Capítulo V

Carbonatos

Coordinadores: María Beatriz Ponce y Sebastián P. Gambaudo

Las rocas carbonaticas

María Beatriz Ponce [1] y Sebastián P. Gambaudo[2] (Ex aequo)

Introducción

Las rocas carbonáticas corresponden a variedades pétreas con una amplia aplicación en la industria, siendo la construcción y la fabricación de cemento los mayores demandantes. El empleo de estas rocas que incluyen no solo las calizas sino también las dolomías, dependerá de las propiedades mineralógicas y características fisico-químicas que posean. La utilización con fines agrícolas de esta variedad de rocas, constituye un porcentaje muy bajo en los países de Iberoamérica.

Con referencia a las calizas se debe señalar que este término es de tipo genérico puesto que por su amplitud abarca las rocas que contienen en su composición al menos 80% de los carbonatos de calcio o magnesio. Se acepta denominar con el término caliza aquellas rocas cuya fracción carbonática excede a la no carbonática. Generalmente, la fracción carbonática esta compuesta por calcita, reservándose la clasificación de dolomía a las formadas por el mineral dolomita.

El origen de las calizas es amplio e involucra a procesos de diferente índole entre los que se cuentan los mecánicos, químicos y bioquímicos. A su vez las rocas originadas por tales procesos, pueden sufrir modificaciones como consecuencia de cambios pos-sedimentarios donde los rasgos originales pueden resultar enmascarados o borrados.

Aún cuando la denominación de caliza no es la más adecuada desde el punto de vista petrográfico, razones de índole comercial y/o industrial, han contribuido a la persistencia de esta terminología utilizándose frecuentemente.

Génesis

Las rocas carbonáticas son poligenéticas y su formación se explica tomando como punto de partida un depósito sedimentario, el cual con tiempo suficiente y acción de la presión y la temperatura llega a transformarse en una roca metamórfica dando lugar a las formas cristalinas de calizas llamadas mármoles. Por otro proceso y en presencia de soluciones portadoras de magnesio, es posible el reemplazo metasomático entre iones de Ca por los de Mg, dando lugar a la formación de dolomías.

Una tercera alternativa genética, es la que da lugar a las carbonatitas y está vinculada a las rocas ígneas.

La clasificación geológica de las rocas carbonáticas se basa principalmente considerando la génesis y la mineralogía.
El Cuadro V-1 muestra un esquema que incluye los procesos genéticos a partir de los cuales se

diferencian las rocas carbonáticas.

Rocas carbonáticas sedimentarias

La caliza cuyo origen es sedimentario está compuesta generalmente por el mineral calcita ($CaCO_3$) o por su polimorfo aragonita. La presencia de aragonita debido a su carácter inestable, es un indicador de materiales de formación reciente. La dolomía se corresponde con una roca sedimentaria pero contiene el mineral dolomita ($CaMg(CO_3)_2$). Tal como se ha mencionado más arriba, la formación de este último mineral se realiza por sustitución metasomática del calcio por magnesio como consecuencia de la acción de soluciones ricas del segundo elemento. Existen otros carbonatos que pueden encontrarse asociados tanto a las calizas como a las dolomías, entre ellos siderita ($FeCO_3$), ankerita ($Ca_2MgFe(CO_3)_4$) y magnesita ($MgCO_3$).

Gran parte de los carbonatos sedimentarios han tenido su origen en procesos químicos y bioquímicos; entre estos últimos, se cuentan los formados por esqueletos de microorganismos y moluscos.

Entre las rocas sedimentarias carbonáticas se identifican la denominada tiza (Chalk), con textura formada por cristales muy finos (micrítica), de color blanco, con tacto relativamente suave y porosa.

Otras variedades incluyen la llamada marga (arcilla calcárea), travertino (precipitación de carbonato de calcio a partir de aguas termales) y vetas de calcita (cristales gruesos asociados a baritina epigenética, fluorita y minerales de plomo y cinc).

Rocas carbonáticas ígneas

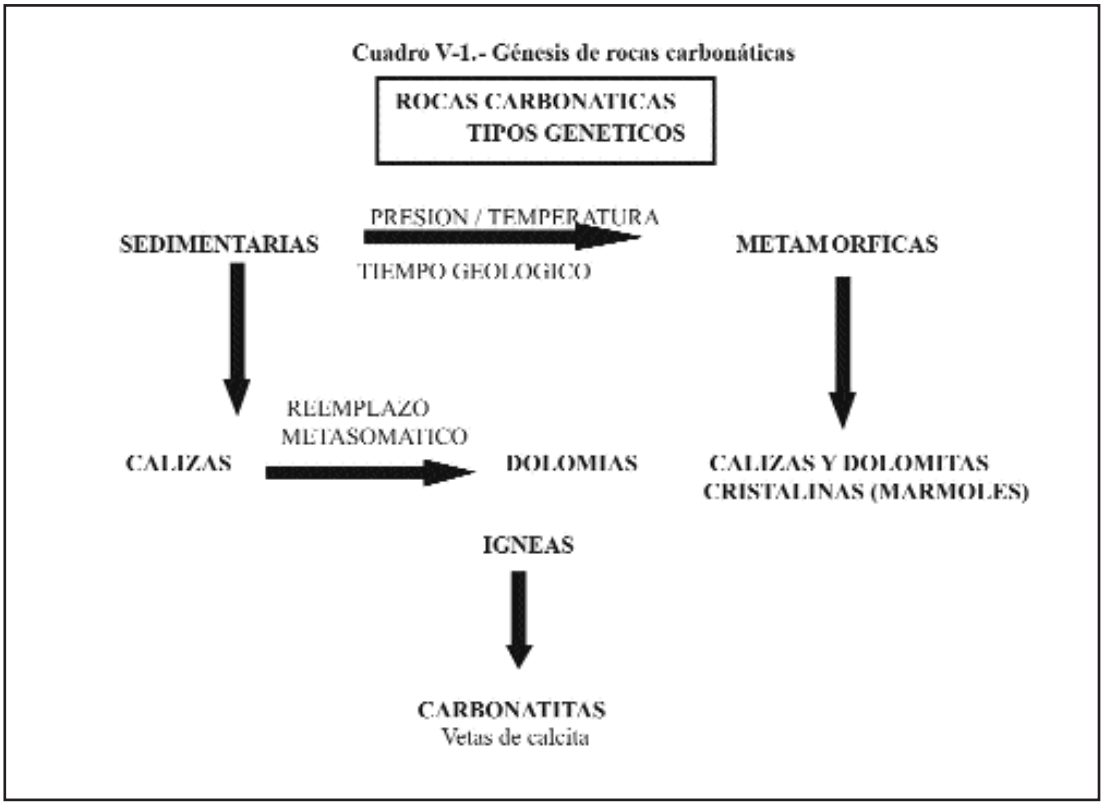
Denominadas carbonatitas, son poco comunes y se encuentran formadas por carbonatos de calcio, magnesio y/o hierro apareciendo en los anillos intrusivos alcalinos de áreas de basamento antiguo o como rocas intrusivas o volcánicas dentro de estructuras profundas (www.segemar.gov.ar) .

Rocas carbonáticas metamórficas

Corresponden a calizas y dolomías que por efecto del metamorfismo han experimentado un proceso de recristalización, pasando a denominarse mármoles. Las impurezas más frecuentes para este tipo de rocas están representadas por cuarzo, mica, cloritas, hematita y limonita.

Impurezas comunes en rocas carbonáticas

Es frecuente encontrar impurezas junto a las rocas carbonáticas, constituyendo una información importante ya que posee incidencia en el valor económico del yacimiento. Las más comunes



Cuadro V-1.- Génesis de rocas carbonáticas

están constituidas por materiales arcillosos, los cuales son detectados a partir de los residuos solubles después del ataque ácido. La sílice es también un mineral bastante común en las calizas; puede presentarse como calcedonia en forma de grano fino, esferulitas o como relleno entre los cristales rómbicos de rocas dolomitizadas. También puede aparecer formando nódulos ya como ftanita o pedernal. Cuarzo detrítico se ha observado en calizas y dolomías.

La siderita raramente aparece en calizas. El hierro ferroso puede aparecer diseminado; aunque una leve oxidación da como resultado la descomposición de la siderita, siendo observable la distribución de manchas de óxido en los bordes de los cristales y en las superficies de clivaje.

Como un componente menor puede aparecer feldespato como cristales de tipo autígeno y raramente sobrepasa el 40% de la composición total de la roca.

Glauconita, colofana y pirita entre los componentes menores pueden ser encontrados. La primera se presenta como gránulos redondeados constituyendo localmente, concentraciones abundantes. La segunda es producto de detritos esqueléticos fosfáticos tales como conchas de braquiópodos y espinas de peces.

La pirita puede encontrarse como granos dispersos que por procesos de oxidación, pasa a formar

CO_2 DISUELTO EN HIDROSFERA				
PROCESOS BIOGENICOS	ACCION BIOQUIMICA	DEPOSITOS BIOACUMULADOS	CIENOS CALCAREOS BIOSTROMAS	CRETA CALIZA COQUINOIDE
	ACCION BIOQUIMICA	DEPOSITOS BIOCONSTRUIDOS	ARRECIFE BIOHERMAS ESTROMATOLITOS	CALIZA REFRACTAL CALIZA BIOHERMAL CALIZA ESTROMATOLITICA
	ACCION QUIMICA O BIOQUIMICA	PRECIPITADOS Y / O BIOACUMULADOS	FANGOS CALCAREOS ARENAS OOLITICAS	FANGOCALCITA CALIZA OOLITICA
PRECIPITACION QUIMICA INORGÁNICA				TOSCA TUFA TRAVERTINO
FRAGMENTACION MECANICA	CLASTOS CARBONATICOS		FANGOS CALCAREOS CALCARENITAS CONCHILLAS	FANGOCALCITA MICROCOQUINA COQUINA

Cuadro V-2. Procesos de formación de calizas

CATEGORIA	COMPOSICION % $CaCO_3$
Muy alta pureza	> 98,5
Alta pureza	> 97,0 – 98,5
Medianamente pura	> 93,5 – 97,0
Baja pureza	85,0 – 93,5
Muy baja pureza	< 85,0

Cuadro V-3. Clasificación química de calizas
Fuente: Mineralogy and Petrology Group, British Geological Survey

limonita. Raramente una caliza contiene una cantidad de pirita suficiente como para ser calificada de pirítica.

El bitumen por su parte, puede ser abundante en algunas calizas a las que les confiere color gris a negro y eventualmente, al partirse exhalar un fuerte olor fétido.

Clasificación

Tanto la génesis como los procesos a que hayan sido sometidas las rocas carbonáticas, estarán reflejados en la composición mineralógica. El proceso de formación de las calizas junto con el origen y naturaleza del mismo permite definir algunas características de las mismas (Cuadro V-2).

Teniendo en cuenta la variedad de los procesos de formación raramente las rocas carbonáticas están constituidas por un único mineral. Normalmente aparece calcita, dolomita y otros materiales cuya composición sea no carbonática.

Desde el punto de vista de la aplicación industrial uno de los parámetros que se tienen en cuenta se refieren a la composición química casi más que en la composición mineralógica, razón por la cual se especifica el contenido de $CaCO_3$ (ó CaO) y $MgCO_3$ (ó MgO) o ambos.

Las calizas de grado químico son clasificadas según el contenido de carbonato presente (Cuadro V-3)

Esta clasificación apunta exclusivamente al contenido de carbonato de calcio y dependiendo de alguna aplicación específica aparte de determinar los componentes mayoritarios (CaO, MgO, SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, Na_2O, K_2O, P_2O_5, MnO y S, F, Cu, Pb y Zn) también se analiza la presencia de As, Cr, Co u otros elementos. Relacionado con la pureza se menciona el color, ya que un mínimo contenido de algún material no carbonático produce un marcado cambio del mismo.

Mineralogía

Los principales minerales que componen las rocas carbonáticas y sus propiedades se muestran en el Cuadro V-4.

Básicamente en los grupos de carbonatos anhidros se agrupan según pertenezcan a la calcita, dolomita y aragonito tal como se muestra en el Cuadro V-5.

El carbonato de calcio puede emplearse en forma de crudo y molido, como precipitado o calcinado.

En el caso del carbonato de calcio molido, producto generalmente destinado a encalado es procesado a través de las operaciones de:

Carbonato de calcio molido

Extracción: Se desmonta el área a trabajar y se lleva a cabo el descapote, posteriormente se procede a barrenar aplicando el patrón de barrenación para homogeneizar la fragmentación de la roca, se realiza la carga de explosivos y se efectúa la voladura, carga y acarreo a planta de trituración.

Trituración: Los trozos son puestos en las quebradoras con el fin de reducir su tamaño y facilitar la siguiente etapa que corresponde a la molienda.

MINERAL	SISTEMA CRISTALINO	DUREZA MOHS	DENSIDAD	COLOR
CALCITA $CaCO_3$	Hexagonal Clivaje romboedral	3	2,72	Comúnmente incolora o blanca. Coloreada por impurezas.
DOLOMITA $CaCO_3.MgCO_3$	Hexagonal Romboedros de caras curvas	3,5 a 4	2,87	Comúnmente blanco o rosado
ARAGONITA $CaCO_3$	Ortorombico	3,5 a 4	2,93 – 2,95	Comúnmente incoloro, blanco o amarillo. Otros colores por impurezas
SIDERITA $FeCO_3$	Hexagonal Cristales rómbicos distorsionados	3,5 a 4	3,7 – 3,9	Comúnmente marrón o negro
ANKERITA $Ca_2MgFe(CO_3)_6$	Hexagonal Cristales romboédricos	3,5 a 4	2,9	Comúnmente blanco, rosado o gris
MAGNESITA $MgCO_3$	Hexagonal Granular o masas terrosas	3,5 a 4	2,96 – 3,1	Comúnmente blanco o amarillento. Otros colores por impurezas

Cuadro V-4. Propiedades físicas de los minerales más comunes de las rocas carbonáticas

GRUPO DE LA CALCITA	GRUPO DE LA DOLOMITA	GRUPO DEL ARAGONITO
CALCITA (Ca)	DOLOMITA (CaMg)	ARAGONITO (Ca)
MAGNESITA (Mg)	ANKERITA (CaFe)	WITHERITA (Ba)
SIDERITA (Fe)	KUTNAHORITA (CaMn)	ESTRONCIANITA (Sr)
RODOCROSITA (Mn)	----------	CERUSITA (Pb)
SMITHSONITA (Zn)	----------	----------

Cuadro V-5. Minerales según el grupo de carbonato

Molienda: El producto triturado es introducido a los molinos para reducir aun más el tamaño del grano del carbonato de calcio hasta convertirlo en polvo, así como preparar la granulometría requerida por el usuario.

Clasificación: El producto obtenido en la molienda contiene varios tamaños de partículas por lo que es necesario separarlas y remover las sustancias extrañas. Lo anterior es importante porque los requerimientos de la industria están relacionados con la granulometría, blancura y pureza, entre otros.

Envase y Embarque: El carbonato de calcio es envasado a través de una tolva de envase en bolsas de papel, de hule o cargado directamente en carros para su entrega a granel.

Precipitado

El carbonato de calcio precipitado es el compuesto químico de fórmula $CaCO_3$, obtenido por la precipitación del calcio en forma de carbonato. Tiene menos impurezas, más brillo y morfología

controlada, es usado como relleno y extensor en plástico, pintura, papel y adhesivos; así como en productos para aplicación en alimentos y farmacéutica. Otras aplicaciones en que puede usarse es en recubrimientos y elastómeros. El proceso para obtenerlo se denomina Carbonatación

La forma más común para obtener carbonato de calcio precipitado consiste en pasar CO_2 en forma de gas a una solución de lechada de cal, realizándose las siguientes reacciones químicas:

Calcinación $CaCO_3 \longrightarrow CaO+CO_2$

Hidratación o apagamiento $CaO + H_2O \longrightarrow CaO+(OH)_2$

Carbonatación $Ca(OH_2) + CO_2 \longrightarrow CaCO_3+ H_2O$

Cuando el procesado del carbonato de calcio implica temperatura el destino de uso es la fabricación de cal y cemento.

TIPO	GENESIS	CARACTERISTICAS	USOS
Calizas organógenas	Sedimentación de restos orgánicos en lechos marinos asociados con arenas o arcillas	Bancos de espesores variables con textura de grano fino o compuestos por acumulación de restos de coquinas, con parcial cementación de carbonato de calcio y algo de sílice	Esencialmente como filler en pinturas, gomas, plásticos, papel, cosmética. Cemento Cal para siderurgia **Mejorador de suelos**
Calizas químicas	Precipitación como barros en cuerpos de agua compactados	Forman la tosca o caleretes	Cemento Cal Baldosas y losetas Cerámica Base de caminos
Calizas clásticas	Clastos carbonáticos con cemento calcáreo	Restos fósiles acumulados por transporte	Cemento Cal **Agricultura**
Calizas metamórficas	Depósitos de bajo grado de metamorfismo	De colores blanco a gris claro. No son mármoles Sensu Stricto	Ornamental. Baldosas Cales Vidrio Filler

En el Cuadro V-6 se resumen los usos industriales de la caliza de acuerdo a su génesis.

Cuadro V-6. Génesis y Usos industriales de la caliza

Del cuadro se evidencia que la aplicación de esta variedad de rocas en agricultura representa un uso menor.

Entre los productos más conocidos con destino a la industria se mencionan:

a) Caliza metamórfica para roca dimensional. Se identifica como mármol
b) Triturada para uso químico
c) Triturada para uso como agregado

d) Molida para empleo como carga mineral de bajo valor
e) Molida a tamaños finos para cargas minerales.
f) Molida a tamaño ultrafino para carga de alto valor.
g) Molida y aglutinada en pellet
h) Caliza calcinada para fabricación de cemento
i) Fabricación de cal
j) Fabricación de cal hidratada
k) Fabricación de cal con CO_2
l) Carbonato de calcio precipitado.

Usos

Es muy amplia la aplicación de calizas y dolomías en la industria. El uso más importante está dirigido a la construcción tanto como agregado o en la producción de cal y cemento; también en la industria del hierro y el acero, en química, en fabricación de vidrios, como carga mineral u otros usos específicos.

La agricultura emplea tanto calizas como dolomías en procesos de encalado y enmiendas con la finalidad de reducir la acidez de los suelos o bien para incrementar el contenido de calcio y magnesio, considerados como nutrientes.

En el caso de la dolomita no solamente se la emplea como aditivo para los suelos sino también como material base para los fertilizantes; para este último caso, debe contener como mínimo 90% de $CaCO_3/MgCO_3$ combinado, así como un contenido de sílice que no exceda el 5%. Cuando la dolomita es de bajo grado (15 A 20% MgO) se usa como acondicionador de suelos.

Entre las especificaciones que debe cumplir la caliza /dolomía se refieren al Equivalente Químico (EQ), es decir la capacidad que posee la roca para neutralizar la acidez del suelo a partir de la comparación con el poder de neutralización del carbonato de calcio puro, al cual se le asigna el valor de 100%.

Otra característica que se toma en cuenta es el tamaño de partícula, puesto que con un aumento de la finura existe un aumento de la superficie específica y consecuentemente, su poder de reacción.

Carbonatos. Su uso en la agricultura

En un ecosistema, los suelos tienen cuatro funciones básicas: 1) soportar la estructura física de las plantas para que las mismas puedan vivir, 2) proporcionar, en sincronía con el aire de la atmósfera, aire y temperaturas compatibles con la fisiología de los organismos del ecosistema, 3) recibir, retener y proporcionar agua a las plantas y 4) proporcionar la mayor parte de los nutrimentos esenciales para las plantas y animales.

