparecen las rocas metamórficas del "Conjunto Sericítico-Grafitoso de los ríos Juanambú y Mayo" de Royo, con esquists micáceos, sericíticos y grafitosos, en gran par

te cubiertos por formación de ladera que en esta región tiene amplio desarrollo por el grado de alteración y diaclasamiento de las rocas primitivas y por la aspereza del relieve.

A este basamento metamórfico se superponen en las partes medias y altas de la ladera las rocas del "Cretácico Porfirítico" de Grosse, también alteradas y diaclasadas. En el carretero que conduce al yacimiento y en la zona de éste, esta formación está constituida por porfiritas, tobas porfiríticas en parte aglomeráticas y sedimentos silicosos, principalmente areniscas de grano fino verdosas y lilitas. En el trayecto entre la casa de la hacienda y el yacimiento se ven bien las lilitas fuertemente plegadas.

Dentro de esta formación de rocas porfiríticas y de sedimentos silicosos se encuentra el yacimiento calcáreo de El Naranjal.

Descripción del yacimiento.

A poca distancia al sur de la casa de El Naranjal corre entre un valle estrecho una pequeña quebrada con rumbo general NW, en busca del río Ijagüí del que es afluente. Sobre la margen derecha de esta quebrada y prácticamente al nivel de su cauce aparece en dos localidades distantes entre sí 80 metros al banco de caliza cristalina de El Naranjal.

El afloramiento más bajo, que es el más importante y en el que ha habido trabajos esporádicos de explotación, está hoy casi totalmente vendado por un deslizamiento de las rocas sueltas de la ladera oriental del pequeño valle.- Quien visite hoy por primera vez el yacimiento, apenas encontrará en la base de la ladera y en el extremo meridional del deslizamiento sitios de exitosa amplitud donde conocer el mineral in situ.

En el lugar del deslizamiento afloraba la caliza en forma de un banco o lentejón descubierto en una longitud de unos 10 metros, con un paredón paralelo a la quebrada, de altura máxima de 11 metros. El espesor del banco, normalmente a la quebrada, a juzgar por los puntos extremos en que se puede observar la caliza, es de unos 10 metros. (Véase la figura 1).

Aguas arriba de este afloramiento, a 80 metros de distancia, una pequeña excavación ha descubierto parcialmente el banco de caliza, al nivel del cauce de la quebrada y a unos 4 metros de su orilla. El ancho total no está descubierto y apenas alcanza a verse algo más de un metro, por su costado más próximo a la quebrada. A juzgar por lo que se observa un poco más adelante, el espesor del banco en esta zona es bastante menor que en el afloramiento bajo, lo que sugiere una forma lenticular del banco. La cantidad de caliza por encima del nivel de la quebrada es mínima en esta parte alta del yacimiento, debido a que el banco se aproxima casi a la orilla sin formar ningún saliente sobre el declive normal de la ladera. (Véase la figura 2).

Entre uno y otro afloramiento el terreno es boscoso y cubierto de capa vegetal, lo que impide conocer el comportamiento del depósito en este sector.

Más allá de los dos afloramientos no se conoce ninguna manifestación de caliza. Del afloramiento inferior hacia abajo no aparece en los cortes del camino ni en el cauce de la quebrada. Arriba del afloramiento superior no se observan en las quebradas cantos rodados de caliza, ni menos caliza in situ. Tampoco la morfología del terreno acusa anomalías que pudieran atribuirse a la prolongación de la masa calcárea.

Según lo que pudo observarse en el afloramiento inferior, la masa calcárea contiene localmente interposiciones o "caballos" de

CALIZA DE "EL NARANJAL", MUNICIPIO DE BUESACO

SECCION TRANSVERSAL POR EL AFLORAMIENTO INFERIOR

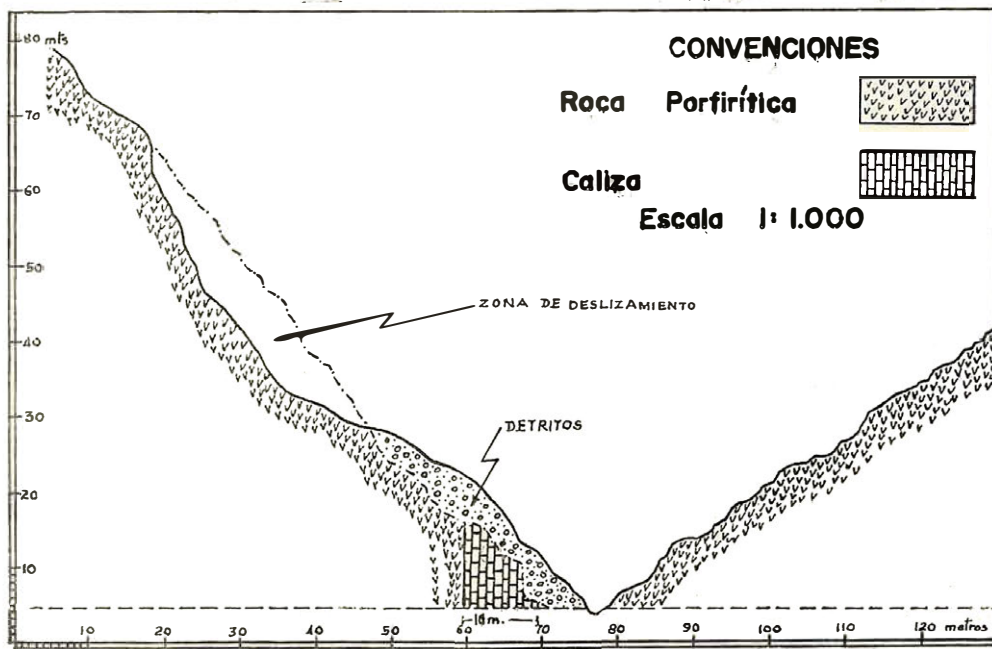


Fig. 1

SECCION TRANSVERSAL POR EL AFLORAMIENTO SUPERIOR

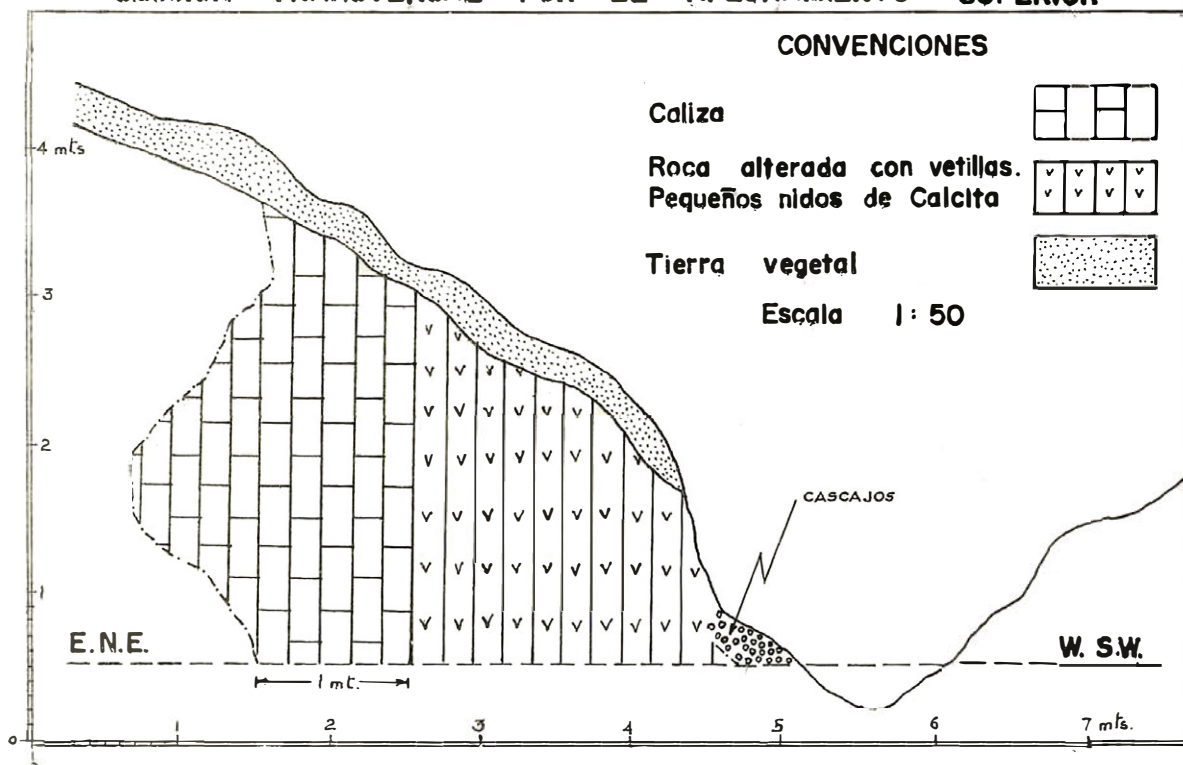


Fig. 2

la roca adyacente, observación que fué confirmada por el propietario quien dice que en algunas zonas es preciso hacer una escogencia en el material arrancado para separar la roca estéril. Tales "entrepeñas" no se observaron en el pequeño afloramiento superior.

La caliza de El Naranjal es una roca gris, dura, cristalina, es decir un mármol, con pirita en cantidad aparentemente baja y calcita en guías y masas irregulares. Está bastante fracturada lo que favorece para el arranque y la acción de los explosivos.

La explotación de esta caliza puede hacerse por labores a cielo abierto, tanto para el mineral que está por encima del nivel de la quebrada como para una parte del que ha de estar por debajo de él, aprovechando para esto último la pendiente natural de la quebrada, que permite avanzar en cortes de abajo hacia arriba. Dos factores han de obstaculizar el laboreo, principalmente en la extracción del mineral que está por debajo del nivel actual de la quebrada: la quebrada misma y las rocas sueltas de la ladera nor-oriental. La quebrada tiene un caudal muy reducido y un drenaje alto de muy corta extensión, y además hay facilidades para desviar su curso, por lo cual se considera que no sería un obstáculo grave. Más importante puede ser la escasa estabilidad de las rocas superficiales de la ladera que amenazarían con frecuentes deslizamientos como el que ya ha ocurrido sobre el afloramiento inferior.

Estimación de la capacidad del yacimiento.