La sustentabilidad del uso del suelo para la producción de cultivos está principalmente condicionada por las cantidades finitas de nutrimentos esenciales presentes. Estas cantidades dependen del ma-

terial geológico que originó a los suelos y a factores como el clima, la topografía y los organismos. Cuando los recursos naturales se utilizan sobrepasando los límites de su regeneración natural, se producen desequilibrios ambientales que retardan la resiliencia, es decir la recuperación del equilibrio del ecosistema, afectando la existencia de todos los seres vivos.

El objetivo de este documento es cuantificar el uso actual y potencial en Latinoamérica de rocas minerales calcíticas y dolomíticas para la corrección de suelos ácidos, como así también de aquéllos en los cuales es necesario corregir deficiencias de elementos como el calcio y el magnesio.

Argentina

María Beatriz Ponce [1] y Sebastián P. Gambaudo[2] (Ex aequo)

Las rocas carbonáticas en Argentina

Las rocas carbonáticas de diversas variedades se hallan ampliamente distribuidas en Argentina. De acuerdo a su aplicación tecnológica, los minerales compuestos por carbonato de calcio poseen una gran demanda entre las industrias argentinas, entre ellas la agricultura.

Entre las distintas rocas cuya composición es eminentemente de base carbonato, las más representativas y empleadas con fines industriales corresponden a las calizas y dolomías.

El concepto de caliza implica un término genérico, en especial para el productor de cal, que identifica aquellas rocas que contienen como mínimo un 80% de carbonato de calcio o magnesio. Desde la geología, la denominación de caliza se aplica solamente en aquellas rocas cuya fracción carbonática es proporcionalmente mayor a los componentes no carbonáticos.

La génesis de esta variedad de rocas puede esquemáticamente, ser explicada tomando como inicio un depósito sedimentario, el cual por los efectos de presión, temperatura y tiempo suficiente, pasa a transformarse en una roca metamórfica dando lugar a formas cristalinas de calizas, denominadas mármoles. Por otra vía, en presencia de soluciones con magnesio, se produce el reemplazo metasomático Ca-Mg, formando dolomías.

Una tercera forma es la vinculada a rocas ígneas, donde dan lugar a las carbonatitas, formándose vetas de calcita.

Las condiciones genéticas de formación unido a procesos posteriores son los que condicionan la variedad mineralógica de las rocas calcáreas.

Geología

El territorio argentino ha sido dividido en diferentes unidades geológicas que coinciden parcialmente con la fisiografía.

Desde una perspectiva orográfica y geológica se mencionan regiones que agrupan diferentes unidades morfoestructurales.

Puna: Ubicada en el extremo sur del Altiplano boliviano y peruano, alcanza el territorio argentino a partir de los 21°45´S , en el límite con Bolivia extendiéndose hasta la ladera austral de la

[1] *Instituto de Tecnología Minera - SEGEMAR - bea@inti.gov.ar*
[2] *INTA EEA Rafaela - sgambaudo@rafaela.inta.gov.ar*

Cordillera de San Buenaventura. El clima árido unido a una geografía que desarrolla una altiplanicie sobre elevada a los 3.700 m s.n.m. se halla limitada por los cordones cordilleranos Oriental (E), pasando a la Cordillera Frontal y al Sistema de Famatina al sur. En este sector se encuentran depósitos continentales de edad neopaleozoica que contienen en su parte media calizas carboníferas. La característica predominante de la Puna es la presencia de distintas formas de vulcanismo orogénico cenozoico los que se intercalan con depósitos terciarios continentales que han dado lugar al desarrollo de cuencas intermontanas mayormente endorreicas, que culminan con depósitos evaporíticos que forman los grandes salares. Entre las formaciones que se desarrollan se ubica la correspondiente al Grupo Salta de edad cretácica restringida al sector septentrional de la Puna. Alli se identifican las calizas oolíticas, dolomíticas y arenosas de la Formación Yacoraite. Otro grupo de interés es el de Pastos Grandes formado por sedimentos continentales cenozoicos que poseen depósitos de boratos, sal de roca y yeso. Sincrónicamente a Pastos Grandes y en la etapa final del vulcanismo con emanaciones y vertientes boracíferas y calcáreas, se forman las cuencas endorreicas con boratos, cloruro, sulfatos y carbonatos de sodio (salares y salinas).

Cordillera Oriental: Corresponde a los Andes de Salta y Jujuy. El ambiente presenta cadenas montañosas subparalelas de orientación NNE separadas por profundos valles. El clima es seco y templado a frío con fuertes vientos. Esta unidad geológica corresponde al basamento precámbrico formado por esquistos cuarcíticos, filitas y pizarras afectados por metamorfismo de bajo grado. Este paquete se encuentra en la Formación Puncoviscana y dan lugar a la aparición de yacimientos de piedra laja en la Sierra de Mojotoro (Salta) y El Carmen (Jujuy). En forma infrayacente, se localiza la Formación Volcán con sedimentos calizos, objeto de explotación. La Formación Yacoraite también presenta en su composición calizas y dolomías en las localidades de El Volcán y Agua Chica.

Sierras Subandinas: Ubicada al este de la Cordillera Oriental y la llanura chacobonaerense, constituyendo una faja de rumbo N-S. Posee un complejo plegamiento con elevaciones coincidentes con anticlinales asimétricos afectados por fallas de empuje, inversas e inclinadas hacia el oeste. En esta unidad geológica se explotan depósitos de calizas oolíticas, dolomíticas y estromatolíticas de la Formación Yacoraite (Mesozoico) en la sierra de Puesto Viejo (Jujuy). La Formación Río Salí también posee depósitos de calcáreos oolíticos , los que son explotados en la sierra de La Ramada (Tucumán), lo mismo que los bancos de yeso de la cuenca Vipos-Tapia.

Sistema de Famatina: Abarca un conjunto de bloques serranos desde el norte de Chaschuil comprendiendo las sierras de Las Planchadas, Narváez, Famatina, Paimán, Vilgo, Sañogasta y Paganzo. La aparición de rocas carbonáticas se ubica en los travertinos del Pleistoceno-Holoceno de amplio emplazamiento en el faldeo occidental de la unidad.

Sierras Pampeanas: Unidad geológica limitada al norte por la Puna y la Cordillera Oriental, al este y sur con la Cuenca Chaco Paranaense y por el oeste con el Sistema de Famatina y Precordillera. Geológicamente esta formada por un basamento cristalino (Precámbrico) depositado en ambiente de cuencas marinas como materiales areno-arcillosos y sedimentos carbonáticos. El tectonismo posterior con sus procesos de deformación y metamorfismo regional con intrusiones de rocas ácidas, conformó un cuadro altamente complejo. Esta unidad registra grandes espesores de metamorfitas tales como esquistos, gneises, calizas-dolomías (mármoles) donde participan rocas básicas y ultrabásicas. En este ámbito son objeto de explotación yacimientos de calizas y dolomías de la sierra de Ancasti (Catamarca), calizas cristalinas del Morro de Peñas Azules (Tucumán). En la provincia de Córdoba en la sierra Chica hay yacimientos de calizas y dolomías; también en la

sierra El Gigante (San Luis), la sierra de Pie de Palo (San Juan) y Santiago del Estero.

Precordillera: Se desarrolla en las provincias de San Juan y Mendoza entre las Sierras Pampeanas y la Cordillera Frontal. De importancia son las acumulaciones de calizas y dolomías ordovícicas de la Formación San Juan extendiéndose hasta La Rioja a la altura del río Guandacol y terminando en el cerro La Cal en Mendoza. En este potente complejo se explotan mármoles, calizas y dolomías. Bancos carbónicos de ambiente continental se detectan en la Precordillera riojana.

Cordillera Frontal: Corresponde a la cadena montañosa que se ubica entre la Precordillera y la Cordillera Principal desde el norte de la provincia de San Juan hasta la latitud del río Diamante en Mendoza. De edad Precámbrica es el complejo metamórfico formado por micacitas, filitas, anfibolitas, cuarcitas y calizas.

Sistema de Ventania y Tandilia: Ambos desarrollados en la provincia de Buenos Aires. El mas septentrional denominado Tandilia constituye cordón discontinuo con amplios valles y abras emerge de la llanura pampeana bonaerense con orientación NO-SE. Las sierras de Olavaria están formadas por estratos subhorizontales de composición granitoide. Perteneciente al Paleozoico se identifican las calizas de la Formación La Tinta. Las dolomías se ubican entre dos miembros cuarcíticos en Sierras Bayas en forma de un banco guía muy homogéneo y uniforme con típico color bayo (castaño amarillento). En la zona Boca de la Sierra se presenta con estructuras algales o estromatolíticas. Ya cercano a Barker, las Sierras Bayas y serranías del lugar poseen calizas que por su coloración llega a ser negra o chocolate. Por su parte el Sistema de Ventania constituye las denominadas Sierras Australes, cuyo conjunto surge de la llanura pampeana con rumbo NO-SE.

Región Patagonia-Comahue: De esta región participan varias unidades morfoestructurales, de las sólo se mencionarán aquellas que posean depósitos de rocas carbonáticas.

Precámbrico: Se identifican calizas cristalinas en la sierra de Pailemán y Yaminué (Río Negro).

Paleozoico: En el ámbito cordillerano de Chubut y Santa Cruz, afloran sedimentitas marinas afectadas por distinto grado de metamorfismo. Los depósitos de esta naturaleza han permitido explotar canteras de pizarras, calizas y esquistos. Al oeste de la provincia de La Pampa se encuentran sedimentos representados por calizas, cuarcitas y vulcanitas.

Mesozoico: En el área de la Cuenca Neuquina-Cordillera Principal la manifestación correspondiente a la trasgresión marina se inicia con depósitos calcáreos coralinos a los que le sigue la Formación Auquilco (Yeso Principal). La Formación Vaca Muerta también posee yacimientos de calizas oscuras explotadas en las proximidades de Zapala y en la sierra homónima. Los depósitos de yeso y caliza presentes en el alto Valle del Río Negro se relacionan con los movimientos larámicos que ocasionan la intrusión del batolito andino generando una intensa plutonización.

Cenozoico-Terciario: A este período pertenecen las manifestaciones de calizas organógenas con intercrecimiento con arcillas de la Bahía Bustamante (Chubut), lo mismo que las explotadas en Comodoro Rivadavia. En Pico Truncado (Santa Cruz) esta unidad muestra bancos de coquina

de gran espesor.

Composición Química

La composición química de las calizas refleja prácticamente su composición mineralógica. Es posible considerar que las calizas están formadas esencialmente por calcita, con lo cual las proporciones de CaO y CO_2 serán elevadas llegando a 95% del total. Otros componentes incluyen MgO, el que puede representar una variable importante, si su proporción excede el 1 ó 2 %, lo que seguramente dará lugar a la formación del mineral dolomita. En caso que la proporción de óxido de magnesio no superara la proporción señalada, se clasificaría como caliza magnesiana.

La presencia de Mg indica el contenido de este elemento en la parte detrítica de la caliza, como también el desarrollo de procesos de alteración química. Especialmente importante es el de dolomitización, por el cual una caliza generalmente incorpora magnesio.

La sílice también puede encontrarse entre los compuestos carbonáticos bajo la forma de ftanita (amorfa). Cuando existen materiales arcillosos que participan en los procesos que los vinculan a las calizas, aparece el óxido de potasio y el agua de combinación.

Excepcionalmente, las calizas pueden ser portadoras de componentes menores tales como fósforo, óxido de hierro o sulfuro.

Las rocas cuya génesis ha sido de tipo biogénica, presentan particularidades que son evidentes en los caparazones de crustáceos los que pueden contar con un contenido de fosfatos mayor, conchas aragoníticas con déficit de óxido de magnesio y conchas calcíticas que preferentemente son más ricas en ese componente.

Los contenidos en carbonato de calcio de las rocas provenientes de depósitos argentinos son muy variables, desde menos de 85% hasta muy alto como 98,5%.

Las impurezas se corresponden con contenidos de dolomita, arcillas, limos, arenas y conglomerados.

Usos de las rocas carbonaticas

Muchas son las industrias que emplean las rocas carbonáticas ya sea sin modificarlas o sometiéndolas a procesos de transformación. En Argentina la mayor demanda proviene de la industria de la construcción, en la fabricación de cemento, en siderurgia, manufacturas de vidrios e industria química.

En los últimos años está teniendo una importante demanda su aplicación en la corrección de la acidez de suelos destinados a cultivos. En este último caso se emplean calizas organógenas, clásticas, dolomías y eventualmente travertinos.

El aporte de Ca y Mg a partir del agregado de calizas, a suelos que se han acidificado debido a

la intensidad de los cultivos, permite recuperar o conservar la fertilidad de los mismos. De esta forma, se logra llevar el pH a valores entre 5 y 7 considerados adecuados que permite la asimilación de nutrientes en el agrosistema.

El procedimiento por el cual se incorpora carbonatos en el suelo se denomina encalado. La proporción en que se adiciona dependerá del estado esencialmente del suelo, de la variedad de cultivo, de las necesidades de fósforo y molibdeno y aporte de Ca y Mg (Gambaudo, 2002).

El agregado de carbonato con fines agrícolas comprende varias especies:

* Carbonato de calcio ($CaCO_3$) como mineral, teniendo en cuenta las exigencias de la norma correspondiente.
* Dolomita ($CaCO_3$. $MgCO_3$) mineral que aporta no sólo calcio sino también magnesio.
* Cal en su forma apagada, ($Ca(HO_2)$).
* Magnesita (MgO).

Normativa argentina sobre el uso de carbonatos con fines agropecuarios

El Instituto Argentino de Normalización - IRAM - cuenta con la norma 22451: 97, en la cual se definen los requisitos y ensayos para las rocas carbonáticas destinadas a la industria agropecuaria.

La eficiencia del material empleado para encalar depende esencialmente de la velocidad de reacción de éste con el suelo. Intervienen como variables la solubilidad del material, su densidad, su estado cristalino y dureza entre otros. Por otra parte la solubilidad se halla fuertemente relacionada con la finura o grado de molienda, ya que al poseer mayor finura, aumenta la superficie específica del material que va a reaccionar.

No obstante, se debe tener en cuenta que un material extremadamente fino, podría presentar problemas de aplicación y escaso poder residual; en tanto uno demasiado grueso, tiene escasa solubilidad demorando su reacción con el suelo.

La norma IRAM tomó como referencias las normas americanas ASTM C25:95, C50:91 y C 602:95 y las españolas UNE 142-102 : 94, UNE 142-401 : 94, UNE 142-402 : 94 y UNE 142-403 : 94.

El análisis químico de la roca calcárea de potencial uso en suelos agrícolas, deberá indicar los contenidos de residuo insoluble, sílice, alúmina, óxido de hierro, óxido de calcio, óxido de azufre, pérdida por calcinación a 1000 °C y pérdida a 105-110 °C asociada a la humedad. Es conveniente determinar la alcalinidad para conocer la asociación existente el calcio y el magnesio en la muestra, como también determinar los cationes solubles en agua, ya que este dato brinda información sobre la rápida disponibilidad de muchos de ellos.

También por vía química se identifican elementos considerados peligrosos de acuerdo a lo establecido en la ley de Residuos Peligrosos N°24051; ellos son: Sb, As, Ba, Be, Cd, Co, Cu, Cr, Sn, Hg, Ni, Ag, Pb, Se, Te y V.

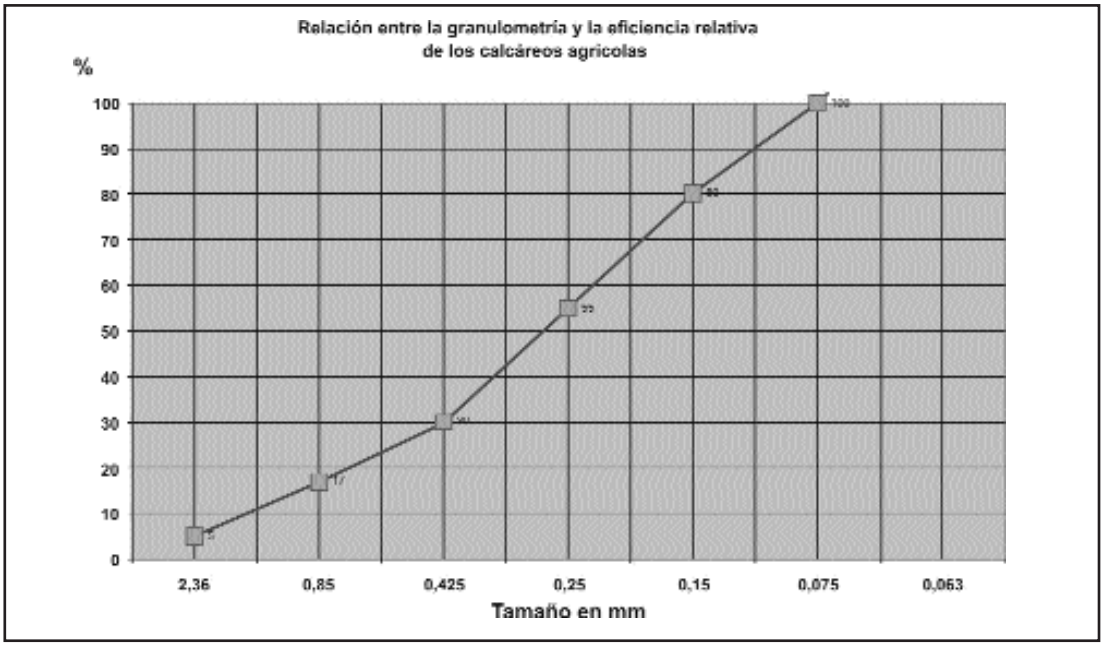
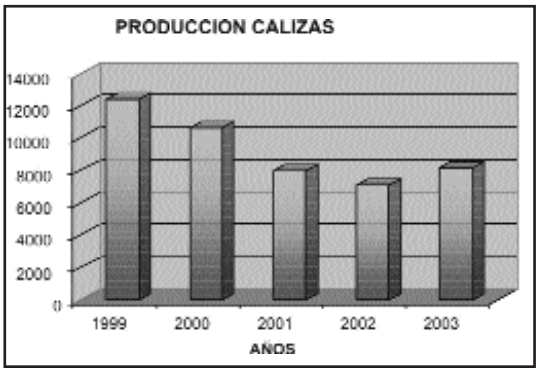
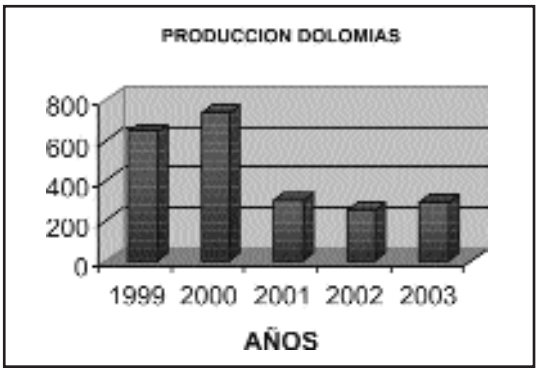


Figura V-1 . Granulometría y E.C.C.





La producción de calizas en el período 1999-2003 muestra que a partir del año 2002 se ha incrementado, hecho que no se cumple de la misma forma en el caso de las dolomías.

Recursos mineros

Existe una amplia distribución en la República Argentina de yacimientos de rocas carbonáticas de tipo calizas (en todas sus variantes) y dolomíticas.

Básicamente se distinguen las siguientes regiones geográficas donde es posible ubicar los yaci-

mientos y depósitos:
a) Noroeste (Jujuy - Tucumán - Catamarca - La Rioja)
La formaciones más antiguas (Volcán en Jujuy , Peñas Azules en Tucumán y Sierra Brava en Catamarca) se relacionan con origen metamórfico.
b) Centro - Cuyo (San Juan - San Luis - Córdoba -Mendoza)
Se corresponden a depósitos de basamento y de cuenca.
c) Cuenca Neuquina (Neuquen - Río Negro - Chubut)
Pertenecen a depósitos de origen marino.
d) Provincia de Buenos Aires

Depósitos de origen marino, ubicados geográficamente en las Sierras Septentrionales.

En el Cuadro V-7 se resumen los depósitos/yacimientos/canteras de calizas y dolomías de las

Cuadro V-7. Depósitos, yacimientos y canteras de rocas carbonáticas

Dep./Yac/Cant.	PROVINCIA	CARACTERISTICAS	USO y Pot. Agr.
Fm Villa Mónica Sierras Bayas *La Teresa * El Progreso * Cerro Largo Origen sedimentario	**BUENOS AIRES**	Dolomitas con cuarcitas y pelitas. $CaCO_3$ 88,6 – 89,8% $MgCO_3$ 1,3 – 6,2%	Roca ornamental Piedra partida para construcción. Fabricación de vidrio
Fm Loma Negra **Loma Negra** Providencia Origen sedimentario		Calizas de tipo micríticas y subespariticas. Espesores de 40 m. $CaCO_3$ 86–91% $MgCO_3$ 1,7%	**Excelente Potencial Agrícola con control de otros compuestos**
Fm Yacoraite * Cant. Adriana * Cant. Mairnará * Cant. Silvia * Cant. Elisco * Cant. Adriana Origen sedimentario	**JUJUY**	Calizas masivas, politicas, travertino, aragonita y ónix. Con estratos de areniscas calcáreas Contenido $CaCO_3$ superior al 85%.	Fabricación de cemento Fabricación de cal
Fm Volcán * Cant. Volcán Metamórfico		Calizas metamórficas $CaCO_3$ 95%	**Buen Potencial Agrícola con control de otros compuestos**
Fm Sierra Brava * Cant. Ben Hur * Ojo de Agua * La Esperanza/El Porvenir * Cant Esquiú * El Cerrito/El Morro * La Calera Metamórfico	**CATAMARCA**	Mármoles con intercalaciones de esquistos. Calizas magnesianas y dolomitas. $CaCO_3$ 87 – 96% $MgCO_3$ 0,5 – 5,5%	Fabricación de cal y cemento Roca ornamental **Buen Potencial Agrícola con control de otros compuestos**

Fm Río Salí	**TUCUMAN**		
* La Ramada		Calizas masivas, grano fino y textura oolítica. Con capas de arcilitas y yeso. $CaCO_3$ 78% $MgCO_3$ 17%	Fabricación de cal
Fm Peñas Azules			
* Las Bardas		Intercalaciones de calizas y gneises. La primera posee potencias entre 60 y 190 m	
* Peña Redonda			
* Sector Occidental		Caliza granular o microcristalina $CaCO_3$ 87 – 92% $MgCO_3$ <5%	**Buen Potencial Agrícola**
Santa Bárbara	**LA RIOJA**	Bancos travertínicos con alternancia de aragonita y óxix. $CaCO_3$ 89% $MgCO_3$ 2.5%	Fabricación de cal.
Qda. Chorrillos		Dolomitas cristalinas en parte calcíticas. $CaCO_3$ 48 – 52 % $MgCO_3$ 30 – 44%	Roca ornamental
Fm Espinal Nueva Esperanza		Calcáreos en forma de bancos en parte silicáticos.	
El Salto		Caliza cristalina, granulosa, a veces con cloritas y óxidos de Fe.	
Fm San Juan Guandacol		Calizas y dolomías con nódulos de pedernal e intercalaciones de arenas, conglomerados y venillas de calcita. $CaCO_3$ 90% $MgCO_3$ 3,2%	Fabricación de cemento
		Areniscas conglomerádicas con cemento calcáreo	
Las Lorritas		Banco de caliza cristalina granulosa	Fabricación de cal
El Totoral			**Buen Potencial Agrícola**

* Carapé * Candonga	**CORDOBA**	Mármoles en dos cuerpos: O con tendencia dolomitica y Este, de tipo calcítico.	
		Carbonatos dolomiticos. OMg 18%	
Falda del Carmen.Lagunilla * Cant. Tobías		Mármoles blancos, grises y lechosos. OMg 14 - 20%	
* San Agustin- Sin Nombre		Mármol dolomitico MgO 14 - 21% Insoluble 2 – 8%	
* Unquillo		Calizas de gran desarrollo. OMg hasta 18%	
* Dumesnil			
* Mal Paso			
* La Calera		Mármoles calciticos OMg > 4%, Insol. 20%	
* Yocsina Malagueño		Mármoles calcíticos Mármol con interestratificaciones de gneises y anfibolitas. $CaCO_3$ 86% $MgCO_3$ 4%	Fabricación de cemento y cal Fabricación de cemento
* Cerro Moro		Mármol calcitico $CaCO_3$ 58% $MgCO_3$ 26%	
* La Fronda		Mármol calcitico	
* Quilpo		Bancos de mármol calcitico	
* Pampa de los Guanacos		Mármol calcítico con tendencia dolomítica.	Uso ornamental
* Iguazú		Mármol calcitico	
* Iggam, La Argentina, Los Arroyos			**Buen Potencial Agricola con control quimico**
Fm San Juan * El Refugio * San Roque o Agua Negra	**SAN JUAN**	Calizas sedimentarias estratiformes en mantos interestratificados con ftanita. $CaCO_3$ 97%	Elaboración de cal
* Niquivil Viejo		Calizas mantiformes $CaCO_3$ 98%	

* Caballo Blanco * San Rafael * Baños de la Salud * Campo Sarmiento		Caliza gris con venillas de calcita recristalizada. CaO 54% MgO < 8% SiO_2 0,6 – 1%	
* San Jorge * El Rincón		Calizas sacaroides en bancos menores a 1 m CaO 54% SiO_2 0,9 – 1,5%	Elaboración de carburo de calcio
Fm La Laja * El Volcán		Calizas grises de grano fino y con venas de calcita. $CaCO_3$ 97%	Elaboración de cal
Fm Zonda * El Fuerte		Calizas dolomiticas y dolomias CaO 33,3% MgO 16 % SiO_2 2,7%	
* El Volcán Villicum		Bancos dolomíticos de grano fino de depósito sedimentario CaO 32,5% MgO 18,5 % SiO_2 2,3 %	
Sedimentario			**Buen Potencial Agrícola**
	SAN LUIS		
* Sierra de Socosora		Mármol dolomitico en bancos y bolsones $CaCO_3$ 52% $MgCO_3$ 35%	
* Cañada Grande		Bancos dolomiticos $CaCO_3$ 50-75% $MgCO_3$ 25-45% Insol. 6 – 13%	
* La Marmolina I y II * Cerro Impuro I y II		Bancos dolomíticos Mármol calcitico $CaCO_3$ 80-96% $MgCO_3$ 1-11%	

* Cerro Redondo Metamórfico		Mármol calcítico $CaCO_3$ 80-96% $MgCO_3$ 1-11%	**Buen Potencial Agrícola**
Fm San Juan * Salagasta * Cerro Blanco * Cerro La Cal Sedimentario	**MENDOZA**	Estratos de calizas mezcladas con margas y chert CaO 54% MgO 0,8% SiO_2 1 6 % Calizas de grano fino con ftanita SiO_2 0,5 – 22% Bancos de calizas de grano fino con textura sacaroide. CaO 53,5 – 55 % SiO_2 1,7 2,5 %	**Buen Potencial Agrícola**
*Vaca Muerta Sedimentaria * E. Salitral	**NEUQUEN**	Calizas gris azulada claro con restos coralinos. Potencias mayores a 30 m. $CaCO_3$ 76 – 98% MgO < 1% Caliza subbituminosa $CaCO_3$ 60 75%	**Excelente Potencial Agrícola**
Comodoro Rivadavia *Sindicato * Arroyo La Mata **Fm Salamanqueano** * Sierra Chata * La Estela * El Alano * Piedras Blancas	**CHUBUT**	Yacimiento con arenisca calcárea y restos de valvas en bancos. $CaCO_3$ 25 – 40% Niveles de caliza coquinoide horizontales de espesores variables. Intercalaciones de arcilla con ostreas. $CaCO_3$ 65 70% Calcáreo esencialmente formado por ostrea y coquina. Caliza con restos de bivalvos y conchillas. $CaCO_3$ 80 - 85% Caliza con sectores de coquina y espesor variable. $CaCO_3$ 93% MgO < 0,8%	Fabricación de cemento Fabricación de cemento Fabricación de cemento

* La Ibérica-El Tablón * La Alicia * Las Chapas Sedimentario		Caliza organógena con areniscas $CaCO_3$ 93% MgO 0,41% Calizas organógenas, con areniscas y arcillas $CaCO_3$ 73% MgO 0,3 % Calizas organógenas con areniscas $CaCO_3$ 85 – 98%	**Buen potencial Agrícola**
Fm El Jagüelito * Pailemán Metamórfico **Fm Arroyo Barbudo** * Bajo del Gualicho * Pajalta * Cant. Pedro Lucero * Cant. Cayuqueo * Cant. Gisella Sedimentario	**RIO NEGRO**	Varios cuerpos de calizas cristalinas entre esquistos y porfiritas. $CaCO_3$ 75 97,5% Bancos calcáreos fosilíferos Lomas de calizas de 30 m de altura con eflorescencias sacaroides de calcita. Calizas compactas con venillas de carbonato de calcio. Calcáreo aragonítico, botroidal y coloforme. Dolomías arenosas, microgranulares, masivas. $CaCO_3$ 53,2 64,7 %	Fabricación de mosaicos Fines ornamentales **Excelente Potencial Agrícola**

áreas mencionadas.
A continuación se muestra un mapa de la República Argentina con los yacimientos de calizas y dolomías.

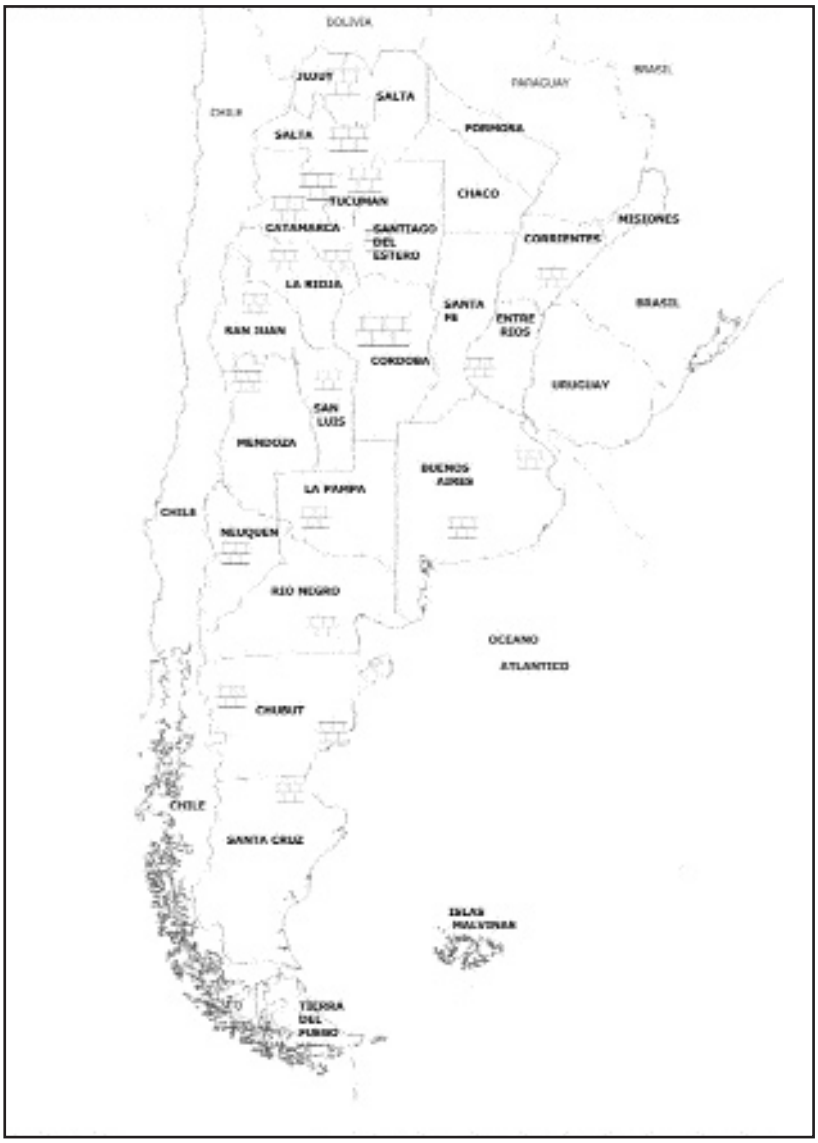


Figura V-2 . *Yacimientos*

Carbonatos. Su uso en la agricultura Argentina

En un mapa realizado por Michelena et al. (1997) sobre la base del Atlas de Suelos de la República Argentina se diferencian las áreas con problemas de acidez edáfica (Figura V-3).

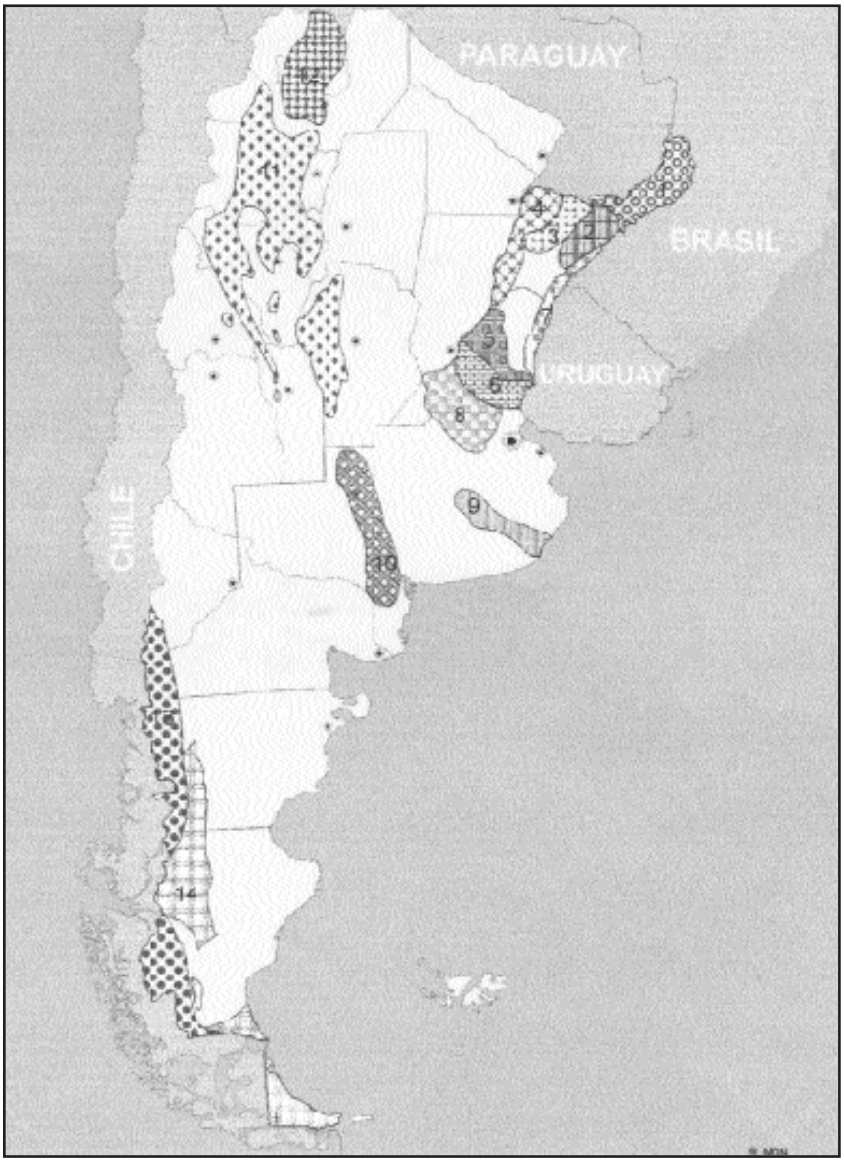


Figura V-3. Áreas de suelos ácidos de la República Argentina

Las características principales de suelo y clima, así como el tamaño de cada una de las áreas señaladas en la Figura V-3 (Giorgi) son:

1. Misiones - NE de Corrientes:
Suelos rojos. Meteorización avanzada. Sesquióxidos libres. Bien provistos de materia orgánica (M.O.), fósforo (P) fijado, ácidos con baja capacidad de intercambio catiónico (CIC) y bajo porcentaje de saturación de bases (%SB); pH entre 4,3-5,8. Precipitación: media anual 1500 a 1700 mm.
Representan: 3.448.259 has.

2. Este de Corrientes:
Hidromórficos. Buena provisión de MO. Acidez con pH de 5,5. Precipitación: media anual 1400 mm.
Representan: 2.188.593 has.

3. Centro -Norte de Corrientes:
Mal drenados, reacción ácida, no salinos. Precipitación: media anual 1600 mm.
Representan: 1.589.606 has.

4. Oeste de Corrientes y NO de Entre Ríos:
Albardon arenoso y profundo, reacción ácida. Precipitación: media anual 1100 a 1300 mm.
Representan: 3.221.725 has.

5. Oeste de Entre Ríos:
Area ondulada. Vertisoles con Argiudoles vérticos. Baja permeabilidad. Acidez en superficie, con pH que aumentan en profundidad de 5,5 a 8. Precipitación: media anual 1000 mm.
Representan: 2.039.486 has.

6. Sur de Entre Ríos, Isla y Delta del Río Paraná:
Arenosos, con napa de agua cercana, anegadizos. Acidos. Precipitación: media anual 950 a 1050 mm.
Representan: 2.671.586 has.

7. Margen derecha Río Uruguay en Entre Ríos y Corrientes:
Arenosos sobre subsuelo arcillo-arenoso, moderadamente drenados. Acidos. Bajo CIC y %SB. Precipitación: media anual 1300 a 1400mm.
Representan: 1.589.606 has.

8. Centro, este y sur de Santa Fe, Noroeste de Buenos Aires:
Argiudoles, con B2 textural. Bien provistos de MO y nutrientes. Levemente ácidos en superficie y moderadamente alcalinos en profundidad. Precipitación: media anual 900 a 950.
Representan: 3.923.565 has.

9. Sistema de Tandilla - centro Sureste de Bs As:
Bien drenados. Ricos en MO y en nutrientes, son ligeramente ácidos a neutros. Precipitación: media anual 800 mm.
Representan: 2.169.704 has.

10. Centro este de La Pampa y pequeñas áreas de SO de Bs As y SO de Cba:
Textura liviana. Horizonte pertrocálcico a 1m de profundidad. Moderadamente provistos de MO y nutrientes. Ligeramente ácidos en superficie. Precipitación: media anual 550 a 600 mm.
Representan: 4.591.209 has.