Adaptando en una forma más o menos arbitraria los términos clásicos de mineral probado, probable y posible a las condiciones del yacimiento de El Naranjal, consideramos como mineral probado el que está por encima del nivel de la quebrada en una longitud igual a la comprendida entre los dos afloramientos. Como mineral probable al que está entre los mismos afloramientos, por debajo del nivel de la quebrada hasta una profundidad variable entre 15 y 30 metros. Y como mineral posible el que estuviera más allá de los dos afloramientos, sin limitar sus dimensiones, y el que resultara del hallazgo de otros bancos de caliza en la misma región.

a).- Mineral probado.- Está re-
 presentado por un bloque de
 de las siguientes dimensiones: 80 metros de largo (separación entre los dos afloramientos); 6 metros de ancho, que es un promedio aproximado de las medidas que fué posible tomar en los dos afloramientos, y 7 metros de altura sobre el nivel de la quebrada, que es también un promedio de las medidas de 11 y 3 metros tomadas en los extremos del bloque. Esto daría un volumen

$$V = 80 \times 6 \times 7 = 3.360 \text{ metros cúbicos,}$$

que con un peso específico de 2,8 para mármol serían

9.408, digamos 10.000 toneladas

de caliza probada o a la vista. (Véase la figura 3).

Como se ve, este cómputo del mineral probado se apoya en el supuesto de la continuidad del depósito a lo largo del trayecto entre los dos afloramientos. De acuerdo con la definición de Hoover, mineral probado es aquél en que prácticamente no hay riesgo de que su continuidad se interrumpa. En el presente caso no se puede descartar totalmente ese riesgo, pero no obstante adoptamos como mineral probado las 10.000 toneladas deducidas del cálculo anterior.

b).- Mineral probable.- Como se ha dicho, el mineral probable es el que se supone existente entre los dos afloramientos por debajo del nivel de la quebrada, hasta una profundidad variable entre 15 y 30 metros.

Aprovechando el declive natural de la quebrada se puede prever la posibilidad de extraer cierto volumen de mineral, existente por debajo del mineral probado, con un sistema de minería a cielo abierto.

Este volumen de mineral es el que llamamos probable y que, según se indica en la figura 3, se ha dividido en tres bloques, así:

Bloque B, que es el mineral - que podría extraerse siguiendo un corte a nivel - desde la cota de la quebrada frente al afloramiento inferior. Este bloque daría aproximadamente - 15.000 toneladas de caliza. Su extracción está subordinada principalmente al comportamiento de - las rocas sueltas superficiales de la ladera, que eventualmente podrían hacerla física o a lo menos económicamente imposible.

Bloque C, por debajo del anterior y que comprende el mineral que podría extraer - se a continuación, mediante un corte iniciado 20 - metros abajo del afloramiento inferior, con el que se lograría una "cuelga" de 7 metros verticales. - Este bloque daría algo más de 9.000 toneladas, pero su extracción estaría más afectada por las difi - cultades a que hemos aludido respecto del bloque - B, puesto que la profundidad del corte a la altura del afloramiento superior alcanzaría ya a 30 metros. Finalmente el

Bloque D, que podría explotarse en seguida por medio de un corte iniciado 40 metros abajo del afloramiento inferior. Teniendo en cuenta las dificultades de sostener cortes profundos, se ha fijado como límite una profundidad de - 30 metros, de tal manera que este último bloque, - en lugar de seguir una base a nivel, avanzaría con una pendiente ascendente hasta coincidir a la altura del afloramiento superior con la base del bloque C. En estas condiciones, su rendimiento sería solamente de algo más de 5000 toneladas. La extracción del bloque D exigiría un avance inicial por roca - estéril, y naturalmente sus posibilidades de aprovechamiento son aún menores que las del bloque C.

Según lo indica la figura 3, - el desnivel de la quebrada todavía permitiría nuevos cortes, pero es indudable que hay un límite, - impuesto por las condiciones físicas y económicas de la explotación, que no puede rebasarse. Teniendo en cuenta este límite, consideramos que lo más

MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS
 LABORATORIO NACIONAL DE FOMENTO MINERO DE PASTO
 CALIZA DE "EL NARANJAL" (BUESACO), MINERAL PROBADO Y PROBABLE

J. A. BUENO O.
 DIRECTOR

E. E. DULCE D.
 TOPOGRAFO

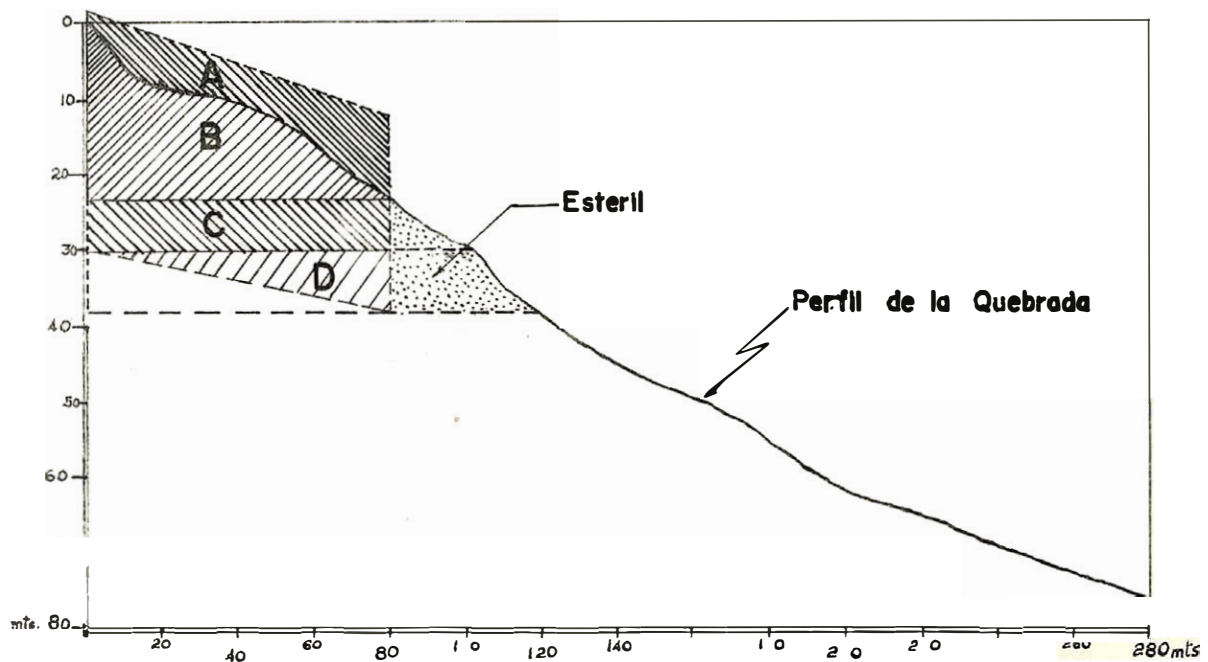


Fig. 3

MINERAL PROBADO, BLOQUE A CON $80 \times 7 \times 6 \times 2,8 = 9.408$ TONELADAS

MINERAL DE PROBABLE APROVECHAMIENTO	PRIMERA ETAPA,	BLOQUE B CON: $80 \times \frac{23}{2} \times 6 \times 2,8 = 15.456$ TON.
	SEGUNDA ETAPA,	BLOQUE C CON: $80 \times 7 \times 6 \times 2,8 = 9.408$ TON.
	TERCERA ETAPA,	BLOQUE D CON: $80 \times \frac{8}{2} \times 6 \times 2,8 = 5.376$ TON.

que podría obtenerse del mineral que está por debajo del nivel de la quebrada, contando con circunstancias favorables, sería el de los tres bloques a que nos hemos referido, que arrojan un total de mineral probable de unas 30.000 toneladas.

Como se ve, en la determinación del mineral probable hemos considerado como factor determinante las posibilidades de explotación más bien que el criterio geológico. En efecto, pensamos que en el presente caso, para una profundidad máxima tan moderada como 30 metros, el riesgo de no poderse obtener mineral depende más de los factores físicos y económicos de la explotación que de la continuidad del bloque calcáreo hasta esa profundidad. Y que esa profundidad de 30 metros es un buen punto de transacción entre una y otra consideraciones. Estas observaciones sirven, además, para hacer notar que la caliza que pueda obtenerse de este mineral probable resultaría a un costo sensiblemente mayor que la proveniente del mineral probado, con sus consecuencias obvias sobre el precio de venta de la cal agrícola.

c).- Mineral posible.- Finalmente, el mineral posible, o sea el que pudiera existir más allá de los dos afloramientos del banco conocido y el que resultara del hallazgo de otros bancos en la misma región, representa una mera perspectiva, indefinible en términos de toneladas, y sobre cuyo valor apenas se pueden allegar indicios.

No somos optimistas respecto de la prolongación del banco de caliza a uno y otro lado de los dos afloramientos actuales. Ya se ha hablado sobre la falta de indicios de caliza fuera del sector de los dos afloramientos y del adelgazamiento del banco a la altura del afloramiento superior.

Acaso haya más perspectivas en una exploración regional en busca de nuevos depósitos de caliza en la zona inmediata a El Naranjal.

Y vistas las conclusiones del presente estudio, el Laboratorio de Fomento Minero se propone hacer estos estudios, que bien pudieran revelar la existencia de otros depósitos que sustituyeran al de El Naranjal al agotarse o llegar a ser inexplotable éste.

Resumiendo este capítulo sobre la capacidad del yacimiento tenemos que podría suministrar unas 10.000 toneladas de caliza de fácil y económica explotación, y cuando más, unas 30.000 toneladas adicionales, de mineral probablemente explotable, de costo de extracción superior a las primeras.

Calidad del mineral.

En la visita practicada con motivo de la presente investigación se tomaron sendas muestras de los dos afloramientos. Los resultados de los análisis practicados en este Laboratorio por el Químico doctor Braulio C. Montenegro son los siguientes:

Afloramiento inferior (muestra N^o 768 Q) :

Oxido de Calcio (CaO) ... 50.7024 %, o sea
Carbonato de Calcio 90.4886 %.

Afloramiento superior (muestra 769 Q) :

Oxido de Calcio (CaO) 53.3512 %, o sea
Carbonato de Calcio (CaCO₃) 95.2158 %.

Los análisis anteriores se pueden complementar con el practicado hace varios años en este mismo Laboratorio, sobre una muestra tomada por el Ingeniero de Campo, cuyo resultado fué:

"Humedad	1.78	%	
Pérdida por calcinación	34.80		
Sílice (SiO2)	10.58		
Alúmina (Al2O3)	0.04		
Oxido de Hierro (Fe2O3)	0.87		
Oxido de Calcio (CaO)	49.86		, o sea
Carbonato de Calcio (CaCO3) ..	88.98		

La muestra contiene vestigios de Fósforo; el Magnesio se halla presente en muy pequeña cantidad".

Como se ve, se trata de una caliza de calidad muy satisfactoria. Para los efectos de cálculos posteriores adoptamos como cifra representativa de su pureza el

92. % en carbonato de calcio,

promedio de los análisis anteriores.

Cómputo del costo de producción de
cal agrícola preparada con caliza
de El Naranjal.

El propietario del yacimiento ofrece a INA venderle la tonelada de caliza bruta, puesta en la planta de preparación de Pasto, al precio de \$ 8.00.