11. Sector serrano de Catamarca, La Rioja, Córdoba, San Luis, San Juan y Tucumán:
Suelos someros. Perfil poco desarrollado. Pobres en MO y en nutrientes. Ácidos a neutros.
Precipitación: media anual 100 a 500 mm.
Representan: 17.429.120 has.

12. Este de Jujuy, noroeste y sur de Salta:
Las zonas de bosque: bien provistos de MO y son ácidos.
Representan: 4.788.801 has.

13. Centro oeste de Neuquén:
Desarrollados sobre cenizas volcánicas. Horizonte al ácido, con baja %SB. Ricos en MO y nutrientes.
Representan: 9.464.966 has.

14. Santa Cruz y Tierra del Fuego:
Suelos medianamente profundos. Horizonte A_1 superficial rico en MO poco humificada. De reacción ácida.
Representan: 8.924.025 has.

Cruzate y Casas (2003) identificaron zonas de extracción de nutrientes por los principales cultivos de Argentina, maíz, trigo, sorgo granífero, soja y girasol, determinando que los mayores valores de calcio se exportan de los departamentos San Nicolás (Buenos Aires) y Rosario (Santa Fe) con una extracción de 7,80 kg por hectárea en la campaña 2002/03 (Figura V-4). Además determinaron que en tres áreas, una del S de Santa Fe y N de Buenos Aires, otra del centro de Córdoba al S de Santiago del Estero y la tercera en el SO de Santiago del Estero y E de Tucumán, los valores de calcio exportado fueron superiores a 6 kg. ha-1.

En cuanto al azufre, la mayor exportación por hectárea corresponde al centro de Córdoba, con valores superiores a los 12 kg de S. ha-1 (Figura V-5). Existe otra zona que comienza en el SO de Santiago del Estero, pasa por el centro de Córdoba, penetra en el S de Santa Fe y N de Buenos Aires, con valores superiores a los 10 kg de S. ha-1-

Para generar mapas de necesidades relativas de aplicación de nutrientes, los autores ponderaron el valor del nutriente exportado por índices simples en los cuales intervinieron las limitaciones a la fertilidad de los suelos (contenido de arena, contenido de materia orgánica, disponibilidad de fós-

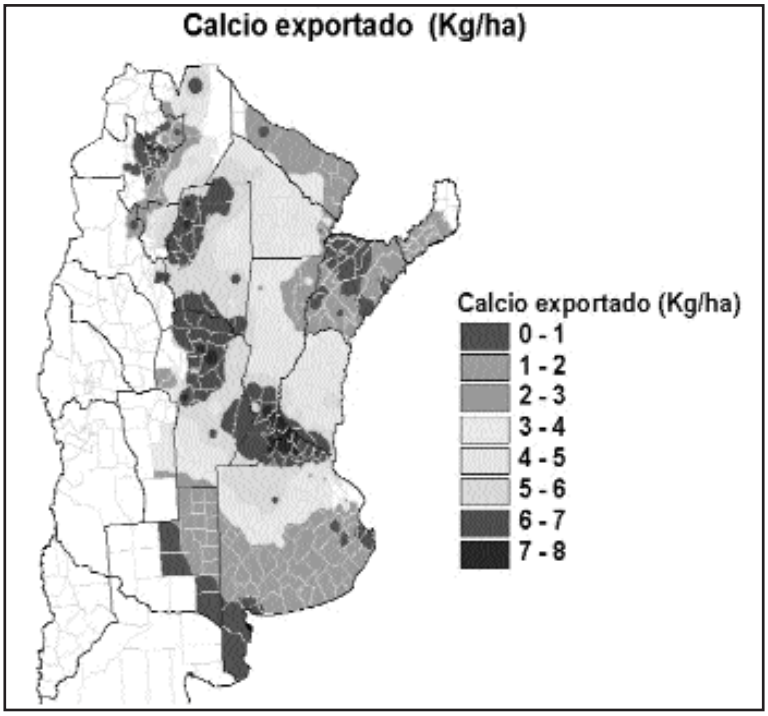
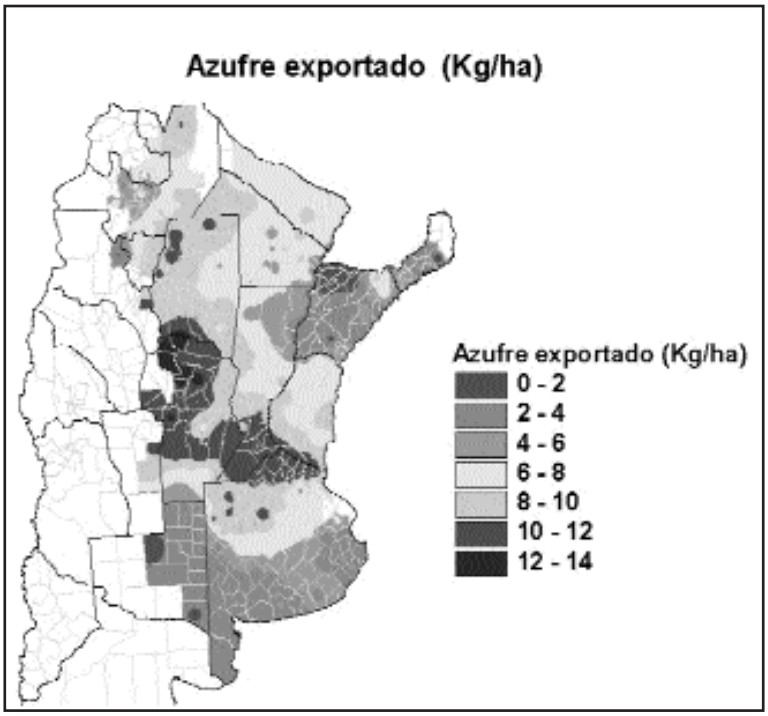
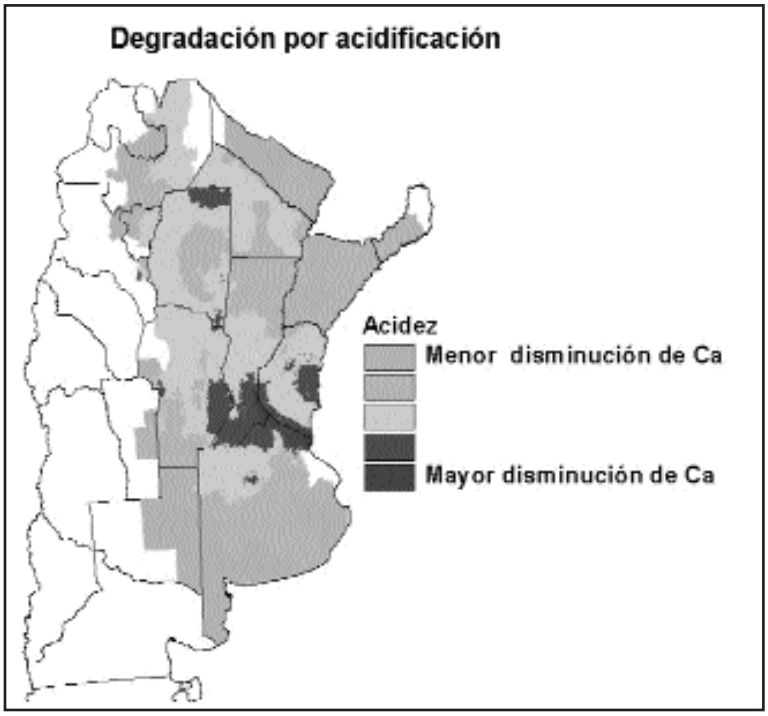


Figura V-4. Calcio exportado por los cultivos de maíz, trigo, sorgo granífero, soja y girasol en la campaña agrícola 2002/2003.



foro, acidez) obteniéndose los mapas denominados "de necesidad de aplicación". La necesidad de aplicación



aumenta en las áreas de mayor extracción y menor disponibilidad, brindándose en este estudio sólo valores relativos. Los suelos de las zonas húmedas tienden a incrementar su nivel de acidez, fenómeno que se acelera con la duración del proceso agrícola. Los suelos de la Región Pampeana han sufrido un descenso en los contenidos de Ca y Mg que se manifiesta en una disminución generalizada del pH, el cual alcanza valores inferiores a 6 en algunas zonas como el S de Santa Fe y el N de Buenos Aires (Figura V-6).

Figura V-5. Azufre exportado por los cultivos de maíz, trigo, sorgo granífero, soja y girasol en la campaña agrícola 2002/2003.

Figura V-6. Degradación del suelo por acidificación.

Investigaciones realizadas en la Región Pampeana estiman un 10% de lotes agrícolas donde la acidez del pH es menor a 5,8; un 25% de lotes cuyos problemas son menos severos, con niveles de pH entre 5,8 - 6,2 y un 30% de lotes con pH entre 6,2 - 6,5.

Tanto en el país como en varias de las provincias existen legislaciones referidas a la conservación y recuperación de la capacidad productiva de los suelos, donde los problemas de la acidez edáfica y de la disminución catiónica son considerados como agotamiento de la fertilidad química. Estas leyes ofrecen exenciones impositivas y créditos bancarios de fomento para aquellos productres que se avienen a realizar prácticas de recuperación y conservación.

Calidad	*PRNT (%)*
Superior	Más del 90
Buena	Entre el 75 y 90
Regular	Entre el 60 y 74
Inferior	Entre el 45 y 59

Las enmiendas factibles de utilizarse para la corrección de la acidez edáfica en Argentina han quedado definidos por la Norma IRAM 22451 (IRAM, 1997). En la misma se establecen los requisitos, las condiciones de recepción y los métodos de ensayos de materiales calcáreos para uso agropecuario que se emplean en suelos. Al material calcáreo se lo define como el producto constituido básicamente por calcio, o calcio y magnesio, que actúa como corrector de suelos y es fundamental para la nutrición vegetal.

El encalado es una práctica que ejerce un efecto duradero, generalmente entre dos y tres años, dependiendo del manejo del suelo y de los cultivos realizados. Ello se debe a que no todo el material incorporado reacciona inmediatamente como consecuencia de las diferentes granulometrías. También depende de la concentración del material que se utilice y si se trata de uno calcítico o dolomítico, según la diferencia a corregir sea de calcio, o calcio y magnesio.
Ambos aspectos, la concentración y la granulometría, determinan el Poder Relativo de

Tipo	*Designación IRAM*	*Composición química*	*Equivalente en CO_3Ca **
I	Caliza	CO_3Ca	100
II	Dolomita	CO_3Ca . CO_3Mg	100 x + 119 y
III	Conchilla	CO_3Ca	100
IV	Cal viva cálcica	CaO	178
V	Cal viva dolomítica	CaO . MgO	178 x + 250 y
VI	Cal hidratada cálcica	$Ca(OH)_2$	135
VII	Cal hidratada dolomítica	$Ca(OH)_2$. $Mg(OH)_2$	135 x + 172 y

Neutralización Total (PRNT) que está compuesto por el Poder Neutralizador del material (PN) y su velocidad de reacción, la Eficiencia Relativa (ER), quedando definida de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$PRNT = \frac{PN \times ER}{100}$$

A partir del PRNT es posible diferenciar la calidad de los materiales a utilizar y establecer una clasificación (Cuadro V-8).

Cuadro V-8. Calidad de los materiales calcáreos para su uso agropecuario según su Poder Relativo de Neutralización Total (PRNT).

Tamiz IRAM	*Eficiencia relativa (%)*
2,36 mm	5
0,850 mm	17
0,425 mm	30
0,250 mm	55
0,150 mm	80
0,075 mm	100
< 0,075mm	125

La capacidad de neutralizar la acidez de los diferentes materiales se determina a través de una comparación con el valor neutralizante del carbonato de calcio (CO_3Ca) que actúa como valor de referencia y que se denomina equivalente en carbonato de calcio (ECC), el que se expresa en g

de CO_3Ca por 100 g de producto. Este valor es establecido a través de ensayos de laboratorio donde se lo compara con el material puro y de similar granulometría. De esta manera se determinó el valor de neutralización de los óxidos, hidróxidos, bicarbonatos y carbonatos.

De acuerdo a su concentración, un producto es considerado dolomítico cuando contiene más del 12% de óxido de magnesio (MgO), es magnesiano cuando la concentración de MgO está entre el 5 - 12% y resulta calcítico cuando contiene menos del 5%. En la mencionada norma los materiales se clasifican según su PN de la manera presentada en el Cuadro V-9.

Cuadro V-9. Equivalentes de carbonato de calcio (CO3Ca) de los materiales calcáreos para uso agropecuario, en estado puro.

** Referencias. x: porcentajes de CaO; y: porcentaje de MgO.*

Con respecto a la presencia de metales pesados tóxicos, la mencionada norma hace especial mención que todo material de uso agropecuario debe respetar la Ley de Residuos Peligrosos (Nº 24051/92) donde se establecen los niveles guías de calidad de suelos.

La eficiencia relativa (ER) es otra cualidad que poseen las enmiendas agrícolas y corresponde a la velocidad de reacción en el suelo en función del tamaño de la partícula. Por consiguiente, el material más fino reacciona más rápidamente y tiene menor residualidad en el tiempo; a medida que aumenta su tamaño, disminuye la velocidad de reacción por lo que su efecto será menos inmediato (Cuadro V-10).

Cuadro V-10. Granulometría y eficiencia relativa de los materiales calcáreos para uso agropecuario.

Experiencias realizadas en varios cultivos y en las forrajeras más importantes que se cultivan en el país, citadas por Gambaudo (2003), demuestran la importancia de corregir la deficiencia catiónica y la acidez edáfica.

Bolivia

Sebastián P. Gambaudo[1] y María Beatriz Ponce [2] (Ex aequo)

Las rocas carbonáticas en Bolivia

El territorio boliviano puede ser dividido en dos grandes regiones: la occidental montañosa y la oriental de llanos. Se distinguen las siguientes provincias fisiográficas:

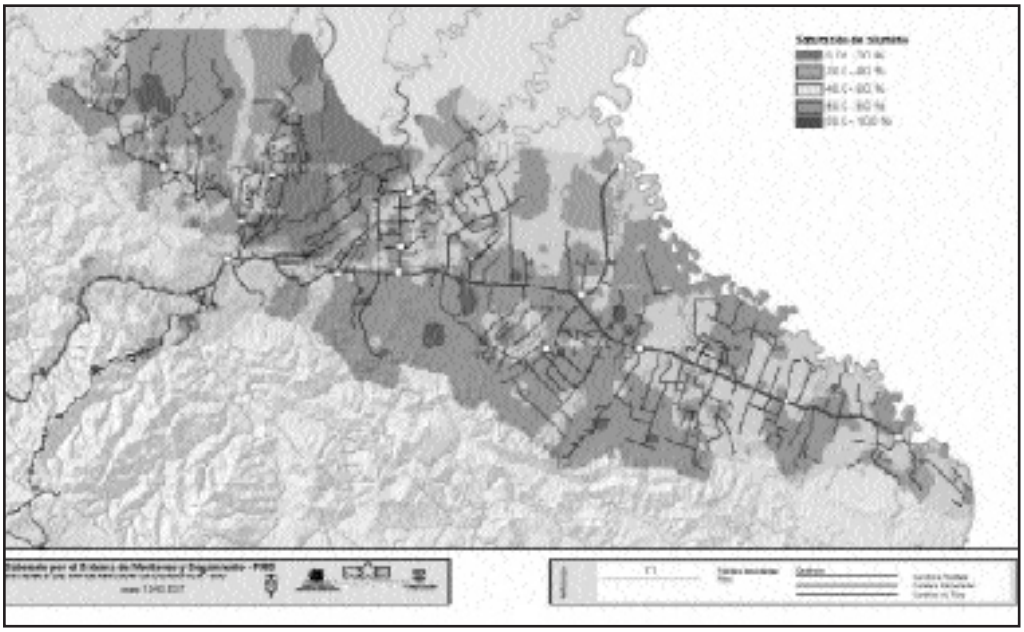
A - 1 Cordillera Occidental : de tipo volcánico
A - 2 Cordillera Oriental
B Altiplano: también denominado Meseta Andina
C Subandino: Formado por una serranía paralela a la Cordillera
D Llanuras: Se desarrolla al este del Subandino, con características variadas
E Escudo Brasileño
F Serranías Chiquitanas

[1] *INTA EEA Rafaela - sgambaudo@rafaela.inta.gov.ar*
[2] *Instituto de Tecnología Minera - SEGEMAR - bea@inti.gov.ar*

Las calizas en Bolivia afloran en distintas partes del país entre las que se encuentran:

Cuaternario:	*Formación Calizas Minchin*
	Formación Calizas Ballivián
Cretácico:	*Formación Ayavacas*
	Formación Cajones
	Formación Flora
	Formación El Molino
	Formación Pahua
	Formación Miraflores
	Formación Anta
Triásico:	*Formación Vitiacua*
Pérmico:	*Formación Copacabana*
	Formación Nube
Cámbrico:	*Formación Bocaina*

La actividad que tiene relación con los minerales no metálicos, entre ellos las calizas, apoyan a la agricultura que requiere de fertilizantes.



Carbonatos. Su uso en la agricultura de Bolivia

La región de Cochabamba es una de las más importantes en cuanto a la producción agropecuaria. Trabajos realizados por Armando Ferrufino Coqueugniot y Luis Meneses Junco (2003) (a y b), dentro del Programa de Desarrollo Alternativo Regional en el Trópico de Cochabamba (TC)

estudiaron los problemas de fertilidad de los suelos en la implantación de varias especies para diversificar la producción. La mayor parte de los suelos tiene valores de capacidad de intercambio efectiva (CICE) bajos a medios, lo que los caracteriza como suelos de baja a media fertilidad. La saturación de bases es en general baja, sólo los suelos de la cuenca del río Chapare muestran contenidos entre altos y muy altos de bases cambiables. La saturación de bases es una referen-

Nivel Elemento/Característica	*Muy Bajo*	*Bajo*	*Medio*	*Alto*	*Muy Alto*
Acidez (pH)	<4,3	4,4-5,0	5,1-5,5	5,6-6,0	>6
Calcio (cmol/kg^{-1})		0-3	4-7	> 7	
Magnesio (cmol/kg^{-1})		0-4	5-8	5-10	
Saturación de Al (%)	0-20	21-40	41-60	61-90	>90
Saturación de bases (%)	0-25	26-50	51-70	71-90	>90

cia sobre la necesidad de encalado que tienen los distintos cultivos.

Los contenidos de calcio y magnesio intercambiable son predominantemente bajos. En la cuenca del río Chapare se encuentran contenidos intermedios de estos nutrimentos , debido a que en la zona cordillerana de dicha cuenca se encuentran depósitos de dolomita, material arrastrado por los sedimentos que acarrea el río.

En cuanto al pH, la mayor parte de los suelos del TC tienen niveles de pH entre 4 - 5, lo que los caracteriza como suelos ácidos, siendo los de la cuenca del río Chapare, por lo dicho anteriormente, los menos ácidos de la zona.

La saturación de Al, es decir la proporción de la CICE ocupada por ese catión, está correlacionada

Cultivo	*pH óptimo*	*Saturación de Al tolerada (%)*	*Cal/dolomita (t ha^{-1})*
Banano	6,0 – 7,0	30	1,0 – 2,0
Palmito	4,5 – 5,5	50	0,5 – 1,5
Piña	4,5 – 5,5	60	0,25 – 0,5
Pastos – Gramíneas			
Brachiaria decumbens	4,5 – 5,5	70	0,5 – 1,0
Brachiaria humidicola	4,5 – 5,5	75	0,5 – 1,0
Panicum spp.	5,5 – 6,0	30	1,0 – 2,0
Pastos – Leguminosas			
Pueraria phaseoloides	5,0 – 6,0	70	0,5 – 1,0
Desmodium ovalifolium	4,5 – 6,0	70	0,5 – 1,0

con el pH del suelo y los ácidos presentan altos niveles de saturación con Al. En el TC predominan los suelos con niveles medios a altos de saturación de Al, tal como se observa en la Figura V-7.