Según los cálculos de INA, el costo de preparación de la cal agrícola es de \$ 5.00 la tonelada.

De acuerdo con lo anterior, - el costo de producción -y el precio de venta sin utilidades, en Pasto y en puntos intermedios de -

la carretera Pasto-Ipiales- sería de

\$ 13.00 tonelada de cal agrícola.

Para efectos de comparación con otros yacimientos conviene relacionar este precio - con la calidad de la caliza, calculando el precio - de venta de la caliza equivalente a una tonelada de carbonato de calcio puro (100 % CaCO₃).

Esta cifra, que llamaremos costo de la unidad de carbonato de calcio, sería:

$$\frac{13 \times 100}{92} = \$ 14.13$$

En años anteriores algunas entidades oficiales produjeron cal agrícola a base de - la caliza de El Naranjal. Inicialmente se instaló el molino en el propio yacimiento pero parece que - las actividades duraron poco tiempo. Luego, la Dependencia del Ministerio de Agricultura en Pasto instaló el molino en esta ciudad operándolo con caliza - comprada al propietario, señor Moncayo, al precio - de \$ 2.50 la tonelada puesta en el puente de Ijagúí, o sea a 47 kilómetros de Pasto. El Ministerio traía la caliza en vehículos propios, la preparaba en Pasto y la vendía en esta plaza al precio de \$20.00 la tonelada:

2.- YACIMIENTOS DE CALIZA BITUMINOSA DE SAN FRANCISCO.- Putumayo

Situación.

La carretera de Pasto-Puerto Asís, luego de atravesar el río Putumayo, adelante de la población de San Francisco, asciende por la cuchilla divisoria de las hoyas del Putumayo y del río Blanco; para continuar por la última en dirección a MOCÓA. En el ascenso de esa cuchilla, entre los kilómetros 77 y 80, contados a partir de Pasto, se encuentran los yacimientos de caliza bituminosa de San Francisco que atienden en gran parte la demanda de cal industrial - del mercado de Pasto, por medio de varias pequeñas instalaciones de diferentes propietarios.

Vías de comunicación

Como se ha dicho, la carretera del Oriente atraviesa los depósitos calcáreos, entre los kilómetros 77 y 80. La vía en este trayecto sigue el perfil indicado en la figura 4. Se trata de una típica carretera de montaña, con fuertes pendientes y alineamiento muy sinuoso, - fuera de que es de vía sencilla a excepción de - los 20 kilómetros comprendidos entre los pueblos de Santiago y San Francisco, lo que contribuye a hacer más difícil y lento el tráfico. Un camión cargado gasta aproximadamente 5 a 6 horas entre el yacimiento y Pasto.

El flete es actualmente de \$ 20.00 la tonelada, lo que equivale a un costo de \$ 0.25 la tonelada-kilómetro. Este alto costo se debe en buena parte a la descompensación - de carga, pues es escasa la que se moviliza en - el sentido Pasto-San Francisco.

MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS
LABORATORIO NACIONAL DE FOMENTO MINERO DE PASTO

PERFIL DE LA CARRETERA PASTO-PUERTO ASIS
SECTOR PASTO - K. 104 + 500

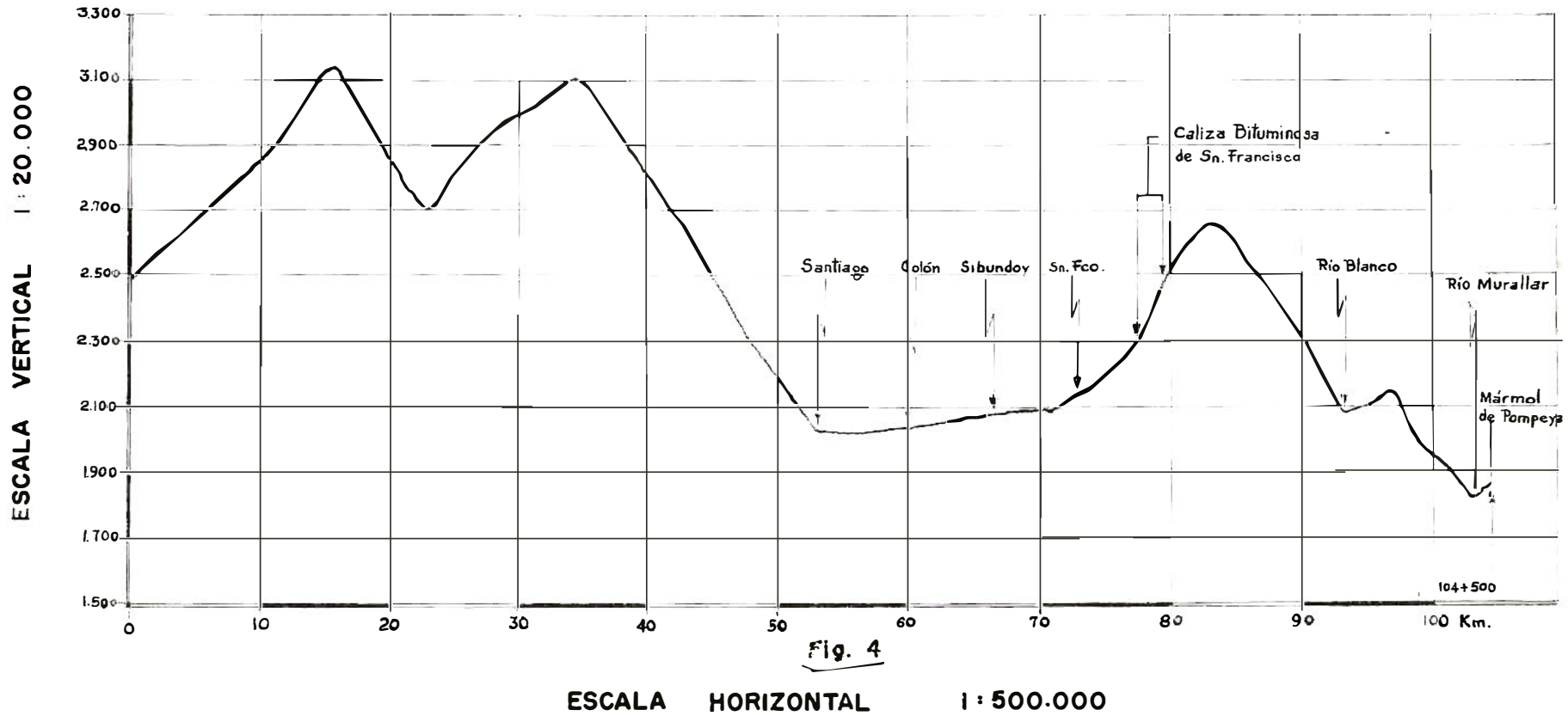


Fig. 4

Dib. A. Cortés Posada

Propiedad de los yacimientos.

Las calizas de San Francisco son propiedad de la Nación. Los señores Marco Tulio Mejía y Angel Burbano Caicedo, ambos residentes en San Francisco, tienen sendas concesiones para la explotación de estos yacimientos. La de Mejía cubre la mayor parte de la zona inmediata a la carretera y la de Burbano una zona pequeña también próxima a la vía. Hay otros explotadores que benefician la caliza a título de colonos.

Geología general.

En el costado nor-oriental del valle de Sibundoy, por donde entra a éste el río Putumayo, afloran las rocas más antiguas de esta región, representadas por néis frecuentemente intruidos por cuerpos graníticos de dimensiones variables y algunos diques de pegmatita. Este complejo de rocas ígneas y metamórficas parece tener su desarrollo principal en un sentido N-S, formando una franja a lo largo de la vertiente oriental de la cordillera centro-oriental, cubierta al W., en las partes altas de la cordillera, por las rocas volcánicas modernas. Al E., un poco adelante del paso del río Putumayo por la carretera, el fundamento metamórfico desaparece cubierto por una sucesión de rocas sedimentarias de edad cretácica, según estudios paleontológicos hechos por Royo. Estas rocas avanzan hasta más allá de la cima de la cuchilla, ya en la cuenca del río Blanco, donde se observa su superposición normal a las rocas porfiríticas que dominan en esa cuenca.

El Cretácico sedimentario de San Francisco está constituido por arcillas pizarrosas negras, grises y violáceas, areniscas de grano medio a fino, generalmente claras, algún horizonte lidítico de poco desarrollo, y calizas bituminosas, fosilíferas, en bancos y concreciones.-

La posición dominante de estos estratos es N-NE con buzamiento al W. generalmente entre 40 y 50°, pero principalmente dentro del horizonte calcáreo principal se observa intenso plegamiento.

Descripción de los yacimientos.

En el Cretácico de San Francisco hay dos horizontes calcáreos: uno de 300 a 400 metros de espesor que aparece en la carretera entre los kilómetros 78 y 80 y otro de 80 a 100 metros, - en el kilómetro 77.

La manera de presentarse la roca calcárea es muy similar en los dos horizontes. - La caliza densa, brillante, de mejor calidad ocurre en bancos y concreciones, aunque algunas de éstas - muestran una integración en capas concéntricas con delgadas interposiciones de material silíceo o arcilloso. Adyacentes a los bancos suelen presentarse - capas de arcilla o arenisca calosas, con mayor o menor contenido de carbonato de calcio. El tamaño de - los bancos y concreciones y su distribución dentro del horizonte son notablemente irregulares. En algu - nas localidades se observan bancos superpuestos con - o sin interposiciones delgadas de arcilla o arenis - ça, cuyo espesor puede llegar a 10 metros o más y - con varias decenas de metros en sus otras dimensio - nes. A lo largo de la carretera solamente se vieron - dos de éstos bancos. Otras localidades se caracteri - zan por una sucesión poco espaciada de bancos delga - dos de caliza, separados por capas de roca estéril - en forma tal que aproximadamente el 30% de lo que - se ve en la superficie es caliza densa. El primer ti - po descrito representa zonas de alta concentración - calcárea, al parecer muy escasas dentro de la forma - ción. El segundo tipo caracteriza las zonas ricas - más comunes. Y finalmente, la forma ordinaria y más - típica del horizonte es aquélla en que bancos y con - creciones erráticos y de escasas dimensiones apare - cen distribuidos caprichosamente dentro de la roca - estéril que domina ampliamente.

La única explotación de caliza in situ que hay actualmente opera en un frente que puede considerarse moderadamente rico. Allí, en un ancho de 5,80 metros se midieron seis bancos de espesor variable entre 0.10 y 0.30 metros con un ancho total de mineral útil de 1.15 metros, o sea - que el espesor de la caliza representa el 20% del espesor total del frente medido.

Las concreciones ocurren desde luego en forma todavía más irregular, pero naturalmente son más abundantes en las zonas de mayor concentración de caliza en bancos. Su tamaño varía desde más de un metro de diámetro hasta nódulos del tamaño de una cabeza y menos.

Los yacimientos calcáreos de San Francisco se caracterizan, pues, por la distribución diseminada o irregular del mineral útil, sin hábito o ley aparente, con zonas de concentración moderada no frecuentes y zonas pobres en caliza.

Estas condiciones merecen destacarse principalmente por su influencia sobre los sistemas de explotación y sobre el costo de ésta. Actualmente hay varias pequeñas empresas de producción de cal apagada cuyo mercado principal es Pasto. Hay unos 8 hornos de los cuales solamente 5 trabajan con relativa regularidad. Su capacidad varía entre 20 y 50 toneladas de cal por mes. De estas empresas solamente una se abastece de caliza extraída directamente de los yacimientos, por medio de laboreo a cielo abierto, siguiendo un frente de unos 10 metros de ancho, con arranque a base de herramientas de mano y eventualmente con explosivos. Los demás hornos se alimentan con caliza "corrida" o sea con los cantos recogidos en las quebradas que atraviesan la formación calcárea. La intensa erosión favorecida por el relieve, el clima y la escasa consistencia de las rocas que acompañan a la caliza, da lugar a que después de los inviernos quede a lo largo de las quebradas una cantidad grande de cantos sueltos de caliza que se transportan en caballerías hasta los hornos. Este sistema que economiza el arranque aunque se grava con un flete

costoso se acomoda a una explotación intermitente y de escaso volumen, pero no podría atender a una demanda regular y más intensa como la que exigiría - la provisión de cal agrícola para Nariño. Para esto sería necesaria la selección de uno o varios frentes de trabajo para la extracción de caliza in situ, que a pesar de exigir un movimiento más o menos grande de material estéril facilitaría la adopción de sistemas de mayor rendimiento.

Estimación de la capacidad de los yacimientos.

No es posible, ni tampoco necesario, para los fines del presente informe, entrar en investigaciones minuciosas sobre la capacidad - de estos yacimientos que por su naturaleza exigirían un trabajo largo y costoso para llegar a establecer en cifras más o menos precisas su tonelaje aprovechable. Nos conformamos con presentar una estimación apoyada en cifras escogidas con un criterio conservativo, tratando no propiamente de hacer una cubicación sino de darle base a nuestra impresión general de que estos yacimientos podrían dar la caliza necesaria para la agricultura de Nariño por un período de muchos años.

Tomemos un bloque de la forma - ción calcárea que tenga 500 metros de largo, es decir 250 metros a cada lado de la carretera; 300 metros de ancho, o sea algo menos de espesor que le - hemos estimado a los horizontes calcáreos; y 100 metros de profundidad, equivalentes a la diferencia - de nivel registrada en los dos extremos del horizonte principal, a lo largo de la carretera. Este bloque tendría un volumen de 15.000.000 de metros cúbicos.

Aceptemos que la mitad de este bloque esté erodada, con lo que solamente quedarían 7.500.000 de metros cúbicos.

Y. finalmente supongamos que de este volumen solamente la décima parte representara zonas de caliza explotable con un contenido de 20 % de caliza. El bloque podría dar, entonces

$$7.500.000 \frac{x 0.20}{10} = 150.000 \text{ metros cúbicos -}$$

de caliza, que con una densidad de 2.5 equivaldrían a

375.000 toneladas.

Esta estimación, hecha grosso modo y con un criterio que puede pecar de pesimista más bien que de optimista, es suficiente para dejar establecido que en cuanto hace relación a la magnitud, los yacimientos de San Francisco satisfacen con exceso las exigencias del proyecto.

Calidad del mineral.

Según informaciones del señor Gerente de INA en Pasto, la caliza bituminosa de San Francisco no tiene buena aceptación entre algunos agricultores. Este hecho, de tener algún fundamento aceptable, no podría atribuirse sino a un bajo contenido de carbonato de calcio. Por otra parte, al hacer la descripción de los yacimientos, ya hemos explicado cómo los bancos de caliza densa se encuentran asociados con arenisca o arcilla más o menos impregnada de carbonato de calcio. Esto exige cierta habilidad para discernir entre la caliza propiamente dicha y los sedimentos calcosilicosos. Como la mayor parte de los productores de cal de esta región acostumbran contratar a precio fijo todo el laboreo de la cal, es muy probable que la selección de la materia prima no se haga con el cuidado requerido y que junto con la caliza lleguen a los hornos cantos que propiamente deban clasificarse como de arcilla o arenisca calosas.

Dos análisis de este material calcosilicoso adyacente a bancos de caliza densa dieron 35.155 y 64.426 por ciento de carbonato de calcio, lo que indica que entre la caliza densa y la arenisca hay modalidades de transición. En general no es difícil, por medios simplemente visuales, hacer la distinción entre uno y otro tipo, pero naturalmente se hace necesario un control para asegurar un abasto de caliza de calidad aceptable y más o menos uniforme.

En el muestreo que se hizo en estos yacimientos para los fines del presente informe, se tuvieron en cuenta todas estas circunstancias y por éllo fué preciso tomar un número relativamente grande de muestras.

Los análisis de 15 muestras - tomadas de bancos y concreciones dieron resultados comprendidos entre un minimum de 68.4 y un maximum de 89.5 por ciento de carbonato de calcio. El promedio fué de 82.0 %.

El siguiente análisis completo dá una idea general sobre las características de las impurezas asociadas:

Humedad	0.436 %
Pérdida por calcinación	.40.359
Sílice (SiO ₂)	7.355
Hierro (Fe ₂ O ₃)	0.990
Aluminio (Al ₂ O ₃)	1.010
Magnesio (MgO)	0.506
A <u>u</u> a combinada y sust. orgánica	1.749
Oxido de Calcio (CaCO ₃)	.47.770 , o sea
Carbonato de Calcio (Ca- CO ₃)	85.255

Como se ve, la impureza dominante es el sílice. El magnesio, que tiene interés para la agricultura, aparece en escasa cantidad. Un -

análisis aproximado de fósforo sobre caliza de esta zona dió apenas 0.08 % de P2O5.

Para los efectos de comparación con los otros yacimientos adoptamos como cifra representativa de la calidad de esta caliza el promedio obtenido de los análisis, o sea

82.0 % en carbonato de calcio.

Cómputo del costo de producción de cal agrícola preparada con caliza bituminosa de San Francisco

De las averiguaciones hechas con los concesionarios y con otros productores se dedujo que la caliza cruda triturada a cantos de 15 centímetros en su mayor dimensión valdría colocada en la carretera a \$ 4.00 la tonelada; y caliza en cantos que pueda alzar un hombre, a \$ 3.00. Adoptamos un valor promedio de \$ 3.50 la tonelada para una caliza de tipo medio en cuanto al tamaño de los cantos, puesta en volqueta.

Como se ha dicho, el flete actual entre los yacimientos y Pasto es normalmente de \$20.- la tonelada. Pero para un tráfico regular de 250 ó más toneladas mensuales cabe prever que se podría conseguir un flete de más o menos \$17.00.

El costo de producción de la cal agrícola, o lo que es lo mismo, el precio de venta sin utilidades, sería la suma de los siguientes costos:

Costo de la caliza en la mina	\$ 3.50
Flete a Pasto	17.00
Costo de elaboración	5.00
Costo de producción	\$ 25.50 por ton.

El agricultor pagaría por unidad de carbonato de calcio puro

$$25.50 \times 100 = \$ 31.10$$

82

Como se ve, el flete es el factor determinante del alto costo de esta caliza, y vale la pena, por tanto, examinar siquiera sea superficialmente, dos posibilidades de rebajar ese flete: el transporte con vehículos propios y la compra de caliza en forma de cal viva.

a).- Vehículos propios.- Para el cálculo del costo con vehículos propios partimos de los siguientes datos básicos:

Volquetas de 4 tons., con valor de \$15.000.00 %u.
25 viajes por mes, o sean 100 tons./volqueta/mes

Los gastos mensuales por volqueta se estiman así:

Gasolina, 20 gals./viaje, a \$0.83 el galón	\$ 415.00
Chofer, por mes	150.00
Ayudante	75.00
Intereses y amortización de \$15.000 en 3 años	470.00
Reparaciones repuestos, seguro, etc.	<u>200.00</u>
	<u>\$1310.00</u>

El flete por tonelada, con vehículos propios sería de

$$\frac{1.310.00}{100} = \$ 13.10$$

Y el costo de producción de la cal agrícola con este nuevo flete, sería de

$$\underline{\$ 21.60}$$

o sea que con vehículos propios se lograría una economía de \$3.90 por tonelada, en relación con el costo en vehículos fletados.

El costo de producción de la unidad de carbonato de calcio puro, teniendo vehículos propios, sería de

$$\frac{21.60 \times 100}{82} = 26.34$$

b).- Compra de cal viva.- Como es bien sabido, la cal viva proviene de la calcinación de la caliza, proceso que elimina el anhídrido carbónico y sustancias volátiles contenidos en el carbonato de calcio. Al transportar cal viva se elimina el flete de sustancias inertes desde el punto de vista del poder alcalinizante de la caliza.

Para el análisis de esta posibilidad partimos de los siguientes datos básicos:

La cal viva producida en San Francisco tiene aproximadamente 70% de óxido de calcio (CaO).

Tomando como base el contenido de óxido de calcio, dá lo mismo al agricultor comprar 100 toneladas de caliza de 82% de carbonato de calcio que 65.6 toneladas de cal viva de 70% de óxido de calcio.

El precio a que se podría obtener la cal viva en los hornos de San Francisco se calcula en \$ 23.00 la tonelada.

Se supone que con la compra de cal viva se economizarían los gastos de elaboración en Pasto.

Con estas bases podemos establecer la comparación de los costos así:

Costos	100 tons.de caliza cruda de 82% de CaCO ₃ \$	65.6 tons.de cal viva de 70% de CaO \$
Precio en la mina	350.00	1.508.80
Flete a Pasto	1.700.00	1.115.20
Elaboración	500.00	

Costo producción	2.550.00	2.624.00

La comparación anterior indica claramente que resulta más caro traer cal viva que caliza cruda. La explicación de ésto se debe al alto costo de la calcinación en los hornos de San Francisco.

Las razones de este alto costo son principalmente:

- a).- El alto costo del combustible (leña) que ya está distante de los yacimientos, y su bajo rendimiento en épocas de invierno que son las más en la región.
- b).- El bajo rendimiento de los hornos por su escasa capacidad y sus deficiencias técnicas de construcción y operación.