Figura V-7: Saturación de aluminio en los suelos del trópico de Cochabamba.
Fuente: Coqueugniot y Junco (a-2003).

La acidez del suelo actúa como un factor restrictivo en la productividad de los cultivos, siendo la toxicidad del Al la responsable directa. El daño a las raíces es la expresión más saliente de la misma, debido a que el Al actúa sobre el ápice radicular produciendo la reducción del sistema radicular y, disminuyendo la adquisición de nutrimentos y agua, lo cual conduce a reducciones en

el rendimiento de los cultivos.

Los límites de interpretación de los niveles de los distintos nutrimentos que determinan la acidez edáfica se detallan en el Cuadro V-11.

Cuadro V-11. Límites de interpretación de niveles de distintos nutrientes de los suelos.

Los cultivos de banano, palmito, piña y pastos tienen distinta tolerancia al Al. La acidez del suelo y consiguientemente la toxicidad al Al, pueden ser corregidas con la aplicación de diversas enmiendas, de las cuales las más usadas son la cal y la dolomita. La primera no se puede utilizar libremente en el TC porque es una sustancia precursora en la fabricación de cocaína. La dolomita es de uso libre, más aún, existen importantes depósitos en la zona de piedemonte del TC. Por otra parte, la dolomita además de disminuir la acidez del suelo, es una fuente importante de Ca y Mg, nutrimentos que se encuentran en bajos niveles en la mayor parte de los suelos de la zona.

Coqueugniot y Junco (2003 b) proponen la siguiente tabla en cuanto al nivel de pH, la saturación de Al y los requerimientos estimados de enmienda para su corrección (Cuadro V-12)

Cuadro V-12. Niveles óptimos de pH, saturación de Al tolerable y requerimientos estimados de encalado para distintos cultivos.

La mayor parte del área de cultivo de banano en el TC está en zonas con bajos niveles de Al, por lo que no se requiere aplicación de enmiendas en esas zonas. Sin embargo, existe un área importante de bananales situados en suelos con problemas de acidez para este cultivo. En estas zonas será necesario aplicar dolomita sobre la base de un análisis de suelo. En plantaciones establecidas, será necesario aplicar dolomita mezclada con yeso para facilitar el movimiento del Ca y del Mg hacia el subsuelo, fenómeno que se produce en mínima escala si se aplica la dolomita en forma superficial. En general, los subsuelos son más ácidos y contienen más Al intercambiable que las capas superiores del suelo.

En el caso de plantaciones de palmito, se estima que las que se encuentran en suelos con más de 60% de saturación de Al, requerirán de aplicaciones de dolomita, cuya dosis debe ser calculada sobre la base de un análisis de suelo. Es posible que también se requiera corregir la acidez del subsuelo, para lo cual se recomienda aplicar dolomita en combinación con yeso.

La mayor parte de los cultivos de piña en el TC están ubicados en suelos con altos niveles de Al intercambiable. Debido a que esta especie es medianamente tolerante a la misma, se estima que se requieren aplicaciones pequeñas de dolomita, que también contribuirán a mejorar la nutrición de la planta con Ca y Mg.

Las pasturas que predominan en el TC son aquéllas compuestas por gramíneas del género Brachiaria y varias especies de gramíneas nativas. Debido a que dichas especies son tolerantes a los niveles de Al que tienen los suelos del TC, la aplicación de dolomita no es estrictamente necesaria, aunque contribuiría a mejorar la nutrición de las pasturas por la adición de Ca y Mg. Para especies de gramíneas más sensibles a la toxicidad por Al, como es el caso de las gramíneas del género Panicum, y algunas especies de pastos de corte, será necesario el uso de dolomita para incrementar sus rendimientos y persistencia.

Brasil

Samir Nahass[1] y Joaquim Severino[2]

Introducción

La agricultura moderna debe volcarse hacia el desarrollo sustentable, creando y manteniendo la productividad del suelo a largo plazo.Los sistemas agrícolas empleados generalmente en Brasil ya comienzan a ser cuestionados y a ser relacionados al concepto de sustentabilidad, es decir "usar sin depredar de tal modo que los recursos naturales esencialmente el suelo y el agua puedan ser transferidos a las generaciones futuras como un legado usufructuado, en condiciones de capacidad productiva".

De acuerdo con el Dr. Ignacio Lazcano-Ferrat, con tecnología apropiada, el cal agrícola protege el ambiente, incrementa la eficiencia de los nutrientes y fertilizantes, mejora la efectividad de algu-

[1] *Coordinador-Gral de la Secretaria de Geología, Minería y Transformación Mineral - Ministerio de Minas y Energía*
[2] *Profesor de Política Agrícola de la Universidad Federal de Paraná - UFPR*

nos herbicidas y aumenta las utilidades del cultivo. El exceso de acidez es uno de los principales obstáculos para la obtención de altos rendimientos y productividad de los suelos.

Un programa adecuado de uso de carbonato produce grandes beneficios en la agricultura, destacándose entre ellos, la mejoría de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, la reducción de la toxicidad de algunos minerales, facilitando la disponibilidad de nutrientes para las plantas y la eliminación de elementos nocivos que destruyen los cultivos.

Investigaciones exhaustivas en el ámbito agrícola, han comprobado que los suelos brasileños son en su mayoría muy ácidos y que su corrección por encalado es imprescindible para la obtención de una cosecha abundante. En los casos en los que no se ha empleado el encalado, los rendimientos de algunos cultivos son tan bajos que cualquier cultivo se torna económicamente inviable (Volkweiss S et. Al 1995).

La acidez del suelo para un agricultor es perjudicial para su rendimiento, debiendo ser combatida sin tregua puesto que se trata de un fenómeno de ocurrencia general en el país provocando pérdidas generalizadas en la agricultura.

Existe la necesidad de dar continuidad a las políticas gubernamentales que incentiven al productor y al agricultor, tanto como reiniciar los programas desarrollados en las últimas décadas del siglo pasado por instituciones estatales y asociaciones relacionadas, algunos de los cuales presentaron resultados prospectivos de inestimable valor.

Tales programas han contribuido en gran medida en los Estados en los que se aplicaron, contribuyendo a fomentar la demanda de insumos minerales utilizados por la agricultura, principalmente de calcáreos agrícolas poniendo a disposición del empresario del sector mineral y agrícola, valiosa información de tipo geológico, mineralógico, de producción, consumo y calidad de los mismos, imprescindibles para la optimización de sus suplementos y la expansión de las actividades relacionadas.

El calcáreo agrícola en Brasil

Franco et al (2000) define el calcáreo agrícola como la roca calcárea molida o polvo calcáreo y sus productos derivados: calcáreo agrícola calcinado, cal virgen y cal agrícola, escoria y otros.

En Brasil el término calcáreo incluye varios productos tales como: calcáreo calcinado, cal virgen, cal hidratada, etc.

En el presente trabajo el término calcáreo agrícola, cuando es empleado sin ninguna especificación, se referirá a dolomita agrícola y los productos derivados tales como yeso agrícola (sulfato de calcio hidratado, $CaSO_4.2H_2O$) y otros.

Es conveniente aclarar que en la literatura mundial el término lime se refiere a la cal la cual es posible diferenciar en cal virgen (quicklime) y cal hidratada (hidrated lime), las que pueden ser de calidad agrícola o no.

En agricultura los calcáreos magnesianos y dolomíticos son empleados como roca molida, cal virgen (roca molida y calcinada) y cal hidratada o apagada (cal virgen hidratada). El calcáreo dolomítico es usado principalmente como fertilizante de suelos con deficiencia en magnesio.

El calcáreo agrícola en Brasil según la legislación (extracto de minuta de Portaria del Ministerio de Agricultura, 30/05/86 publicado en DOU en 16/06&96 página 8673) se encuentra caracterizado por las siguientes exigencias mínimas:

* Granulometría 100 % (o 95%) Tamiz 10 ABNT
70 % Tamiz 20 ABNT
50 % Tamiz 50 ABNT

* Calidad Química	PN (%$CaCO_3$)	Σóxidos (%CaO+MgO)
Escorias	60	30
Calcáreos	67	38
Calcáreo calcinado	80	43
Cal hidratada	94	54
Cal virgen	125	68
Otros	67	38

* Calidad agronómica - PRNT

Tipo A	45 a 60 %
Tipo B	60,1 a 75 %
Tipo C	75,1 a 90 %
Tipo D	> 90 %

* Calidades Mínimas Admitidas

PN	=	67 %
PRNT	=	45 %

* Fórmula de Cálculo de PRNT

PRNT = PN x RE

PN = Poder de neutralización (% $CaCO_3$)
RE = Reactividad de las partículas del correctivo

0 % Fracción retenida en tamiz 10 ABNT
20 % Fracción retenida en tamiz 10 y 20 ABNT

60 % Fracción entre tamices 20 y 50 ABNT
100 % Fracción pasante al tamiz 50 ABNT

Figura V-8. Depósitos de calizas y dolomías en los Estados de Brasil

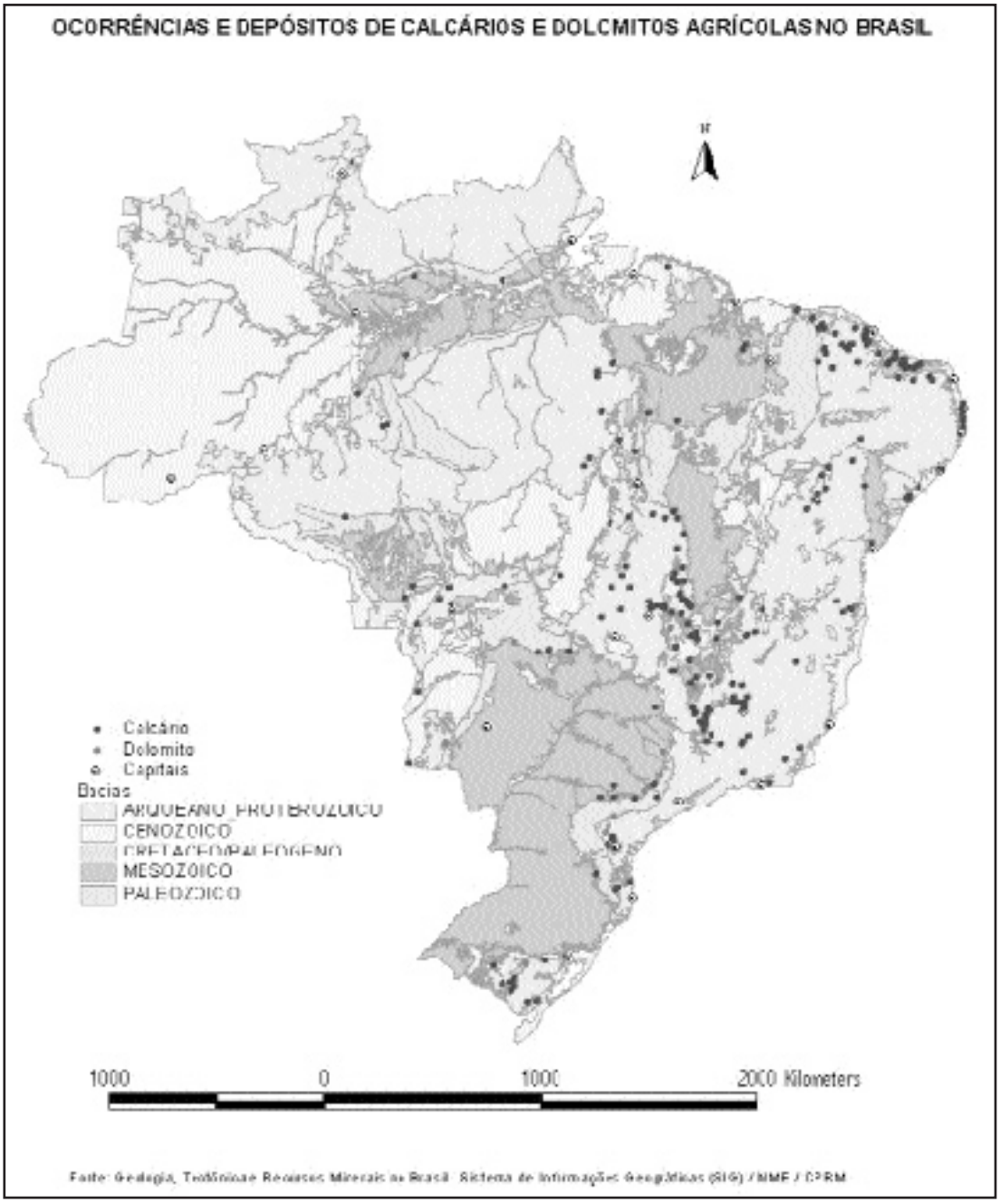


Figura V-9. Depósitos de calizas y dolomías

* Clasificación según el tenor de MgO

Calcáreo calcítico	MgO < 5 %
Calcáreo magnesiano	MgO 5 % y < 12 %
Calcáreo dolomítico	MgO = 12 %

Brasil posee una cantidad significativa de depósitos y yacimientos de calcáreos y dolomitas agrícolas. Es posible afirmar que la mayoría de los estados brasileños poseen alguna ocurrencia o depósito calcáreo con características favorables para la agricultura (Gráfico 1).

Los calcáreos agrícolas de Brasil son originados principalmente de las cuencas arqueanas-proterozoicas, mesozoicas y paleozoicas; las dolomitas agrícolas en menor proporción se encuentran mayormente en cuencas paleozoicas especialmente en la correspondiente al Paraná (Gráfico 2).

Con relación a la vegetación, en Brasil el Cerrado, alcanza aproximadamente 200 millones de hectáreas presentándose generalmente en suelos ácidos y casi siempre pobres en nutrientes, necesitando en consecuencia, de correctivos y fertilizantes y sin duda, de tratamientos agrícolas especiales apropiados. Los especialistas afirman que cerca del 45 % del abono usado en la labra pierde la potencia por la falta de encalado.

En este sentido la corrección de la acidez por medio del encalado, se vuelve indispensable para mejorar la productividad de los cultivos, hecho que no será una tarea extremadamente difícil considerando la potencialidad de esa región en términos de reservas de rocas carbonáticas.

A este efecto, el PIMA - Programa de Evaluación Geológico-Económica de Insumos Minerales para la Agricultura de Brasil, de CPRM mostró que el centro oeste brasileño por ejemplo, cubierto por un área de aproximadamente 1.034.000 Km^2 de Cerrado (52% del área total del Cerrado brasileño) representa una reserva de rocas carbonáticas prácticamente inagotables, evaluadas en algunas decenas de billones de toneladas.

Estas reservas se concentran principalmente en el centro oeste de Goiás, en la Provincia Serrana, del Mato Grosso y Serra da Bodoquena del Mato Grosso del Sur.

En los estados de Goiás, Tocantins y Distrito Federal, además de los grupos Bambuí y Araxá se encuentra en lentes y camadas de los grupos Natividade, Arai y Tocantins y formaciones Piauí, Pedra do Fogo, Irati, Codó y Baurú.

En Mato Grosso las reservas de rocas carbonáticas se encuentran en la Formación Araras de los Grupos Beneficiente, Cuiabá y Baurú. Al sur de esta misma región es abundante en el Grupo Cuiabá y las formaciones Cerradinho Araras y Xaraies (Justo 1996).

De esta manera, conforma una considerable extensión donde el cuidado agrícola deberá trasla-

ESTADO	RESERVAS – en 1000t		
	MEDIDA	INDICADA	INFERIDA
1.- Mato Grosso do Sul	**14.697.880**	**8.057.869**	7.752.012
2.- Minas gerais	**8.382.769**	**4.480.626**	3.345.360
3.- Paraná	**3.674.976**	**780.679**	542.612
4.- São Paulo	**2.931.018**	**1.838.624**	522.503
5.- Ceará	**2.359.768**	**1.606.253**	1.478.305
6.- Río Grande do Norte	**2.323.653**	**1.915.133**	1.341.936
7.- Río de Janeiro	**2.184.757**	**689.903**	234.158
8.- Bahía	**1.793.093**	**964.875**	790.608
9.- Mato Grosso	**1.405.502**	**2.253.191**	1.098.458
10.- Goiás	**1.257.446**	**1.836.011**	375.084
11.- Paraíba	**856.318**	**400.582**	655.247
12.- Espíritu Santo	**665.856**	**46.945**	100.526
13.- Sergipe	**614.275**	**272.735**	174.321
14.- Pará	**596.848**	**326.026**	219.921
15.- Maranhão	**402.945**	**18.558**	800
16.- Pernambuco	**240.186**	**161.069**	128.054
17.- Rondônia	**219.880**	------	------
18.- Santa Catarina	**202.561**	**85.569**	4.154
19.- Distrito Federal	**154.076**	**26.915**	36.715
20.- Río Grande do Sul	**153.475**	**107.382**	63.879
21.- Tocantins	**121.037**	**35.217**	42.341
22.- Piauí	**92.209**	**77.592**	------
23.- Amazonas	**80.791**	**105.432**	44.000
24.- Alagoas	**48.440**	------	------
TOTAL	45.338.722	26.151.969	**18.908.653**

Cuadro V-13. Reservas de calcáreo en Brasil - Año 2000.

darse a la Amazonia mediante la implementación de modernas tecnologías, teniendo en cuenta además, que todavía es muy efectiva la tradición de labrar - quemar-plantar y abandonar, para luego buscar otro terreno donde se reinicia nuevamente el proceso. Esta situación desarrolla el crecimiento horizontal sin favorecer necesariamente una producción adecuada, además de contribuir a la degradación del suelo contraponiéndose al crecimiento de la productividad agrícola vertical, la cual beneficia el desenvolvimiento agrícola sustentable.
RESENDE 2001, alerta sobre el hecho de que " Romper ese ciclo vicioso, requiere conocimiento, orientación, dominio, aplicación de tecnología adecuada para la comunidad agrícola. En esto, el calcáreo agrícola desempeña un papel significativo".

Se pone de manifiesto que en el Estado de Roraima, que posee una potencialidad de exploración de aproximadamente 3 millones de hectáreas de labradío (cerrados roraimenses), una de las limitantes mayores es justamente la falta de calcáreo agrícola.

A pesar de las grandes reservas y según lo registrado por ABRACAL - Asociación Brasileña de Productores de Calcáreo Agrícola - Brasil consumió en el año 2004 solamente 23 millones de toneladas de cal, en tanto las necesidades del país superan los 70 millones de toneladas/año, lo que revela una extensa área de suelos ácidos. La producción anual de cal virgen e hidratada es consumida prácticamente por el mercado interno.

Según ABRACAL el mejor desempeño económico del sector azucarero/alcoholero asociado a la ampliación de áreas de renovación de cañaverales en el 2003, ha estimulado el incremento en el uso de calcáreo en los cultivos, provocando el aumento del consumo en la caña de azúcar (principal demandante en la agricultura paulista y pernambucana).

Unidades rudimentarias de producción

Existe el problema que representa la elevada cantidad de pequeñas unidades rudimentarias en la mayoría de los estados brasileños, principalmente los del Norte y Nordeste que producen derivados de rocas calcáreas con un alto impacto ambiental debido a la excavación de enormes canteras y a la emisión de gases y partículas poluentes durante el proceso de fabricación de esos derivados.