Por otra parte, se pueden anotar en contra de la cal viva las siguientes desventajas adicionales:

- a).- La calidad del producto comprado es menos uniforme y menos controlable que en el caso de la caliza cruda, pues fuera de los defectos de calcinación atribuibles a las deficiencias de las instalaciones, la cal viva es por sí una sustancia químicamente inestable por su tendencia a unirse con el anhídrido carbónico y la humedad del aire, para convertirse nuevamente en carbonato, y en hidrato.

b).- Dadas las condiciones climáticas de la región y su influencia sobre la asequibilidad y rendimiento del combustible, y la escasa magnitud de las empresas de producción de cal, sería mucho más difícil lograr un abasto regular de cal viva que de caliza cruda.

Todo lo anterior lleva a la conclusión de que es antieconómico comprar cal viva en lugar de caliza cruda.

Y como resultado de los análisis anteriores tenemos que con la caliza de San Francisco se puede producir cal agrícola a un costo de

\$ 25.50 la tonelada, con vehículos fletados, y de

\$ 21.60 la tonelada, con vehículos propios.

Y que el agricultor pagaría por unidad de carbonato de calcio puro, en Pasto,

\$ 31.10 si se usan vehículos fletados, y

\$ 26.34 si se usan vehículos propios.

= = = = =

3.- YACIMIENTO DE CALIZA CRISTALINA DE POMPEYA. Putumayo.

Situación y vías de comunicación.

La mina de cal de Pompeya, de propiedad del señor José Benjamín Jurado, está situada en la hoya del río Blanco y la cruza la carretera de Pasto-Puerto Asís en la abscisa K 104 más 500, tomando como origen la ciudad de Pasto. La altitud es de 1950 metros y el relieve de la región es bastante escarpado; la cuenca del río Blanco se caracteriza por flancos empinados, en partes casi verticales.

La situación del yacimiento respecto de la carretera hace posible el acarreo del mineral y la cargada de camiones en condiciones muy favorables.

El transporte de la mina a Pasto, a lo largo de 104½ kilómetros de la carretera del oriente, de cuyas características se ha hablado cuando nos referimos a los yacimientos de San Francisco, está afectado por los mismos factores a que entonces aludimos, agravados con la circunstancia de la mayor longitud. Un camión cargado gasta de 8 a 9 horas entre la mina y Pasto, contadas las demoras a que está sometido el tráfico por una vía sencilla. Actualmente el flete es de \$30.00 la tonelada, lo que equivale a un costo de \$0.29 la tonelada-kilómetro.

Descripción general del yacimiento.

En la zona del yacimiento, y en general en la hoya del río Blanco, tiene amplio desarrollo el llamado "Cretácico Porfirítico", de Grosse, constituido allí por porfiritas verdes y sedimentos silíceos, e intruído por diques y cuerpos de mayor tamaño de rocas graníticas. Uno de estos macizos ígneos está inmediato al flanco oriental del banco de mármol de Pompeya.

Desde el talud de la carretera avanza hacia la cuchilla que divide las hoyas de los ríos Blanco y Mocoa un potente banco de caliza cristalina que lleva una dirección aproximada N 60 E, conocido superficialmente en una longitud mayor de 200 metros y que puede prolongarse bastante más ya que es conocida la existencia del mismo material del lado del río Mocoa, por el antiguo camino de San Francisco a la población de Mocoa. En el talud de la carretera el banco aparece con un ancho de 60 metros y un poco arriba forma un potente mullón cuyas partes más altas pueden estar a 80 metros sobre el nivel de la carretera.

La caliza es generalmente blanca a gris, con algunos veteados de amarillo, verde y rosado; el grano es grueso a medio. Por lo general la masa está bastante agrietada formando bloques prismáticos o irregulares de diverso tamaño.

Este yacimiento se ha explotado esporádicamente por su propietario, para la producción de cal para las obras de arte de la carretera y para la obtención de mármol blanco en polvo o en grano fino para algunas industrias de cemento.

Dadas las condiciones topográficas y la constitución masiva y más o menos uniforme del depósito, su explotación puede realizarse en condiciones favorables con un bajo costo unitario de producción que lógicamente debe ser inferior al de los yacimientos de caliza bituminosa de San Francisco.

Estimación de la capacidad del yacimiento.

En este yacimiento tampoco son necesarias investigaciones minuciosas para llegar a la conclusión de que hay mineral suficiente para las exigencias de un prospecto como el que motiva el presente informe. Basta un cómputo superficial con base en las dimensiones aproximadas que se dieron anteriormente para juzgar sobre la magnitud de las reservas aprovechables.

Desde el talud de la carretera avanza hacia la cuchilla que divide las hoyas de los ríos Blanco y Mocoa un potente banco de caliza cristalina que lleva una dirección aproximada N 60 E, conocido superficialmente en una longitud mayor de 200 metros y que puede prolongarse bastante más ya que es conocida la existencia del mismo material del lado del río Mocoa, por el antiguo camino de San Francisco a la población de Mocoa. En el talud de la carretera el banco aparece con un ancho de 60 metros y un poco arriba forma un potente murellón cuyas partes más altas pueden estar a 80 metros sobre el nivel de la carretera.

La caliza es generalmente blanca a gris, con algunos veteados de amarillo, verde y rosado; el grano es grueso a medio. Por lo general la masa está bastante agrietada formando bloques prismáticos o irregulares de diverso tamaño.

Este yacimiento se ha explotado esporádicamente por su propietario, para la producción de cal para las obras de arte de la carretera y para la obtención de mármol blanco en polvo o en grano fino para algunas industrias de cemento.

Dadas las condiciones topográficas y la constitución masiva y más o menos uniforme del depósito, su explotación puede realizarse en condiciones favorables con un bajo costo unitario de producción que lógicamente debe ser inferior al de los yacimientos de caliza bituminosa de San Francisco.

Estimación de la capacidad del yacimiento.

En este yacimiento tampoco son necesarias investigaciones minuciosas para llegar a la conclusión de que hay mineral suficiente para las exigencias de un prospecto como el que motiva el presente informe. Basta un cómputo superficial con base en las dimensiones aproximadas que se dieron anteriormente para juzgar sobre la magnitud de las reservas aprovechables.

Tomando la longitud fácilmente reconocible de 200 metros; una latitud media de 50 metros; y una altura media sobre el nivel de la carretera de 40 metros, se tiene un volumen de 400.000 metros cúbicos, que con una densidad de 2.8 equivale a más de un millón de toneladas.

No es, pues, difícil concluir que este yacimiento satisface con exceso las condiciones de capacidad previstas en este estudio.

Calidad del mineral.

De cuatro muestras tomadas en este yacimiento los resultados de los análisis variaron entre un máximo de 94.810 y un mínimo de 84.636 por ciento de carbonato de calcio. El promedio fué de 91.275 %.

El análisis completo de una de estas muestras, practicado en este Laboratorio, dió el siguiente resultado:

Humedad	0.085 %
Pérdida por calcinación	38.800
Sílice (SiO ₂)	3.895
Hierro (Fe ₂ O ₃)	0.529
Aluminio (Al ₂ O ₃)	0.441
Magnesio (MgO).....	4.990
Calcio (CaO)	47.423 , o sea
Calcio (CaCO ₃)	84.636

En este análisis es interesante observar un contenido apreciable de Magnesio, - cuya acción benéfica sobre los suelos es bien conocida, principalmente para hacer más fácilmente asimilables los abonos.

La caliza de Pompeya se clasifica, pues, como de muy buena calidad para la producción de cal agrícola; y como cifra representati

va de su calidad adoptamos el promedio de los análisis practicados, o sea

91. % en carbonato de calcio.

Cómputo del costo de producción de cal agrícola.

El propietario del yacimiento - ofrece vender caliza triturada a fragmentos de 15 - centímetros en su mayor dimensión, a razón de \$3.50 la tonelada, puesta en la carretera. Por las razones expuestas anteriormente consideramos que este precio es alto en comparación con el mismo precio para la caliza de San Francisco. No obstante, lo adoptamos para el cómputo, pues cualquiera rebaja que se obtuviera no afectaría sensiblemente los resultados.

El transporte de la mina a Pasto cuesta actualmente \$ 30.00 la tonelada, o sea un costo de \$ 0.29 la tonelada-kilómetro, contra \$0.25 para la ruta San Francisco-Pasto.

Considerando que de la mina a - Pasto hay un recargo del 30% en la longitud del transporte, en comparación con los yacimientos de San Francisco, un recargo equivalente en el flete daría para Pompeya un costo de \$ 22.00 la tonelada. Sin embargo, dadas las condiciones de la vía entre San Francisco y Pompeya, parece lógico que el aumento - del flete no sea rigurosamente proporcional al aumento de la distancia y por lo tanto estimamos que para un movimiento regular de caliza a Pasto se podría conseguir un flete de

\$ 24.00 por tonelada.

En estas condiciones el costo - de producción de la cal agrícola, o lo que es lo mismo, el precio de venta en Pasto, sin utilidades, sería la suma de los siguientes costos:

Costo de la caliza en la mina	\$ 3.50	la ton.
Flete a Pasto	24.00	" "
Costo de elaboración	5.00	" "
	<hr/>	
Costo de producción	\$ 32.50	" "

El agricultor pagaría por unidad de carbonato de calcio puro

$$\frac{32.50 \times 100}{91} \quad 35.71$$

Sobre las mismas bases del cálculo anterior se podría deducir que el flete por tonelada con vehículos propios resultaría aproximadamente de \$ 20.00, con lo que el precio de venta de la cal agrícola sería de

\$ 28.50 la tonelada.

En cuyo caso, el agricultor pagaría por unidad de carbonato de calcio puro

$$\frac{28.50 \times 100}{91} = \$ 31.32$$

Comparando estos resultados con los de las minas de San Francisco se ve que la mejor calidad de la caliza de Pompeya no alcanza a contrarrestar el sobrecosto del transporte debido a la mayor distancia de Pasto.

4.- YACIMIENTO DE "LA CALERA".- Municipio de Mallama.

Situación y vías de comunicación.

Este yacimiento está situado a unos 600 metros de la carretera Pasto-El Diviso, a orillas de la quebrada La Calera. Las vías de comunicación con Pasto se distribuyen así; 107.3 kilómetros por la carretera ya nombrada, y 800 metros por mal camino de herradura desde la carretera hasta la mina. En este último trayecto los 100 metros finales son hoy inaccesibles para caballerías por la falta de un puente sobre la quebrada La Calera; por este motivo la cal que esporádicamente extraen de esta mina hay que moverla a la espalda hasta el sitio donde pueden llegar caballerías.

Descripción del yacimiento.

Con frecuencia se menciona la región de la quebrada La Calera, en el flanco suroeste del cerro del Azufral, como rica en yacimientos calcáreos. Por ésto y por estar cruzada esta región por la carretera de la costa, se hizo un rápido estudio de sus posibilidades de aprovechamiento para la producción de cal agrícola.