El geólogo Marcelo Rafael Correa Borges Da Fonseca, de la Universidad Federal de Paraíba conciente de la magnitud del problema, elaboró un proyecto cuyo objetivo apunta a solucionarlo en el Nordeste brasileño.

En términos generales el Nordeste de Brasil ha tenido en las últimas décadas, una importante producción mineral la cual ha integrado la región a la economía nacional. Mientras tanto, la mayor parte de la actividad extractiva de los calcáreos se ha producido por los garimpeiros propiciando una producción desordenada y usando tecnologías rudimentarias de labra y beneficio, ocasionando serios perjuicios al medio ambiente y al óptimo aprovechamiento minero.

La disponibilidad de los recursos mineros favoreció a partir de la década del 80, la instalación de industrias de beneficio y transformación del calcáreo, incidiendo en la polución atmosférica derivada del polvo calcáreo y del combustible de leña y de los neumáticos usados en la transformación de la cal, liberando gases tóxicos.

Borges enfatiza que normalmente, una comunidad local convive con la extracción y el beneficio de las rocas calcáreas; en consecuencia se producen:

• Dolencias respiratorias en parte de la población;
• La vegetación es cubierta por una fina capa de polvo reduciendo la fotosíntesis y la capacidad productiva de la misma;

• Los trabajadores directamente involucrados en las tareas de labra y beneficio se encuentran expuestos al polvo, a los ruidos, olores y altas temperaturas.

Este mismo autor resalta la necesidad de crear en términos de estrategia, un instrumento capaz

de implementar el desarrollo económico y social de la región, protegiendo los ecosistemas representativos y específicos, a los que se debe incorporar la acción institucional. También regular los

CULTIVO	RENDIMIENTO –kg/hectárea			EFECTO ENCALADO %
	Media/Estado	Con Abono	Abono-Calcáreo	
Maiz	1.100	5.190	6.560	26
Trigo	900	1.500	2.000	33
Soja	1.200	2.500	3.200	28
Forraje	2.000	4.000	12.000	200

dispositivos de la Carta de 1988 que privilegia el garimpo efectuado de manera corporativa, que sin duda, es válido para todo el territorio nacional en zonas que presentan el mismo problema.

En esta misma línea, los análisis ambientales deberán ser realizados desde el ángulo de la utilización racional de los yacimientos, de la implantación de tecnologías adecuadas y modernas, del regimen de trabajo, del control de las operaciones y de la contribución de la empresa al proceso de desarrollo. Los proyectos deben ser ejecutados transcendiendo a la simple medida oportuna en pos de proteger la naturaleza.

Considerando que la producción de cal sea agrícola o no, se ubica principalmente en regiones donde las necesidades básicas de la población todavía no están satisfechas, será necesario conocer los efectos producidos por los cultivos, la organización social y el bienestar de las comunidades locales.

Políticas sobre los calcáreos agrícolas en brasil

Operación Tatu

A finales de la década del 60 el Estado de Río Grande do Sul, administró una experiencia exitosa conocida en los medios rurales con el nombre de "Operación Tatu" , la cual apuntaba a demostrar al agricultor que las prácticas de encalado y de fertilización cuando están bien empleadas, pueden aumentar la productividad y el rendimiento de la exploración.
Dicha operación proporcionó ganancias de productividad en Río Grande do Sul muy alentadoras. Algunos ejemplos se muestran en el Cuadro V-14.

Cuadro V-14. Ganacia de Productividad en el Estado de Río Grande do Sul

Fuente: E. Malavolta. Encalado, abono y Productividad Agrícola - Piracicaba, SP

Aún así Brasil no poseía una política efectiva para incentivar el uso de calcáreo por parte de los agricultores. El gobierno brasileño en un intento de posicionar el país en el ranking mundial como fuerte productor de granos y proteínas, lanzó a partir de 1975 varios programas los que sin ninguna duda, impulsaron la agricultura de encalado en una política de crédito agrícola implantada estratégicamente.

Dichas políticas las cuales serán desarrolladas más adelante, tuvieron como fruto los avances en el complejo agroindustrial, en términos de producción, instalación de infraestructura de apoyo

a la producción y de nuevas plantas industriales. En este contexto la industria de molienda de calcáreo, se vió beneficada en ese momento y sus proyectos también se vieron impulsados por la creciente demanda de alimentos.

Programa Nacional de calcáreo agrícola - PROCAL

En la década de 1970 se estimaba que en el año 1975 serían necesarias aproximadamente 60 millones de toneladas de calcáreo para la total corrección de la acidez de los suelos; teniendo en cuenta las hectáreas cultivadas en el país y las cantidades medias de 1,5 t/ha durante 3 años, considerándose áreas ocupadas por laboreos con su proyección para el año 1975 y la estimada de las áreas ya tratadas con calcáreo en el período 1972 a 1974.

Considerando lo expresado precedentemente y con el objetivo de atenuar la influencia de los factores negativos que afectan al sector de producción de calcáreo agrícola, el Gobierno Federal por medio del Consejo Monetario Nacional, aprobó el Reglamento del Programa Nacional de Calcário Agrícola - PROCAL -(8 de enero de 1975), que fuera posteriormente difundido e instituído por la Circular N° 245 del Banco Central de Brasil. La ejecución del programa fue fijada para el período 1975/1979.

PROCAL y el problema de acidez de suelos en Brasil

Tal como ya fue mencionado, en términos generales los suelos agrícolas de Brasil tienen como característica el hecho de ser ácidos a muy ácidos (pH entre 4 y 5,5); en consecuencia se enfatiza sobre la aplicación de encalado (aplicación de calcáreo molido) como una práctica para corregir tal acidez.

La demanda efectiva de correctivos en Brasil se concentraba básicamente en las Regiones Centro y Sur donde es de práctica la agricultura con niveles tecnológicos más avanzados.
No obstante, igualmente en esas regiones se verifican problemas que afectaban a la industrialización y comercialización del calcáreo, hecho que impide una mejor difusión del producto entre los agricultores. Tales problemas puede resumirse del siguiente modo:

a) Elevados precios finales de los productos, ocasionados tanto durante la etapa de producción, así como en la etapa del transporte;
b) Plazos inadecuados concedidos a los créditos destinados a la adquisición y comercialización de los calcáreos;
c) Deficiencia en el procedimiento de difusión sobre el conocimiento de la importancia de las prácticas de la corrección en suelos.

La producción nacional de la caliza agrícola al igual que la demanda, se localizaba principalmente en las Regiones Centro y Sur donde los volúmenes producidos en 1973 alcanzaron cerca de 4 Mt, en tanto la capacidad instalada de producción era del orden de 6,8 Mt anuales.

Por otra parte, la existencia de materia prima se distribuye prácticamente por todo el país. Aún así los volúmenes existentes de materia prima y su distribución satisfactoria desde el punto de

vista geográfico, muestra que varias regiones brasileñas carecen de corrección de suelos o no disponen de reservas de calizas en sus territorios.

Existen factores que limitan la oferta nacional de calizas; entre ellos se menciona:

a) Costos elevados de producción, los que se originan desde la etapa de extracción de la materia prima (donde todavía se emplean en general procesos rudimentarios de trabajo), como también en la fase de molienda;
b) Baja aplicación de recursos técnicos y financieros en especial en lo que se refiere al almacenamiento de los productos.

Objetivos

- Defensa de la tierra como patrimonio nacional, de forma que las generaciones futuras posean un suelo sano y productivo en lo que se refiere a la producción de alimentos;

- Aumento de la productividad del suelo a través de la corrección de la acidez con el consecuente incremento de la renta del productor agrícola y de las cantidades de productos, como consecuencia de la mejoría en la calidad de los mismos y de la nutrición del suelo.

- Creación de las bases necesarias para la utilización más eficaz de los fertilizantes agrícolas, como consecuencia de la corrección de la acidez del suelo, ya que cuando existe, hace indisponibles los nutrientes contenidos y necesarios para las plantas.

Metas

- Difusión de la práctica de la corrección de la acidez de los suelos;

- Oferta de calcáreos a precios accesibles para el agricultor;

- Incremento progresivo de la utilización de correctivos durante el período de ejecución del programa.

Entre las características regionales que hace a la demanda de calcáreo agrícola, se encuentran los niveles de tecnología aplicados; PROCAL debería actuar de forma de atender a tales peculiaridades en las unidades de producción. De este modo en las Regiones Centro y Sur donde ya se verificaron niveles más elevados de tecnología agrícola y donde son mayores los volúmenes de demanda efectiva, se admitió que las unidades de producción a ser implantadas, deberían adecuarse a los planes de expansión ya existentes. Por otra parte, las informaciones disponibles permitirían considerar que la industria nacional de bienes de capital se encontraba debidamente capacitada para atender la demanda de máquinas y equipamientos para la industrialización de las calizas.

Con el objetivo de dimensionar los recursos necesarios para el desarrollo de la industria, se previó que la inversión fija para la instalación de una unidad completa de molienda con capacidad de 500 t/día (turnos de 8 horas), estuviese alrededor de Cr$ 6 millones, siendo que el Programa, estipulaba un total de Cr$ 400 millones (aproximadamente US$ 50 millones) que serían invertidos

en unidades de molienda durante el período 1975-1979.

En lo relacionado con la formación de stocks, PROCAL consideraba todavía ampliar el financiamiento de las empresas productoras de calcáreos (inclusive las cooperativas que actuaban en el sector) para cubrir la formación de stocks del producto final. Con esa medida, se propiciaba el flujo constante de producción industrial, eliminando los inconvenientes caracterizados por la estacionalidad del producto. A esta modalidad de financiamiento se aplicarían Cr$ 900 millones (aproximadamente US$ 112,5 millones) en el período 1975/1979.

El transporte que constituye un factor preponderante en la elevación de los costos del producto a nivel del agricultor, el Programa se propone incentivar la creación de puntos de distribución en las áreas de gran consumo de calcáreo, como un modo de intensificar la adopción de otros medios de transporte, como el ferroviario en la medida de las posibilidades de cada región, introduciendo en ese caso tarifas preferenciales que serían adoptadas por la Red Ferroviaria Federal, de modo de permitir el transporte de cargas para la formación de stocks cercanos a las zonas de mayor consumo de correctivos.

También estaba contemplado por PROCAL, el financiamiento al consumo del calcáreo mediante créditos para la compra, transporte y aplicación del calcáreo de acuerdo a las normas vigentes de uso del crédito rural.

Con la finalidad de dimensionar las necesidades de este tipo de financiamiento se consideró el producto colocado en la propiedad agrícola (incluido el stock) con un límite de 100% financiable sobre los totales aplicados al consumidor.
Las inversiones destinadas a la adquisición, transporte y aplicación de correctivos serían del orden de Cr$ 5,2 billones (cerca de US$ 650 millones) para el período 1975/1979.

El total de recursos a ser invertidos durante los cinco años de vigencia de PROCAL alcanzaría a Cr$ 6,5 billones (aproximadamente US$ 820 millones), siendo Cr$ 5,2 billones (US$ 650 millones) destinados al financiamiento de los agricultores.

La Operación Tatu y PROCAL son dos ejemplos de iniciativas bien ejecutadas para el sector agrícola brasileño, estableciendo un nuevo referente para el conocimiento de prácticas agrícolas en suelos pobres y ácidos. Ambos inducen a crear en el medio rural una conciencia de que la acidez del suelo es un factor limitante al incremento de la productividad y de un mejor aprovechamiento de los fertilizantes nitrogenados y fosfatados. Tomar caminos alternativos a esas prácticas es encaminar en dirección al desperdicio y no a una virtuosa ubicación de los insumos fundamentales en la nutrición de las plantas (BECKER, F.C., 1996).

PROCAL habría cumplido un importante papel en el sentido de aumentar la oferta del insumo mediante la modernización y expansión del parque de molienda, pero el significativo incremento del uso del calcáreo por parte de los productores rurales, infelizmente fue interrumpido entre otras causas, por denuncias de malversación de los fondos públicos.

Plan Nacional del Calcáreo Agrícola - PLANACAL

ABRACAL y sus asociados conscientes de su papel y sus compromisos de una creciente participación de Brasil en la oferta mundial de granos y proteínas, se preocupa por el nivel de desnutrición de buena parte de la población brasileña, ha alertado sobre la necesidad de invertir fuertemente en tecnologías de producción sin que ello afecte drásticamente al medio ambiente.

Es tiempo de actuar, de encontrar caminos antes que las decisiones de plantar sean tomadas, a pesar de que exista cierta disconformidad en las discusiones entre agricultores y el gobierno en lo referente a las grandes cuestiones relacionadas con los precios de productos agrícolas, las políticas de almacenaje, endeudamiento y apertura comercial para la importación de géneros alimenticios.

Ese pasado reciente de apertura, de visión más amplia del negocio agrícola frente a los problemas del ecosistema, que de esa exploración se manifiestan, posibilitó al sector del calcáreo trazar una propuesta a modo de contribución formulada por ABRACAL en 1998, a partir del Plan Nacional de Calcáreo Agrícola sobre la cuestión de la acidez de los suelos brasileños y cuanto cuesta para un país que crece de un proceso horizontal, por la incorporación de áreas no siempre aptas para la actividad de exploración, año a año.PLANACAL se encuentra fundamentado también en la corrección de la acidez del suelo brasileño, enfatizando que tal acidez es un factor limitante de la productividad agrícola y por consiguiente, inhibidor del crecimiento en el rendimiento de la agricultura. Analizando esta cuestión desde el punto de vista de la oportunidad económica de la inversión, se asume que la acidez del suelo es un fuerte limitante al retorno del capital invertido para alcanzar resultados en la actividad agropecuaria.

El agotamiento de las tierras fértiles y el surgimiento del proceso erosivo de esas áreas, según norma, próximas a los centros consumidores, empujarán a la agricultura brasileña hacia las regiones de suelos ácidos, pobres y erodados. Por el bajo valor de la tierra, se torna en un buen negocio a corto plazo pero no tardan el surgir problemas con el desgaste de esos suelos. Los resultados económicos obtenidos se presentan como insuficientes para el mantenimiento de la actividad, a medida que la capa fértil natural se agota.

Existe una amplia literatura científica, trabajos de investigación experimental y resultados de campos de cultivo que evidencia la correlación existente entre el grado de acidez de un suelo y la productividad de los mismos. Aunque todavía no se admita que la acidez es la única variable determinante de la productividad, es por acción que se produce la reducción de la asimilación del mayor nutriente en cantidad del suelo (fósforo) que tiene que estar disponible para las plantas, ocasionando a la agricultura severas pérdidas.

Afirman los autores que "...Entre 1950 y 1980 el crecimiento medio del consumo de fertilizantes en Brasil fue de 13% al año, muy por encima de los 4,5% verificados en la producción agrícola. La productividad agrícola no reveló con todo, un aumento representativo, lo que sugiere dos conclusiones: que la situación sería peor si el consumo de fertilizantes no hubiese crecido; que la productividad marginal de los fertilizantes fue baja, lo que refleja un destino ineficiente del insumo. En verdad el subsidio para la compra de fertilizantes, es distorsivo para la relación entre el valor de la productividad marginal y el costo de producción, tanto como la poca atención de la corrección previa de la acidez del suelo, que estaría entre los principales responsables por su empleo poco productivo y concentrado en una pocas áreas..."

Los autores continuan diciendo que "...En el período pos-setenta la relación entre el consumo to-

tal de calcáreo y el de fertilizantes viene sufriendo una quita de 3:1 en 1973, hacia 2:1 en 1980 y de 1,4:1 en 1985. Tal evidencia es preocupante porque la acidez del suelo afecta la asimilación de los nutrientes e impide que se den las condiciones adecuadas para el desarrollo de las plantas. El calcáreo siendo un insumo barato, todavía no forma parte de los hábitos de cultivo de la gran masa de agricultores..."

Con el objetivo de elevar los índices de productividad de los cultivos y de proporcionar plenamente las condiciones a la exploración del potencial del suelo brasileño, ABRACAL elaboró una Propuesta para un Plan Nacional de Calcáreo Agrícola. Consecuente con este acto, emergió otra cuestión no menos importante que fue la preocupación de la entidad con relación a la preservación del ecosistema y la conservación del suelo, que aún siendo explorado para los fines agrícolas, en caso de estar adecuadamente realizado, puede dar un gran resultado desde el punto de vista económico a la Nación, sin que ello signifique la destrucción de los recursos naturales para las generaciones futuras.

De esta forma, se destinaron recursos del orden de 500 millones de reales (aproximadamente U$S 427 millones) para fomentar el uso del calcáreo a través de la implantación del programa PROSOLO.

Objetivos
Objetivo general:

Contribuir al aumento de la productividad, competitividad y calidad de la producción agropecuaria a través del estímulo a la práctica de encalado, reduciendo la acidez de los suelos en todo el territorio brasileño, donde se practique la agricultura.

Objetivos específicos:

1.- Mejorar y conservar la capacidad de producción de los suelos, preservando el medio ambiente y la calidad de vida del medio rural;

2.- Comunicar a los agricultores sobre los beneficios del encalado en la agricultura y sobre la ganancia en la rentabilidad que es posible alcanzar con su uso racional;

3.- Establecer relaciones de compañerismo entre los sindicatos de la industria del calcáreo, gobiernos municipales, estatales y federales, cooperativas y entidades pertenecientes al sector primario, para promover la educación del productor y definir rutinas sobre la práctica del encalado y sus beneficios.

Alcances del Plan

La Propuesta para el Plan Nacional del Calcáreo Agrícola - Contribución a la Calidad y la Productividad - sería de alcance nacional concentrando su esfuerzo inicialmente, sobre los estados agrícolas de mayor consumo del correctivo calcáreo, cuyos cultivos existentes y la estructura empresaria ya establecida, puedan favorecer el proceso de implementación del Plan.

Paralelamente, mediante el esfuerzo focalizado y dirigido a introducir la práctica del encalado en aquellos estados agrícolas menos estructurados y de menor cultivo en cuanto a la práctica , que seguramente adoptarán con menor celeridad que los que poseen experiencia y dominan la técnica.

Estrategia educacional

Desarrollar e implementar campañas de educación y de esclarecimiento al productor rural, a través de la radio, televisión, diarios, conjuntamente con la población, de instituciones de enseñanza, investigación y extensión rural, demostrando los beneficios del uso del calcáreo agrícola, por cuanto:

1.- Las calidades y beneficios para la conservación de los suelos brasileños ácidos y degradables y su influencia en la producción potencial de esas tierras;

2.- La ganancia en el rendimiento y aprovechamiento de las tierras que están siendo abandonadas - agotamiento precoz/éxodo rural - próximas al centro con disponibilidad infraestructural, en favor de otras más alejadas que terminan por encarecer el producto agrícola;

3.- El uso correcto de la aplicación - adoptando prácticas como el muestreo y análisis del suelo, mejorando la fertilidad, rendimiento de las actividades y el lucro emergente de la unidad de producción agrícola.

Estrategia promocional

Se trata de convocar al agricultor y concientizar a la población de los centros urbanos, sobre el desarrollo de un proceso de cambio en la economía brasileña en la cual la agricultura tiene un papel fundamental en esta tarea de estabilización, en que los precios y salarios deben mantenerse en niveles compatibles con el crecimiento de la productividad de los distintos sectores. Esto es, estamos persiguiendo ganancia de productividad para alcanzar la condición de competitividad.

De llegar a ese nivel, se exige la inversión en nuevas técnicas, procesos de producción, gerenciamiento, cambio de hábitos, sustituyéndolos por los nuevos referentes.

Se torna necesario buscar la aprehensión del cambio el que podrá proporcionar lo que fue idealizado como el camino para la agricultura. La práctica tiene que ser demostrada y para ello, se propone:

1.- Promover la instalación de campos de demostración de uso de calcáreo en tierras de agricultores, convocando al poder público, la iniciativa privada, entidades de categoría de modo de mostrar los beneficios resultantes del encalado, asociado a otras prácticas agrícolas, tales como el uso de fertilizantes y la conservación de suelos;

2.- Concientizar sobre el uso del calcáreo como parte de un programa mayor de esclarecimiento sobre la defensa del patrimonio nacional, cuyos propósitos son los de: uso adecuado, construcción de la fertilidad y la preservación permanente del suelo, trayendo beneficios a los agricultores en particular, y a la sociedad en general.

Metas del Plan

La Propuesta para un Plan Nacional de Calcáreo Agrícola, que exigirá un esfuerzo de inversión de cinco años, está amparada en las posibilidades reales de una ganancia que podría tener, no en los aspectos económicos de base argumental sino en las ventajas sociales y beneficios para el ecosistema.

La esperada elevación de la renta del agricultor producida por el aumento de la productividad y del ingreso, será revertida en la mejoría de la calidad de vida y mayor inversión en capital productivo dentro de la unidad de producción. Este resultado afectará también al sector industrial proveedor.

Unidad de federación	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Paraná	5.595,7	6.416,5	7.237,5	8.044,1	8.864,6
São Paulo	5.051,1	5.647,2	6.243,2	6.839,3	7.435,5
Rio Grande do Sul	4.330,3	5.137,8	5.956,0	6.763,7	7.581,9
Minas Gerais	2.444,8	2.918,9	3.393,0	3.867,0	4.336,6
Goiás	2.441,1	2.679,1	2.915,0	3.152,9	3.388,9
Mato Grosso	2.147,2	2.406,6	2.666,2	2.925,7	3.185,4
Mato Grosso do Sul	1.203,0	1.393,0	1.583,0	1.773,1	1.963,1
Santa Catarina	948,0	1.179,6	1.411,1	1.642,5	1.874,2
Otros	8.387,4	9.686,8	10.868,1	12.167,6	13.348,9
TOTAL	32.548,6	37.465,5	42.273,1	47.175,9	51.979,1

Meta de Productividad:

Utilizando una superficie media de 30,57 millones de hectáreas de plantaciones (1990-94) incrementar 18,89 millones de toneladas de granos comparativamente a la oferta actual.

Meta del uso del correctivo:

Pasar de los actuales 453 Kg/ha para un tope con oscilación de 1.000 a 1.500 Kg/ha en razón de las agriculturas estructuradas técnicamente y de las que todavia deben incorporarse a ese proceso.

Meta de demanda:

Estimular el uso del correctivo para pasar del consumo que en la época de implementación del plan es de 21,2 millones de toneladas, a un volumen al quinto año de su vigencia de 51,98 millones de toneladas reduciendo la capacidad ociosa del sector.

Las metas de demanda por Estado, en Brasil y establecidas por el Plan están registradas en el cuadro V-15. Los ocho estados con mayor consumo de calcáreo representan el 74% de la demanda total.

Cuadro V-15 Demanda de calcáreo agrícola por Estado en Brasil (1.000 t)
Referido al período contado a partir de la implementación del plan propuesto
Fuente: Asociación Brasileña de Productores de Calcáreo Agrícola - ABRACAL

Necesidades de Crédito

ABRACAL realizó un registro sobre las necesidades de crédito para inversión, para un plan de calcáreo agrícola y propone medidas sobre políticas de crédito para financiamiento de manera de hacer posible su viabilización junto a los productores.

Línea de Crédito Especial

El crédito para el financiamiento de calcáreo agrícola debe ser incluido en la Norma Permanente del Manual de Crédito Agrícola - MCR, por el hecho de ser considerado un insumo importante para la corrección de la acidez del suelo.

La experiencia adquirida por el Banco Central y el Banco de Brasil con el financiamiento de ese insumo y los resultados emergentes son vitales para que sea establecida una nueva relación de confianza entre la Autoridad Monetaria y el agricultor, buscando:
1.- Contemplar el financiamiento del calcáreo, como parcela suplementaria del crédito agrícola de costeo;

2.- Definir que el encargo financiero incidente sobre el empréstito sea el crédito de costo, pactado a través de MCR o por la equivalencia Producto.

Operativa de los Recursos

1.- Los recursos serán destinados a las cooperativas de crédito y/o de producción, pudiendo ser transferidos directamente los agentes financieros a los agricultores;

2.- El destino y la liberación de los recursos será realizada mediante presentación del Programa Estadual de Inversión en Calcáreo Agrícola;

3.- Las industrias productoras de calcáreo abarcarán el costo de la elaboración de los Programas Estaduales.

Impacto del Plan

PLANACAL podrá trazar en el corto plazo, ventajas en los campos económico, social y ambiental. Desde el punto de vista social y ambiental las observaciones estarán relacionadas a la

conservación y al mejoramiento del suelo, proporcionando aumento de la capacidad productiva, incremento de la renta y mejor calidad de vida para el hombre de campo. Ello se verá reflejado de manera importante en la decisión de permanecer o salir de la actividad agrícola. De presentarse como viable junto con la rentabilidad, será suficientemente atractivo para su permanencia. También serán beneficiarios del programa los sectores de molienda del calcáreo, transportes y de beneficiamiento de granos, entre otros.

Beneficios económicos

Los beneficios deberán aparecer a través del mayor ingreso líquido provocado fundamentalmente, por la ganancia de productividad y el mejor desempeño de las áreas de producción:

a) Aumento de la producción de granos en torno de 18,98 millones de toneladas;
b) Incremento de la productividad de aproximadamente 30%;
c) Incremento del ingreso de granos en torno de R$ 2,74 billones;
d) Retorno del Plan de aproximadamente R$2,4 por cada real invertido;
e) Aumento de cargas para los sectores de transportes próximo a los 3,6 millones de t/año;
f) Permanencia del hombre de campo e incremento del empleo rural;
g) Efecto de arrendamiento de ICMS y de divisas externas (soja, azúcar, café, jugos cítricos y frutas).

Impacto sectorial

Sobre el sector Primario y sobre el sector de Molienda de calcáreo agrícola, el impacto esperado sería del siguiente orden:

a) Agricultura - Mejorar las condiciones de 30,57 millones de hectáreas de granos en términos de fertilidad y corrección de la acidez;

b) Industria - Reducir la capacidad ociosa al pasar de un beneficio actual de 21,28 millones de t/año a la posibilidad de producir 38,69 a 51,98 millones de toneladas.

Programa de Incentivo al uso de Correctivos de Suelos - PROSOLO

La elevación de la productividad agrícola de forma vertical es una propuesta más sustentable en lo referente al desarrollo agrícola, comparativamente al aumento de forma horizontal; en ese contexto fue creado PROSOLO.

Tasa de interés

Se estableció una tasa de interés del 8,75% al año incluida la actividad del agente de 3% al año.

Nivel de participación

El límite de los financiamientos fue definido para el caso de cada productor, en la posibilidad de poseer financiamientos contratados en ese programa en el período de 01.07.2001 a 30.06.2002 de un valor de hasta R$ 80.000,00 (aproximadamente U$S 35.000,00).

Criterios específicos

• Para todos los pedidos de financiamiento se debería exigir al cliente la presentación del comprobante de análisis del suelo y la respectiva recomendación agronómica, incluida la fertilización verde, cuando el caso correspondiere expedida por un profesional habilitado, basado según en el análisis técnico del proyecto;

• Para lograr un proyecto con apoyo de PROSOLO la fecha de emisión de los documentos de comprobantes de gastos, no podrán ser anteriores a la fecha de entrada del pedido de financiamiento en la institución financiera acreditada;

• Se exigirá al cliente la presentación de una declaración referida al cumplimiento del límite de valor de financiamiento;

• La institución financiera deberá mantener los registros de operación documentados que indiquen el tipo y la cantidad de correctivos utilizados, los valores respectivos de inversión y las áreas beneficiadas. Estas informaciones deberán encontrarse individualizadas para cada producto beneficiado, como forma de fortalecimiento a las cooperativas y sus asociados.

Programa Nacional de Recuperación de Pastos Degradados - PROPASTO

El sector pecuario en Brasil contribuye sustantivamente en la regulación de exportaciones agrícolas, por ello necesita de incrementos en su productividad, principalmente en la calidad nutricional de los pastos, es decir, en el alimento que el ganado come para que haya un incremento tanto cuantitativo como cualitativo relacionado a la productividad, la carne, leche y sus derivados.

Es evidente la importancia del sector para el país tanto como el liderazgo gubernamental a través de la iniciativa de crear un programa (Resoluciones CMN/Bacen Nos. 2.856 de 03/07/2001 y 2.877 de 26/07/2001, Art. 7°) para solucionar el problema de las pasturas brasileñas nativas y plantadas en la recuperación de zonas de pastos degradados cuyo nombre le fue dado al programa (Programa Nacional de Recuperación de Pastos Degradados - PROPASTO), también de varias disputas entre las cuales se destacaron los estudios desarrollados por PLANACAL.

Finalidad del crédito

Recuperación de áreas de pasturas cultivadas degradadas en todo el territorio nacional, admitién-

dose también las pasturas nativas de los estados de la Región Sur.

Beneficiarios

El programa atiende a los pecuaristas que ya han recibido el crédito rural de otros proyectos y/o iniciativas de bancos privados y estatales, en lo referido al crédito correspondiente a ese sector.

Items financiables

Adquisición, transporte, aplicación e incorporación de correctivos agrícolas (calcáreo y otros); implantación o recuperación de cercas en áreas que están siendo recuperadas; adquisición y plantación de semillas y cambio de forrajes; implantación de prácticas conservacionistas de suelo y construcción de reformas de pequeños bebederos.

Límite del crédito

El crédito a conceder a los beneficiarios del proyecto fue como máximo de R$ 150.000 (cerca de U$S 65.000,00) por productor, independientemente de otros préstamos al amparo de recursos controlados por el crédito rural, excepto cuando fueran destinados al Programa de Incentivo al Uso de Correctivos de Suelo - PROSOLO - cuyo monto debe ser deducido de ese límite.

Interés

El préstamo para los pecuaristas, tuvo una tasa efectiva de 8,75% al año.

Plazo

El período total para el pago del préstamo fue de 5 años, incluidos hasta 2 años de carencia para que el pecuarista pueda pagar con el retorno de la inversión.

Amortizaciones

Las amortizaciones fueron establecidas de forma semestral o anual, de acuerdo con el flujo de ingresos de la propiedad beneficiada.

Garantías

Las garantías fueron admitidas de acuerdo con los pre-requisitos establecidos para la adquisición del crédito rural.

Calcáreo - Recurso Mineral en la Sustentabilidad Agropecuaria y Mejoría

de los Recursos Hídricos

La falta de calcáreo no solo compromete el desenvolvimiento de una agricultura empresarial sino también induce a una agricultura familiar y de subsistencia altamente degradante, en la medida que la misma cumple con un ciclo indeseable: desmantelamiento, agotamiento, abandono y más desmoronamiento.
La mayor evidencia de la importancia del calcáreo ha sido la constatación por parte de uno de los más famosos investigadores brasileños, el Dr. E. Malavolta de ESALQ, que demostró en 1958 con la caña de azúcar perteneciente al Estado de San Pablo que:

• El calcáreo sin fertilizante aumenta la productividad en un 64%;
• El fertilizante sin calcáreo produce un aumento de la productividad de igualmente 64%;
• Finalmente, el calcáreo y fertilizante combinados aumentan la productividad en 235%.

Mediante análisis se constató que no se utiliza calcáreo o que se usa en dosis inadecuadas, hecho que fue comprobado en todo el territorio nacional y en diferentes niveles según la región.

El Departamento Nacional de Producción Mineral - DNPM - sensible a la cuestión ambiental, acató las decisiones y solicitó a la Secretaría de Recursos Hídricos - SRH , del ministerio del Medio Ambiente - MMA, en el sentido de profundizar los estudios sobre el calcáreo agrícola, al mismo tiempo que se facilita esta disponibilidad para los productores rurales, lo que se convertiría en ahorro de florestas, recuperador de áreas degradadas, inductor del manejo integrado de los recursos naturales a nivel de microcuencas hidrográficas y consecuentemente, altamente beneficioso al proceso de preservación y mejoría de los recursos hídricos.

La cooperación entre DNPM/MME y SRH/MMA con relación al tema calcáreo se considera primero la promoción del insumo ahora estratégico y poco valorizado como mineral; segundo, la necesidad de elegir un elemento de anclaje capaz de enseñar y motivar el manejo de los recursos naturales a nivel de microcuenca para obtener como resultado entre otros aspectos, el agua necesaria y limpia.

El desarrollo del estudio consecuente de esa cooperación en esa línea, evidencia que el mineral calcáreo en ese contexto, pasa a constituirse en un elemento de gran beneficio ambiental y por lo tanto, en minimizador de la imagen negativa invariablemente asociada a la exploración mineral.

En lo relacionado a los recursos hídricos, el estudio llama la atención a una obviedad, en la que la agricultura que es una actividad intrínsecamente antinatural, hace uso de aproximadamente el 70% de agua dulce disponible y de la calidad y cantidad de agua corriente, con la calidad de manejo que se aplica a la agricultura, lo que es coherente con el apoyo al manejo adecuado de lo agropecuario.

Es evidente que el Ministerio de Agricultura y tantos otros organismos y segmentos públicos y privados, siempre llamarán la atención en ese aspecto.

La acción identificada entonces del DNPM en apoyo a las causas mencionadas, especialmente con los recursos hídricos, se está realizando en el sentido de:

a) Sumarse a los esfuerzos ya desarrollados
b) Considerar y evaluar aspectos del calcáreo en este nuevo contexto;
c) Contribuir efectivamente para que la expansión en el uso se efectúe de la forma más ventajosa en la relación costo/beneficio a los ojos no solo de los agricultores sino de toda la sociedad.

En este sentido el estudio coordinado por la Fundación de la Universidad Federal de Paraná en el Desarrollo de la Ciencia, la Tecnología y la Cultura - FUNPAR, denominado "Calcáreo - Recurso Mineral en la Sustentabilidad Agropecuaria y Mejoría de los Recursos Hídricos", consideró y evaluó todos los aspectos relativos al calcáreo agrícola de Brasil para después formular estrategias.

Estrategias

• Los análisis indican en el caso de que más que una provisión pura y simples instrumentos tales como el crédito, asistencia técnica y otros, en muchos casos en especial para los pequeños productores, puede no generar los efectos esperados a menos que se integren en una bien formulada estrategia;

• Las recomendaciones de una estrategia integrada en una determinada microcuenca, no parece ser suficiente como recurso que asegure una implementación de una base segura de éxito, considerando que en cada una de ellas la interacción necesaria se realizará de forma distinta, no solamente por las diferencias individuales de sus integrantes, sino por la cultura de las organizaciones involucradas, locales y externas, públicas y privadas.
• El principio fundamental, en tanto, es la clarificación de los beneficios individuales y colectivos y la demostración de los niveles de demanda individuales y colectivas, de forma tal que los primeros superen a los segundos en un emprendimiento en el que todos se beneficien;

• El actual modelo de incentivo al calcáreo, estaría indicando en sentido contrario la medida en que los financiadores, tomadores de crédito y el propio objeto, si no se beneficia al menos lo haga en la mínima dimensión deseada;

• Los bancos no se muestran atraídos en financiar el calcáreo (a menos que se encuentre dentro de "otros" servicios), los productores no se encuentran atraídos por las condiciones de financiamiento (debido al costo de "otros" servicios) y consecuentemente, no se verifica el pretendido encalado. Los recursos destinados a PROSOLO por ejemplo, en el período de agosto de 1998 a enero de 2000, presentó un desembolso de apenas el 20% del total montado para disponibilidad de ese programa;

• Aún en términos de estrategia, es de mayor importancia tener presente las transformaciones de orden organizacional y operacional verificadas como de municipalización de la agricultura y de la tercerización de servicios, como los indicados en los grandes cambios en los procedimientos tradicionales de manejo de microcuencas, como por ejemplo, los practicados en el Paraná;
• El Paraná tal como sucedió en el programa de microcuencas contó con un fuerte apoyo del gobierno estatal, con recursos propios y abultados financiamientos internacionales, proveyendo a municipios y productores con varios beneficios (combustible, horas/máquina, semillas, calcáreo, distribuidores comunitarios, etc.), condición dificil de aplicar en la actualidad;

• En 2001 el propio gobierno de Paraná destinó tres millones de reales (equivalentes en enero de 2001 a aproximadamente US$ 1,550,000.00) para financiar proyectos de naturaleza ambiental, con la participación del gobierno estadual en un monto que no superó los sesenta mil reales (equivalentes a aproximadamente US$ 31.000,00) por proyecto siendo que los recursos complementarios (financiero, bienes y servicios) deberían ser ofrecidos como contrapartida por los proponentes;

• Lo que se presenta como sorprendente es el hecho que se han presentado aproximadamente 300 pequeños proyectos lo cual da un promedio de un proyecto por municipio y gran parte de ellos alcanzando microcuencas y mejoría de los recursos hídricos;

• Estas situaciones muestran una realidad nueva no sólo para las relaciones entre organismos de las diferentes esferas de gobierno como también, para las relaciones entre segmentos públicos y privados particularmente es de esperar una postura diferenciada de ABRACAL;

• Es de esperar además de la postura clasista y reivindicatoria, también una postura proactiva, de fomento, incentivadora, participativa, es decir una postura de crear y satisfacer clientes.

• El principio de multifuncionalidad de la agricultura deberá ser aplicado considerando la constitución justificativa de americanos y europeos para subsidiar fuertemente sus productores rurales, bajo la argumentación de que los mismos, deben ser remunerados no sólo como productores de materia prima, sino también como recuperadores y preservadores de los recursos naturales.

El trabajo elaborado por FUNPAR tomó en cuenta los estudios fundamentados en los ejes nacionales de integración y desarrollo considerando:

• Desde 1997 Brasil ha cambiado como referencia de los estudios, el concepto que considera el territorio nacional como un espacio geoeconómico abierto, rompiendo con la visión tradicional de país fragmentado según sus fronteras geopolíticas formales, con macroregiones y estados;

• De un inmenso trabajo de selección y clasificación resultó la división del territorio nacional en nueve regiones que recibirán el nombre de Ejes Nacionales de Integración y Desarrollo, cuyas características fortalecerán los paradigmas para la determinación final de la importancia de proyectos individuales o agrupados;

• Los Ejes son macroregiones que compartirán en un grado de identidad forjada por factores históricos y culturales, en los cuales diferentes vocaciones económicas están siendo fortalecidas por grandes proyectos de infraestructura. Juntos, los planos para los nueve Ejes dan una visión consolidada de la estrategia de largo plazo para el desarrollo nacional;

• Una definición de los Ejes enfatiza sobre el análisis de los flujos de reales en bienes y servicios y en la identificación de las demandas de los ciudadanos en el ambiente en que viven. De este modo, ellos representan espacios territoriales delimitados a los fines de la planificación, según la dinámica socioeconómica y ambiental que los caracteriza;

• El levantamiento de las realidades regionales y la identificación de las potencialidades y obstá-

culos en todo el territorio nacional, harán posible la mejor comprensión en Brasil, la definición de los caminos para un desarrollo económico y social;

• El estudio detallado de los Ejes concluyó que los proyectos de infraestructura representaban apenas una de las cuatro dimensiones esenciales para el desarrollo, siendo las otras tres de naturaleza social, ambiental y de información y conocimiento;

• Fueron evaluados programas sociales y fueron efectuados las estimaciones de las necesidades estructurales actuales y futuras en las áreas de educación, salud, vivienda popular y saneamiento básico (agua y cloacas) que precisan ser atendidas para permitir el crecimiento acelerado, como costo de esas acciones;

• Fueron examinadas carencias de cada región en términos de información y conocimiento, estimando también el costo de satisfacción de esas omisiones;

• Finalmente, consideró el impacto ambiental de los proyectos, sugiriendo estrategias para proteger el medio ambiente durante la implantación y operación de proyectos de desarrollo, presentando estrategias para el desenvolvimiento sustentable, no como un componente de costo de los proyectos, sino como una oportunidad adicional para inversiones lucrativas.