Efectivamente, varios pequeños depósitos de caliza travertínica se encuentran a lo largo de la cuenca de esta quebrada. El mayor de éstos está a unos 800 metros arriba del puente, al pié de un paredón constituido por un potente derrame andesítico. Por debajo de la lava yacen tobas aglomeradas a través de las cuales brota un manantial de aguas termo-minerales que desde su nacimiento hasta su confluencia en la quebrada Calera ha depositado el calcáreo travertínico, en una extensión longitudinal de unos 100 metros. En la parte más inmediata al manantial, la precipitación del carbonato de calcio ha sido más intensa y allí se ha formado un banco de unos 500 metros cúbicos de caliza. Luego de este ban

co sigue una capa superficial de unos 450 metros cuadrados con una profundidad que va siendo menor hacia abajo y que en promedio puede ser de 0.50-metros. De acuerdo con esto, el yacimiento sólo alcanza a tener, cuando más, 1500 toneladas de caliza.

Los análisis de tres muestras de aspecto diferente, tomadas en este yacimiento, dieron resultados poco diferentes que arrojan un promedio de 81.% de carbonato de calcio.

Otras dos zonas de precipitación de travertino calcáreo se vieron en la misma cuenca; más cerca de la carretera, pero de dimensiones todavía más modestas.

Posibilidades de aprovechamiento.

No es necesario entrar en análisis comparativos con los otros yacimientos para deducir que el de La Calera parece de interés dentro del presente estudio. La cantidad de mineral es tan reducida que no justifica afrontar los inconvenientes de un transporte desfavorable, a cambio de un abasto tan exiguo.

+ + + + +

5.- CALIZA CRISTALINA DEL RIO SAN FRANCISCO. Putumayo.

Situación y vías de comunicación.

Este yacimiento está situado a orillas del río San Francisco, afluente del Putumayo, más o menos a 1200 metros al N. de la población de San Francisco.

Las vías de acceso al yacimiento desde Pasto se distribuyen así: 72 kilómetros por la carretera Pasto-Puerto Asís, hasta el puente del río San Francisco; de aquí un kilómetro aguas arriba por un mal camino de herradura que sigue la vega del río por su margen derecha; finalmente 500 metros hasta el yacimiento por un sendero para tránsito a pie. Para el acceso directo por carretera se necesitaría, pues, construir un ramal de unos dos kilómetros, por terrenos de topografía favorable.

Descripción general del yacimiento.

En la región del yacimiento aparecen las rocas metamórficas -gneis biotíticos- e ígneas graníticas de que se ha hablado al tratar de las calizas bituminosas de la misma zona de San Francisco.

Royo describe un pequeño afloramiento de mármol en la margen izquierda del río San Francisco, en la desembocadura de la quebrada El Diamante. Siguiendo esta información se trató de encontrar el afloramiento sin resultado porque estaba cubierto por el acarreo de la quebrada. Pero en la margen opuesta del río se encontraron en las vegas grandes bloques de mármol en un trayecto de 150 metros. Explorando la parte baja de la ladera fué fácil encontrar el yacimiento originario, que muy probablemente constituye un banco diferente del que visitó Royo. El banco de mármol se pue-

de perseguir al pie de la ladera en una extensión de 150 metros, paralelamente al río, es decir, en un trayecto que coincide con la zona de los cantos hallados en la vega.

El banco de mármol lleva una dirección aproximada N-S y parece tener un buzamiento al W. En un punto próximo a su extremo septentrional hay un sitio donde puede observarse con alguna amplitud el yacimiento. Aunque en general el material está bastante fracturado, puede verse allí un bloque de más de dos metros de altura y un metro de ancho sin señales de fracturamiento. El color varía entre blanco y gris; el grano es fino y puede observarse algo de pirita diseminada. Tanto en el afloramiento como en los cantos sueltos se nota que el mármol contiene incrustaciones en forma de vetillas y masas irregulares de una roca ígnea constituida principalmente por cuarzo y feldespatos (ortoclasa?) con textura algo pegmatítica; puede ser una modalidad de las rocas ígneas que como se ha dicho intruyen a las metamórficas de la región. Una ligera exploración hecha transversalmente en el punto donde estaba más despejado el yacimiento reveló que allí el espesor del banco es de 20 metros, con una altura media sobre el nivel del río, de 10 metros.

Generalizando a todo el banco las dimensiones que hemos dado anteriormente resultaría un volumen de 30.000 metros cúbicos o sea unas 84.000 toneladas de mármol por encima del nivel de las aguas. Esta cifra podría reducirse a 50.000 toneladas para tener en cuenta las zonas más erodadas. Es ésta una primera tentativa de estimación de la magnitud del yacimiento en su zona de más fácil explotación, basada en lo que es posible definir en una inspección de pocas horas.

Calidad del mineral.

En este yacimiento se tomaron tres muestras; una de los grandes cantos de la vega del río y dos del afloramiento más despejado del banco.

Los resultados de los análisis son los siguientes:

Origen	% CaO	%CaCO ₃
Mármol de cantos rodados	26.9915	48.1717
Afloramiento. Parte alta	28.8531	51.4941
" Parte baja	43.6675	77.9334

Estos resultados revelan que el contenido de carbonato de calcio es bajo y variable entre amplios límites. Aunque esa variabilidad no permite, en rigor, adoptar como tenor promedio el de un número tan pequeño de muestras, podemos adoptarlo como base para comparación con los otros yacimientos, ya que los resultados de estos análisis bastan para establecer que la calidad de este yacimiento no es satisfactoria para los fines del presente estudio.

El promedio de aquellos análisis arroja un contenido de

59.19% en carbonato de calcio.

Cómputo del costo de producción de la cal agrícola.

Adoptando un costo de la caliza cruda, en la mina, de \$3.00 la tonelada, y fletes a Pasto iguales a los que hemos calculado para la caliza bituminosa de San Francisco, lo que implica dar por construido el ramal de 2 kilómetros hasta el yacimiento, tendríamos que el costo de producción de la cal agrícola, o sea el precio de venta sin utilidades, en Pasto, sería la suma de los siguientes costos:

Costo de la caliza en la mina	\$ 3.00
Flete a Pasto	17.00
Costo de elaboración	5.00
Costo de producción	\$ 25.00

El agricultor pagaría por la unidad de carbonato de calcio puro

$$\frac{25.00 \times 100}{59.19} = \$ 42.24$$

En el caso de vehículos propios y conservando la igualdad de precios con respecto a la caliza bituminosa de la misma región, tendríamos que el costo de producción de la cal agrícola con base en el mármol de San Francisco, sería de

\$ 21.10 la tonelada.

En cuyo caso el agricultor pagaría por la unidad de carbonato de calcio puro

$$\frac{21.10 \times 100}{59.19} = \$ 35.65$$

Como se verá más adelante, estas cifras ponen de presente cómo la calidad del mineral afecta el costo de producción hasta el punto de que aún suponiendo construido el ramal de carretera al yacimiento, sale más caro para el agricultor comprar mármol del río San Francisco que caliza bituminosa de la misma región.

6.- CALCAREO TRAVERTINICO DE CHILES. Munic. de Cumbal.

Situación y vías de comunicación.

Este yacimiento está situado a unos 1500 metros al SW de la población de Chiles, en la margen izquierda del río Játiva que por allí sirve de línea fronteriza con el Ecuador. Los terrenos donde está el yacimiento pertenecen a los señores Arquímedes Rueda y hermano, quienes figuran también como propietarios de la caliza.

La mina está a 127 kilómetros de Pasto, por carretera, distribuidos así:

Sector	Kilómetros	Condiciones de la via
Pasto-Guachucal	98	Troncal del Sur. Buenas condiciones.
Guachucal-Cumbal	9	Deficientes. Tráfico permanente.
Cumbal-Chiles	18	Tráfico difícil en verano, imposible en invierno.
Chiles-Yacimiento	2	

Como se ve, los últimos 20 kilómetros están en condiciones tales que no puede asegurarse un tráfico permanente, y aún en verano resulta difícil y costoso por deficiencias de construcción y falta de conservación.

Actualmente el flete por tonelada de la mina a Pasto puede calcularse en \$ 26.00, distribuidos así: \$10.00 de la mina a Guachucal y \$16.00 de Guachucal a Pasto.

Descripción general del yacimiento.

El río Alumbre o Játiva desciende de las partes altas del volcán de Chiles por su costado occidental con fuertes pendientes hasta la altura de la población ecuatoriana de Tufiño donde el valle comienza a ampliarse dando lugar a una topografía de suaves contornos. Al iniciarse esta zona plana, se presentan del lado colombiano, cerca del cauce del río, dos fuentes de agua termal, la más alta de las cuales puede señalarse como punto de partida de la zona donde se encuentran los depósitos de calcáreo travertínico. De este punto, siguiendo el valle aguas abajo se ven a lo largo de unos 700 metros manifestaciones de caliza, bien sea aflorando directamente en la superficie, o en los barrancos inmediatos al cauce del río, o en pequeñas excavaciones hechas en la planicie. Las excavaciones hechas en la ladera próxima a la vertiente inferior han demostrado por debajo de la capa vegetal un depósito de toba silíceo (pedernal); de color gris o amarillento y estructura cavernosa. Este depósito silíceo había sido tenido erróneamente por caliza y aún parece que algunas toneladas han sido vendidas como tal para el uso agrícola. Aunque la zona de precipitación silíceo parece estar más o menos diferenciada de la verdadera caliza, algunos ejemplares de ésta muestran incrustaciones silíceas, lo que hace presumir que por lo menos localmente haya habido una precipitación simultánea de los dos tipos de toba.

Como se ha dicho, sólo en algunos trechos de poca extensión aparece la caliza a flor de tierra y en uno de esos puntos se concentraron los trabajos de explotación realizados en diferentes épocas. En el resto de la zona la caliza aparece erráticamente a la orilla del río o en excavaciones hechas en la planicie, en las cuales se ha encontrado alguna capa calcárea por debajo del mantillo. Solamente

en dos puntos se pudo medir el espesor de la capa calcárea: uno en la zona aparentemente más rica, con 0.60 metros, y otro en una excavación de la planicie, donde la caliza muy mezclada con impurezas tiene solamente 0.20 metros.

Estimación de la capacidad del yacimiento.

Dada la naturaleza del yacimiento y el hecho de estar en gran parte cubierto por la capa superficial de humus, es muy difícil fijar en cifras su potencialidad sin hacer perforaciones. Pero como una base para formarse idea de las posibilidades que encierra el yacimiento, aceptemos que los depósitos de caliza sean continuos a todo lo largo de los 700 metros en que se vieron manifestaciones aisladas, y en un ancho que se puede fijar en 40 metros; para el espesor adoptemos un promedio de 0.40 metros. Estas dimensiones darían un volumen de 11.200 metros cúbicos, que con una densidad de 2.0 para toba caliza altamente porosa, se tendrían algo más de 22.000 toneladas. Esta cifra representa sin duda una estimación muy optimista pues parte del supuesto de la continuidad del depósito, lo cual no es seguro si se tiene en cuenta que la precipitación de la caliza está limitada a las zonas de circulación de las aguas a que debe su origen, y por otra parte habría que descontar las zonas de precipitación de toba silícea y aquellas de caliza contaminadas con ésta. De aquí que una estimación de 10.000 toneladas de caliza, todavía afectadas por la limitación de la calidad, sería una mejor aproximación a la realidad.

Calidad del mineral.

Basta la inspección del yacimiento para darse cuenta de la heterogeneidad del material precipitado por las aguas termominerales y por lo tanto, de la imposibilidad de garantizar un abasto no digamos de alta calidad sino siquiera de calidad más o menos uniforme.

Los análisis de dos muestras tomadas de tipos diferentes de mineral no solamente confirmaron lo dicho sino que revelaron que aún la caliza de mejor aspecto es baja en carbonato de calcio. Una muestra tomada en la zona de las explotaciones anteriores, con caliza aparentemente de la mejor clase, dió 74.19 % de carbonato de calcio; y una muestra de la caliza de la planicie dió 34.60 %. Por simple curiosidad se analizó también la toba silícea tenida por caliza con un resultado negativo para carbonato de calcio.

Posibilidades de aprovechamiento.

La Zona Técnico-Administrativa de Nariño, dependiente del Ministerio de Agricultura, tuvo un contrato con los propietarios de este yacimiento para la provisión de cal para la agricultura. El Ministerio compraba la caliza a un precio que varió entre \$1.00 y \$4.00 la tonelada puesta en el yacimiento; la transportaba en vehículos propios a Guachucal donde la molía en una planta accionada por motor de gasolina. El precio de venta era \$ 16.00 la tonelada, en el molino de Guachucal. Parece que la producción era muy irregular y escasa, lo cual puede atribuirse a la dificultad de los transportes y a la poca eficiencia del equipo de molienda. Por otra parte, según información del señor Gerente de INA en Pasto, esta cal no gozaba de aprecio entre los agricultores, lo cual se explica fácilmente por lo que se ha dicho sobre la calidad de la caliza.

Es, pues, éste otro yacimiento que sin necesidad de comparaciones con los demás estudiados debe eliminarse como posible fuente de caliza para cal agrícola, por sus deficiencias en cantidad y en calidad y por las dificultades de los transportes.

II.- ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS YACIMIENTOS.

En el capítulo anterior hemos estudiado individualmente los seis yacimientos - que, entre todos los conocidos, parecían reunir las mejores posibilidades de servir para el suministro de cal agrícola, y hemos presentado de cada uno las características esenciales de capacidad, calidad y costo de producción.

En los párrafos siguientes hacemos el estudio comparativo de esos yacimientos con base en aquellas características esenciales, para deducir cuáles son las posibilidades más aconsejables para la realización del proyecto en cuestión.

Ya en el capítulo anterior nos anticipamos a eliminar con razones muy claras dos de esas posibilidades: el yacimiento de La Calera y el de Chiles. Quedan por comparar el yacimiento de El Naranjal y los tres de la Comisaría del Putumayo.

Para efectos de esta comparación, reunimos en el cuadro de la página siguiente los datos esenciales que sintetizan la posición de estos cuatro yacimientos.

La magnitud de las reservas no es por sí sola un factor determinante. Aún - siendo élla deficiente, el yacimiento puede ser utilizable por el tiempo que lo permitan - esas reservas, si otras condiciones son ampliamente favorables.

Tampoco la calidad y el precio de venta de la cal agrícola considerados aisladamente, son definitivos.

Lo que sí es definitivo es la combinación de estos dos últimos factores, representada en el precio que se le exija al agricultor por la cantidad de caliza equivalente a una tonelada de carbonato de calcio puro.

Son, pues, las cifras de los dos últimas columnas del cuadro las que definen el orden de interés de los yacimientos allí considerados.

Según ésto, se desprenden del cuadro las siguientes conclusiones:

La cal agrícola preparada con caliza del yacimiento de El Naranjal sería la más barata, con un precio de \$14.13 la unidad de carbonato de calcio puro, equivalente a \$ 13.00 la tonelada de cal agrícola de 92 % de carbonato de calcio.

- 2^a.- Como las reservas de El Naranjal sólo alcanzan para un abasto de dos años que probablemente pudieran extenderse a unos pocos años más, al agotarse el abasto de este yacimiento y de no encontrarse otros que lo sustituyan en condiciones más favorables, la planta de producción de cal agrícola deberá abastecerse con caliza de la región del Putumayo.

3a.- De los tres yacimientos del Putumayo el de caliza bituminosa de los kilómetros 77 a 80 de la carretera es el que puede dar la cal agrícola más barata, al precio de \$31.10 la unidad de carbonato de calcio, si se usan para el transporte vehículos fletados; y de \$ 26.34 si se usan vehículos propios. Estos precios equivalen respectivamente a \$25.50 y \$21.60 la tonelada de cal agrícola de 82 % de carbonato de calcio.

4a.- El cambio de fuente de materia prima de El Naranjal a El Putumayo ocasionará una alza del 86 al 120 por ciento en el precio de venta de la cal agrícola.

De estos resultados surge espontáneamente la decisión más recomendable: aprovechar en primer término el yacimiento de El Naranjal hasta donde sus reservas de mineral o el costo de extracción lo permitan y luego abastecerse con la caliza bituminosa de San Francisco.

Esta decisión le señala al yacimiento de El Naranjal un papel importante en el desarrollo del plan de abastecimiento de cal agrícola para Nariño. La cal que se suministre durante la vida de este yacimiento, a un precio moderado, servirá para cubrir la primera etapa de aquel plan; que necesariamente debe proponer, más que todo, a vulgarizar entre los agricultores el uso de la cal agrícola. Cumplida esta etapa, los resultados prácticos habrán preparado el ánimo de los agricultores para acomodarse a los altos precios que implica el consumo de la caliza del Putumayo.

Las campañas oficiales que se han hecho en este sentido han tenido el grave defecto del alto precio que debe pagar el agrí-

cultor por el experimento de encalar sus tierras de cultivo. Pagar \$ 20.00 en Pasto por una tonelada de buena cal, o \$ 16.00 en Guachucal por una tonelada de mala clase, no es un aliciente para quien se antoje de ensayar los efectos de la cal sobre el rendimiento de los cultivos.

Todavía el precio de \$ 13.00- por tonelada de caliza de 92 % es alto, como precio de propaganda. Y hasta cabría que las entidades oficiales interesadas en el fomento de la agricultura pensarán en la conveniencia de realizar esta propaganda con pérdidas temporales, ofreciendo cal agrícola a un precio máximo de \$ 10.00, por un período de digamos dos años.

Si se tiene en cuenta que en otras secciones del país la cal agrícola se paga a un precio no mayor de \$ 5.00 la tonelada, se puede medir el sacrificio que para la agricultura de Nariño significaría pagarla a un precio cuatro o seis veces mayor. De aquí surge la necesidad de dedicar esfuerzos a la investigación de zonas favorables y con buenos medios de transporte, en busca de nuevos yacimientos calcáreos que pudieran aprovecharse una vez agotadas las reservas de El Naranjal. Es éste un buen programa para el Laboratorio de Fomento Minero de Pasto y a él se le dedicará la atención que requiere.

III.- PLANTA DE PREPARACION DE LA CAL AGRICOLA.

La producción regular de 20 a 25 toneladas de cal agrícola por día activo de 8 horas, o sea más o menos 3 toneladas por hora, exige ya algún cuidado en la selección del equipo, para lograr un bajo costo de elaboración y un abasto regular del producto elaborado.

Como en el presente caso es esencial que la elaboración grave lo menos posible el costo de producción, es preferible un gasto inicial suficiente para la adquisición de un equipo eficiente, más bien que adoptar un equipo barato de alto costo de operación.

Una experiencia ilustrativa a este respecto se tiene en las plantas de cal agrícola que ha habido en Nariño. Fuera de las deficiencias inherentes a todo servicio oficial, sin duda alguna las propias del equipo de elaboración explican por qué con caliza de El Naranjal movida en vehículos propios, resultaba una cal agrícola de \$ 20,00 la tonelada en Pasto.

Aún a costa de rebasar los límites naturales de este informe, conviene, pues, agregar algunas observaciones generales sobre las características de la planta de elaboración.

La preparación de la cal agrícola consiste sencillamente en una molienda de la caliza a un grado de finura tal que todo el material pase aproximadamente por una malla de 10 huecos por pulgada lineal, o sea un grado medio de finura.

Esta reducción de tamaño se realiza en dos etapas: la trituration y la molienda propiamente dicha.

La trituration reduce el tamaño de 6" a 8" hasta más o menos 1"; la molienda, de allí hasta la malla 10.

La trituración puede hacerse eficientemente en trituradoras de quijada de cualquier tipo de los tipos bien conocidos que existen de esta máquina.

La molienda en seco puede realizarse por tres sistemas: intermitente, continuo en circuito abierto y continuo en circuito cerrado.

En el primer sistema, un lote de mineral entra al molino y permanece allí hasta que se ha alcanzado el grado de finura deseado.

En el sistema continuo en circuito abierto, el mineral entra al molino a una tasa calculada para que la descarga salga al grado de finura propuesto.

En el sistema continuo en circuito cerrado el material que fluye del molino pasa a un clasificador donde se separa el material que no ha alcanzado la finura deseada y el que está ya suficientemente molido; el primero regresa al molino para nueva reducción y el segundo viene a ser un producto final del circuito.

Los dos primeros sistemas son sencillos pero poco eficientes. Una parte del producto queda siempre más gruesa que el tamaño especificado y otra parte, por el contrario, queda molida en exceso, dando lugar a un alto porcentaje de finos. Su aplicación está restringida a la molienda de sustancias blandas y de tonelajes reducidos.

El sistema continuo en circuito cerrado es de mucho mayor rendimiento porque permite controlar la intensidad de la molienda sin trabajo inútil y dando un producto que se ajusta mejor a las especificaciones.

Para el presente caso, con un mineral de dureza media, y para una elaboración eficiente, creemos más aconsejable el sistema continuo con clasificación por medio de cribas en circuito cerrado con el molino.

Todavía dentro de este sistema cabe hacer una escogencia entre distintos tipos de molinos. Sin entrar en detalles, deben mencionarse entre los tipos más adaptables al presente caso los siguientes:

Molinos de rodillos (roller mills), con clasificación por criba interna, como los tipos Griffin y Hércules.

Molinos de bolas con clasificación por cribas en la periferia del molino, como los tipos Krupp y Smidth.

Y molinos de bolas con clasificación por cribas independientes, o fuera del molino.

Naturalmente, cada uno de estos tipos tiene sus ventajas y sus inconvenientes. Desde el punto de vista de la simplicidad de la instalación y de la operación, el tipo más favorable sería el molino de bolas con cribas en la periferia, pues además de la sencillez inherente a este tipo de molino, tiene la ventaja adicional de hacer por sí mismo la clasificación en las cribas que lleva en la superficie de revolución, sin necesidad de equipos adicionales de transporte y clasificación. Sus desventajas son: las cribas tienden a ocluirse con mineral que no esté bien seco; el consumo de cribas es alto; el consumo de bolas y forros es más alto que en el molino de bolas sin cribas.

El tipo de molino de bolas con clasificación externa es quizás el de más eficiente operación, pero requiere un equipo más complejo. La descarga del molino debe transportarse en un elevador a una criba vibratoria que trabaja independientemente del molino, volviendo a éste el material que necesita reducción ulterior.

La decisión en este punto está,

pues, subordinada en cierto grado a consideraciones económicas sobre la magnitud de la inversión. Pero en todo caso, repetimos, cabe buscar una solución de equilibrio entre dicha inversión y la eficiencia del equipo.

Pasto, febrero de 1952.

Jesús A. Bueno O.
Ing.de Minas. Director del
Laboratorio de Fomento Minero

+ + + + +

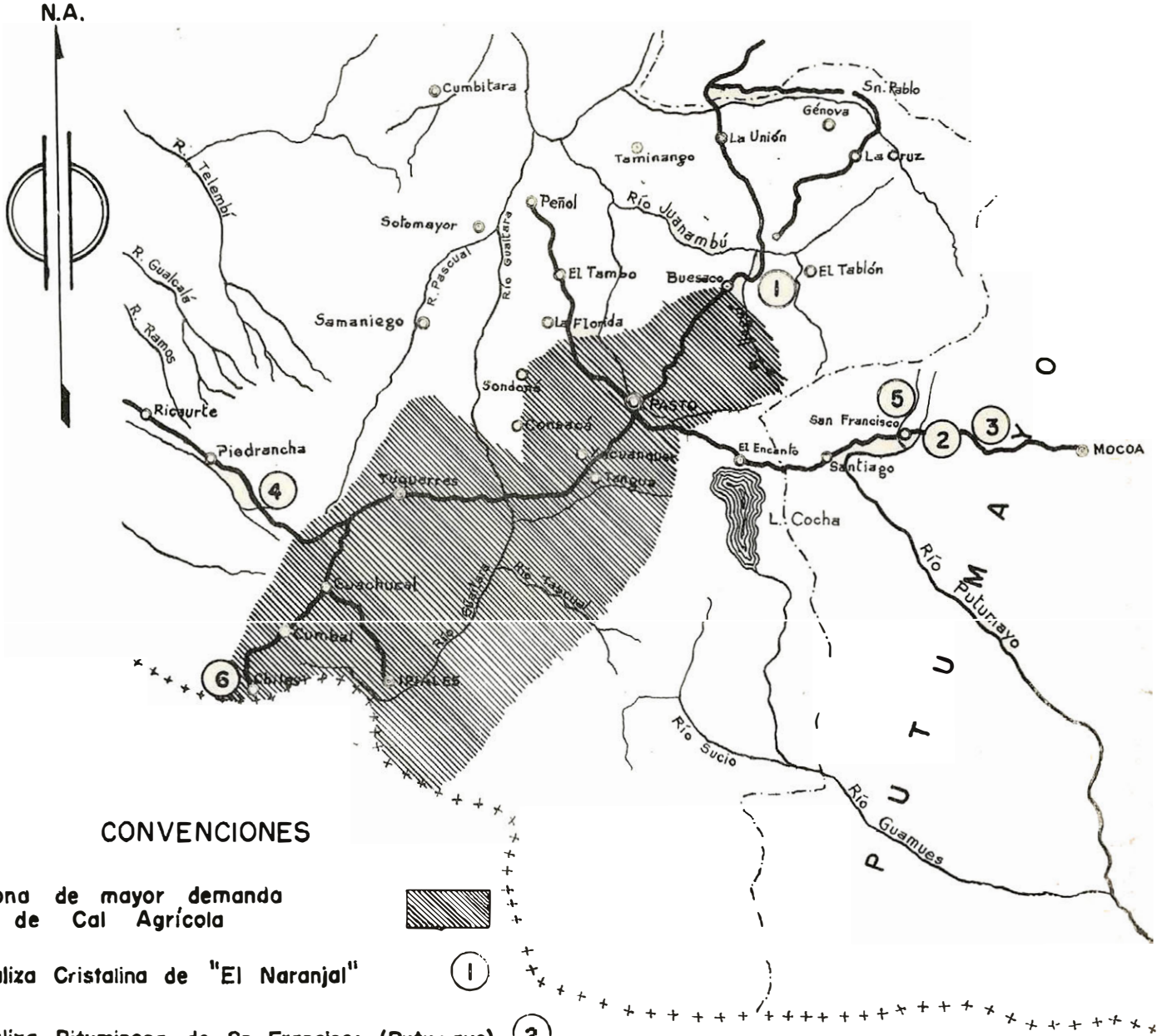
B i b l i o g r a f í a .

- H. C. Hoover.- Principles of Mining,
McGraw-Hill, 1909.
- A. F. Taggart. Handbook of Mineral Dressing,
John Wiley & Sons, 1948.
- J. Royo y Gómez. Contribución a la Geología Económica de Nariño.- Compilación de Estudios Geológicos Oficiales. Tomo V, 1942.

JAB/bgb.

LABORATORIO NACIONAL DE FOMENTO MINERO DE PASTO

ESTUDIO SOBRE YACIMIENTOS CALCAREOS PARA LA PRODUCCION DE CAL AGRICOLA PARA EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO



CONVENCIONES

Zona de mayor demanda de Cal Agrícola



Caliza Cristalina de "El Naranjal" (1)



Caliza Bituminosa de Sn. Francisco (Putumayo) (2)



Caliza Cristalina de Pompeya (Putumayo) (3)



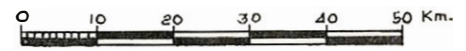
Calcáreo Travertínico de "La Calera" (4)



Caliza Cristalina de Sn. Francisco (5)



Calcáreo Travertínico de Cilles (6)



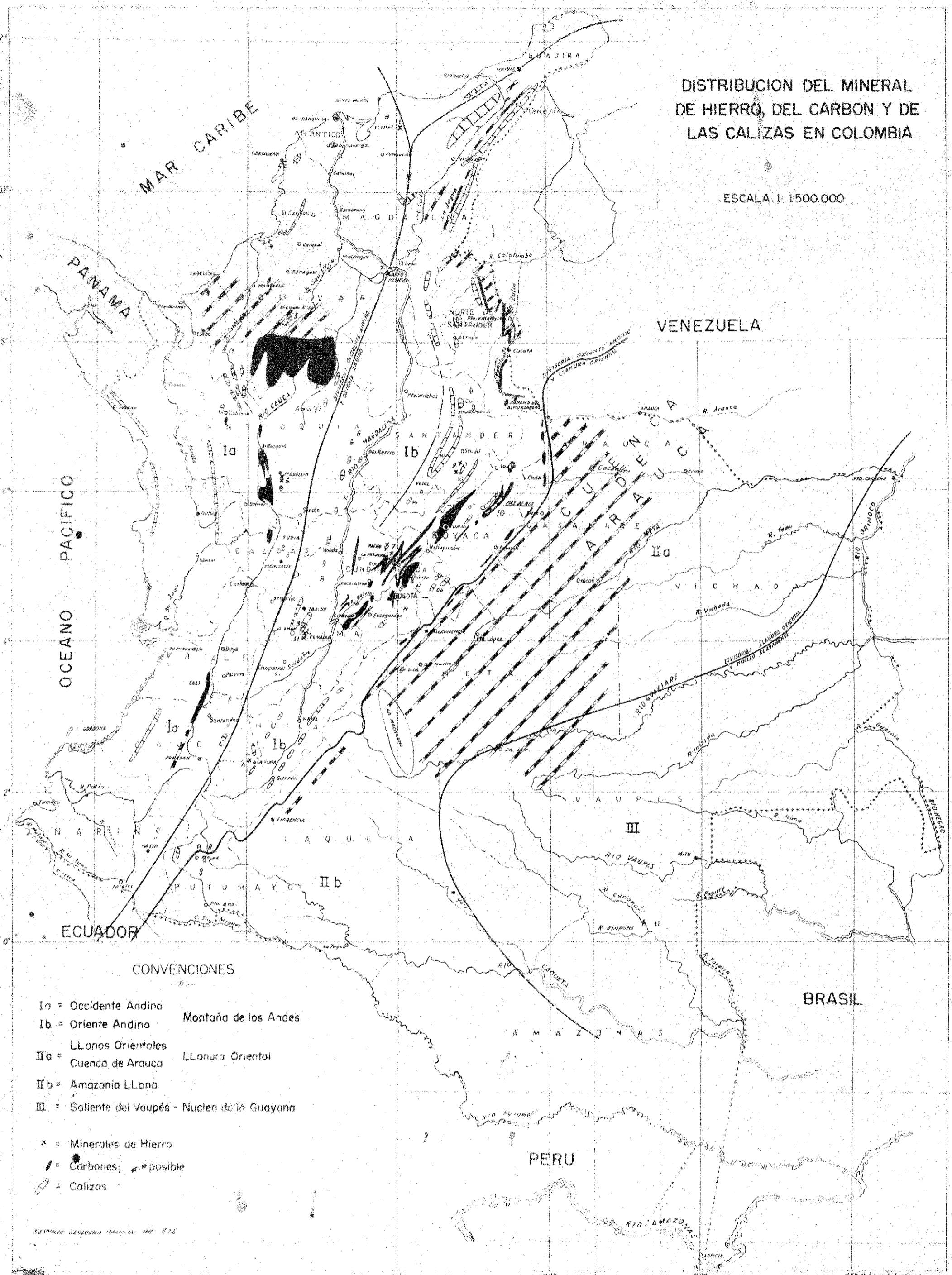
ESCALA 1:1'000.000

Dib. A. Cortés Posada

Fig. 5

DISTRIBUCION DEL MINERAL DE HIERRO, DEL CARBON Y DE LAS CALIZAS EN COLOMBIA

ESCALA 1:1.500.000



CONVENCIONES

- Ia = Occidente Andino
- Ib = Oriente Andino
- IIa = Llanos Orientales
- IIb = Amazonia LLana
- III = Saliente del Vaupés - Nucleo de la Guayana
- * = Minerales de Hierro
- = Carbones; ● = posible
- = Calizas

COLUMNA ESTRATIGRAFICA AL N. E. DE LENGUAZAQUE

LEVANTADA EN 1928 POR E. HUBACH E. A. SHEIBE Y E. GROSSE
 ESCALA 1: 2000