Se torna evidente en este contexto, la correlación entre el uso del calcáreo, la sustentabilidad agropecuaria y los recursos hídricos, pues como ya fue expresado, la agricultura responde por aproximadamente ¾ de la totalidad del agua consumida pudiéndose constituir en gran poluente o en gran proveedora de recursos hídricos, dependiendo del manejo que se aplique a los recursos naturales. En la agricultura sustentable por ejemplo, adosada a un recurso hídrico se torna en proveedora de buena agua y su reflujo deberá filtrar agua poluída proveniente del área de consumo.

El Recurso Mineral en la Sustentabilidad Agropecuaria y Mejoría de los Recursos Hídricos enfoca los nueve ejes (Araguaia-Tocantins, Arco Norte, Madeira-Amazonas, Oeste, Red Sudeste, San Francisco, Sudoeste, Sur y Transnordestino) como referencias fundamentales de análisis y proposiciones, constituyéndose en una obra de consulta obligatoria a todos los órganos responsables por la implementación de políticas volcadas al sector mineral, a la agricultura, medio ambiente e hidrología, considerando que tiene como objetivo esencial subsidiar al gobierno, organismos e instituciones relacionadas con informaciones amplias y concretas indicando un nuevo cambio, nuevas alternativas para el incremento del uso del calcáreo agrícola.

Conclusiones

• La agricultura moderna tiene que ser sustentable, por medio de la creación y manutención de la productividad del suelo a largo plazo, garantizando los beneficios enfocados a las futuras generaciones. Los beneficios de suelos de alta productividad incluyen la protección ambiental, el uso eficiente de los insumos (calidad y cantidad) principalmente en los suelos ácidos brasileños, donde la aplicación del calcáreo agrícola es imprescindible.

El agricultor verdaderamente ecológico es aquel que aumenta su productividad verticalmente. Para

eso, el primer paso a dar es la corrección del suelo, seguido de su fertilización a través del uso correcto del calcáreo. Solo así estará contribuyendo al desarrollo sustentable de la agricultura.

• Según Costa (2000) la degradación de las pasturas se constituyen en un gran problema para las áreas de pastos de Brasil. La pérdida de fertilidad, superpastoreo, quemas periódicas y la aparición de plantas indeseables, son los principales factores responsables de la degradación de los pastos. El encalado y la fertilización son esenciales para la mejoría de la fertilidad del suelo y el aumento de la producción de forraje de las pasturas y forrajes. Mientras tanto, para que el encalado y la fertilización tengan óptimos resultados, es de fundamental importancia conocer la calidad y cantidad de calcáreo a ser utilizada en función principalmente de los cultivos y de las características del suelo y clima.

• Se enfatiza, que de ser usado en forma correcta, adoptando prácticas sobre el muestreo y los análisis, la aplicación del calcáreo no sólo permite la maximización de los efectos del fertilizante y sino también el aumento sustancial de la capacidad productiva de la tierra. Entre tanto para realizarlo de forma eficiente, se debe antes hacer la corrección del suelo para lo cual, el encalado es indispensable. Varios estudios han demostrado que desde que la corrección es realizada, es posible bajo ciertas condiciones, al término de cinco años duplicar la producción de granos en la misma área cultivada mediante el empleo de fertilizantes adecuados. Además de todo esto, la técnica empleada es simple, barata y accesible.

• Para el transporte de commodities, mercadería que se caracteriza por ser negociada en grandes volúmenes y bajo precio unitario, en el caso de largas distancias es más ventajoso utilizar la hidrovía y el ferrocarril, más que las rutas terrestres. El uso casi exclusivo de las rutas provoca en la gran mayoría de las regiones brasileñas, que el costo de transporte de granos y otros productos, como es el caso del calcáreo, sea uno de los más elevados del mundo lo que compromete la productividad de los mismos.

• Las carencias en el sistema de transporte de Brasil se observa en las rutas, ferrocarriles, hidrovías, terminales ferroviarias y puertos. Posee como aspecto crítico, la falta de inversión sistemática en el sector, una red de caminos nacional la que se encuentra en general, en un estado inadecuado para soportar la demanda que surgiría a través del movimiento creciente de las producciones brasileñas.

• Además se debe resolver el problema relacionado al transporte de larga distancia mediante la investigación geológica adecuada, sobre el modelo de la elaborada por CPRM (Servicio Geológico del Brasil), por intermedio de PIMA y delimitar posteriormente, las áreas favorables más próximas al consumidor, ejecutar una investigación detallada por un equipo multidisciplinario, compuesto por especialistas pertenecientes no sólo a las geociencias sino también al medio ambiente, a la química, agronomía, botánica, etc., para que sean analizados todas las variables del problema (calidad del calcáreo, viabilidad económica, impacto ambiental, tipo de suelo y vegetación, etc.).

Es evidente que todo trabajo multidisciplinario deberá ser precedido y basado en una planificación estratégica participativa, envolviendo a todos los actores interesados, incluidos los representantes de la sociedad civil, sin olvidar a los que representan a las comunidades de las áreas que se encuentran en esa mira.

• El éxito comercial de una compañía minera depende de la combinación adecuada de una serie de factores. Entre ellos se incluyen en primer lugar la existencia de una investigación geológica bien realizada y en escala compatible. Se debe enfatizar que antes de invertir cualquier capital en equipamiento de extracción y procesamiento del calcáreo, el industrial debe tener la certeza de la calidad y cantidad de roca calcárea que planea extraer y procesar. Se trata de economizar en niveles que comprometan una investigación y el medio ambiente, para no comprometer abultadas inversiones posteriores. Una investigación cuidadosa y metódica, es un factor de seguridad pues puede remover muchas especulaciones. Por otro lado, concordamos con Pereira et. al (2003) en que un minero debe también tomar en cuenta la preservación ambiental antes, durante y después de la vida útil del emprendimiento (Planificación estratégica). Es necesaria la planificación de la gestión desde el inicio de la investigación geológica durante todo el ciclo de vida del emprendimiento y también de su desactivación (cierre de minas).

• En la última década del siglo pasado, fueron concretadas algunas macrotendencias a nivel mundial que sin duda, posee fuertes connotaciones de "agribusiness" nacional y la formulación de la política agrícola en el presente y futuro. Esas macrotendencias son: reducción del papel del Estado en la economía, mayor integración de los mercados mundiales y mayor peso de las variables ambientales y sociales en el cálculo económico de las empresas y de las decisiones gubernamentales.

• Debido a algunas de sus características, la agricultura en todo el mundo continua y continuará todavía por bastante tiempo dependiendo de las políticas de soporte y del control gubernamental para garantizar el equilibrio entre la producción y el consumo doméstico, preservar el interés de la sociedad en la exploración de los recursos naturales y poseer condiciones competitivas en el mercado internacional.

• En Brasil a despecho de las limitaciones de naturaleza presupuestaria y de los grandes avances de los últimos años, en términos de implantación de instrumentos de política agrícola menos intervencionista, el crédito rural oficial continua siendo la espina dorsal del sistema de financiamiento de la agricultura y los instrumentos de apoyo a la comercialización y transferencia de riesgo dependen fuertemente del apoyo del Estado.

• Entre las principales razones económicas para la existencia de una política agrícola, las cuales poco han cambiado desde la década del treinta, se destaca: mejora del destino de recursos (las mayores críticas a PROSOLO y PROPASTO están dirigidas a la liberación de recursos), reducir las fluctuaciones de la renta y garantizar la seguridad alimentaria.

• El gobierno brasileño deberá continuar privilegiando los programas de desarrollo rural, principalmente en lo que se refiere a la capacitación de mano de obra. En este sentido, se debe resaltar la gran importancia de la formación y entrenamiento de empresarios agrícolas que son las personas que van gerenciar directamente la expansión de las actividades de "agribusiness". En consecuencia el Ministerio de Agricultura deberá firmar dentro de los programas de desarrollo rural, contratos y convenios con algunas universidades para acelerar y ampliar la formación de tales profesionales.

• Con relación a la agricultura sustentable, la adopción gradual de prácticas de cultivo compatibles con los principios de conservación del medio ambiente tiende a ser el desdoblamiento natural del

fortalecimiento de infraestructura del campo. Esto es así, porque a medida que fue mejorando la calidad de vida de la población rural y que los elevados costos de transacción fueron reduciéndose, cada vez más los productores estarán en condiciones de absorber los cambios en los gustos y preferencias de los consumidores, tendrán implícitamente mayor grado de responsabilidad en el sentido de responder a los deseos de la sociedad.

• En la actualidad, escasamente los mayores productores usan el calcáreo para la corrección de suelos. El volumen total del área cultivable en Brasil hoy, no alcanza a un consumo de 500 Kg/ha/año, cuando el mínimo recomendado sería de 1.000-1.500 Kg/ha/año (Pereira et. al 2003). Existe la necesidad de crear las condiciones para que el insumo sea también usado en las pequeñas propiedades, impidiendo la expansión del área agrícola que deberá crecer según el cálculo de los especialistas, en diez millones de hectáreas con graves daños al medio ambiente, en los próximos veinte años en caso que no se intensifique el uso del calcáreo agrícola en todos los niveles de la agricultura.

• Concordando con Borges (2002), se reitera que tratándose de unidades rudimentarias de producción de calcáreo o cualquier otro bien mineral, existe la necesidad de crear en términos estratégicos, un instrumento capaz de implementar el desarrollo económico y social de la región, con protección a los ecosistemas representativos y específicos incorporando el punto de vista institucional y reglamentar los dispositivos de la Carta de 1988 que privilegian el garimpo realizado en forma cooperativa.

• En este aspecto, los análisis ambientales deberán ser realizados desde un ángulo de utilización racional de los yacimientos, de la implantación de tecnologías adecuadas y modernas, del régimen de trabajo, del control de las operaciones y de la contribución de la empresa al proceso de desarrollo. Considerando que este tipo de producción de cal se localiza principalmente en regiones donde las necesidades básicas de la población todavía no están satisfechas, sería necesario conocer de antemano los efectos que se están produciendo en los cultivos, la organización social y el bienestar de las comunidades locales, por intermedio de una planificación estratégica participativa, involucrando a todos los actores incluidos los representantes de las comunidades locales.

Finalmente, es válido transcribir un párrafo del trabajo de la Asociación Brasileña de Productores de Cal, Calcáreos y Dolomitas de Brasil - Usos y Mercado, escrito por Guimarães años pasados, todavía pertinente:

"...las actividades mineras para la labra de calcáreos y dolomitas destinados a fines de interés social o de política gubernamental - como corrección de la acidez del suelo, polución ambiental y regularización de pH de lagos y lagunas - donde los precios ofrecidos al minero para la compra de sus productos son marginales, deben merecer por parte del Poder Público su apoyo, reflejado en el favorecimiento tributario, tarifas privilegiadas, financiamiento de stocks, préstamos bancarios para equipamiento y otros incentivos. Este incentivo será extensivo a la investigación de los depósitos calcáreos y dolomíticos de alta pureza, en regiones de influencia de industrias carecientes de cal química especial, mediante el mapeo, estudios y análisis, de las instituciones oficiales que permiten la localización de ocurrencias con tales atributos y despertar el interés del minero nacional", Guimarães - 1978.

8. Agradecimientos

Nuestros agradecimientos al Dr. Gildo Araújo de Sá C. de Albuquerque, Ex Director del Centro de Tecnología Mineral - CETEM - por las críticas y sugestiones como también autorizar a los autores durante la ejecución del trabajo, el uso de todas las facilidades del CETEM (In Memoriam).

Somos gratos a la Dra. María Laura Barreto, investigadora del CETEM por el incentivo y apoyo logístico; a la Dra. Heloísa Vasconcellos de Medina, investigadora del CETEM; a la Dra. Suely Borges da Silva Gouvêa y a la Dra. Patricia Duringer Jacques , geólogas de CPRM/DEGEP y al Sr. Leandro Andrei Beser de Deus, geógrafo del CETEM por su inestimable apoyo a la compo-

sición y elaboración de los mapas electrónicos; al Dr. Henrique de Oliveira Moreira, Consultor de FUNPAR por el envío de los datos necesarios para la elaboración del ítem 7 de este trabajo; a la Dra. Júlia Strauch y al Dr. Francesco Palmieri de EMBRAPA por el empeño puesto en brindar algunos datos.

Agradecemos al Dr. Benedito Marques da Costa, Profesor Titular del Departamento de Zootecnia de la Escuela de Agronomía de UFBA por autorizarnos el uso de algunos párrafos y conceptos de su artículo "@groArtigo" titulado "Uso do Calcário em Pastagens".

Por el intercambio de informaciones y envío de artículos y publicaciones internacionales agradecemos al Dr. Vincenzo Nino Agnello y a la Sra. Ruth Van Staden (Departamento de Minerales y Energía de Africa del Sur), al Dr. Aldo Bonalumi (Departamento de Geología de la Universidad de Córdoba, Argentina); al Dr. Fred Bruvel (Departamento de Minas y Energía de Australia), al Dr. Roy Towner (Instituto de Geociencias de Australia), Roger Buckley (Servicio Geológico de Vitória, Australia), al Dr. Valentin V. Tepordei (Servicio Geológico de los Estados Unidos), al Dr. José E. Mendía (Servicio Geológico y Minero de Argentina) y al Dr. Lary Quinlivan da Aglime.
Agradecimientos especiales al Dr. Marcelo Ribeiro Tunes, Ex Director General de DNPM por el apoyo e incentivo proporcionado durante toda la etapa de investigación y al Dr. Federico Lopes Meira Barbosa, Ex Secretario de la Secretaría de Minas y Metalurgia por las facilidades proporcionadas durante la fase de edición de este trabajo.

Finalmente, agradecemos a la Dra. Maria Beatriz Ponce por la excelente traducción del nuestro trabajo para el idioma Español.

PRNT de los calcáreos	*Clasificación*
45 a 60%	Bajo
60,1 a 75%	Medio
75,1 a 90%	Alto
Mayor que 90%	Muy alto

Carbonatos. Su uso en la agricultura de Brasil

Sebastián P. Gambaudo[1]

La calidad de los productos a utilizar está regido por el Poder Relativo de Neutralización Total (PRNT) y se clasifica en cuatro niveles (Cuadro V-16). Se exige a las enmiendas un Poder Neutralizador = a 67% y un PRNT = a 45%, como mínimo. (Nahass y Severino, 2003).

1 INTA EEA Rafaela - sgambaudo@rafaela.inta.gov.ar

Cuadro V-16. Clasificación del Poder Relativo de Neutralización Total para los calcáreos.

El método más utilizado para la determinación de la cantidad a utilizar es el del porcentaje de saturación de bases (NC) para una profundidad de suelo entre 0 - 20 cm, el cual puede ser modificado según la profundidad a corregir y la forma de aplicación, de la siguiente manera:

- De 0 a 30 cm de profundidad = NC x 1,5
- De 0 a 40 cm de profundidad = NC x 2,0
- Encalado superficial = NC / 2,0

Otro de los métodos utilizados es el criterio basado en los tenores de aluminio intercambiable (Van Raij, 1991) donde la cantidad de carbonato de calcio a agregar resulta de aplicar un factor de encalado (1,5 ó 2) el que se multiplica por la cantidad de aluminio intercambiable. También es posible utilizar el método del buffer SMP.

En cuanto a los momentos de aplicación se recomienda, de acuerdo al PRNT, los siguientes:

- PRNT 70% : aplicar 90 días antes de la siembra
- PRNT entre 70 - 80%: aplicar 60 días antes de la siembra
- PRNT entre 80 - 90%: aplicar 30 días antes de la siembra.

La producción de enmiendas calcáreas en el Brasil ha ido incrementándose a través del tiempo, llegando en el año 2000 a 19.305.200 Tm, debido principalmente a una política de Estado. La aplicación de programas se iniciaron a fines de la década del 60 con el desarrollado por Río Grande del Sur, conocido como "Operación Tatu" que demostraba los incrementos de rendimiento logrados con la corrección de la acidez edáfica. En la década del 70 se implementó el Programa Nacional del Calcáreo Agrícola (PROCAL) desarrollado por el Gobierno Federal por intermedio del Consejo Monetario Nacional. Se pretendía llegar a 1979 con una producción y utilización en todo el país de 15.300.000 Tm, valiéndose de métodos de difusión de las prácticas de corrección de la acidez de los suelos, oferta de calcáreos a los productores a precios razonables y una elevación progresiva del uso hasta alcanzar la cifra mencionada.

En 1998 se implementa el Plan Nacional de Calcáreo Agrícola cuyo objetivo es contribuir al aumento de la productividad, competitividad y calidad de la producción agropecuaria, a través de la estimulación de la práctica del encalado, reduciendo al acidez de los suelos en todo el territorio brasileño. Para ello se acordaron estrategias educacionales (campañas de educación y esclarecimiento a los productores agropecuarios) y promocionales (campos demostrativos, créditos especiales) con el objeto de pasar de un uso promedio de 453 kg/ha de calcáreo a 1.000-1.500 kg/ha, o sea pasar de una utilización de 21,2 millones a 51,98 millones de toneladas.

Actualmente están en vigencia el Programa de Uso de Correctivos de Suelo (PROSOLO), cuyo objetivo es elevar la productividad agrícola brasileña mediante la intensificación del uso de los correctivos del suelo y la disponibilidad de una línea de créditos para financiar la adquisición, flete y aplicación de correctivos agrícolas. El segundo es el Programa Nacional de Recuperación

Estado	*Producción*	*Consumo Aparente*
1- Paraná	6.556,7	3.797,8
2- Mato Grosso	5.250,7	5.433,4
3- Minas Gerais	3.832,8	2.921,5
4- Goiás	3.000,0	3.033,4
5- Sao Pablo	2.895,9	3.843,0
6- Rio Grande do Sul	2.443,8	2.823,2
7 – Mato Grosso do Sul	800,0	1.593,4
8- Tocantins	638,0	331,0
9- Maranhao	400,0	500,0
10- Espírito Santo	294,0	229,0
11- Santa Catarina	200,0	725,2
12- Pernambuco	148,0	132,0
13- Alagoas	100,0	100,0
14- Otros	790,0	1.000,0
TOTAL	*27.359,9*	*26.462,9*

Cuadro V-17. Producción y consumo aparente de calcáreo agrícola en el Brasil durante el 2003. (en miles de Tm). Fuente: Nahass y Severino, 2003.

de Pasturas Degradadas (PROPASTO) que tiene por finalidad solucionar el problema de las pasturas nativas e implantadas y la recuperación de áreas con pasturas degradadas a través de créditos especiales.

La producción y consumo aparente de calcáreo agrícola en Brasil para el 2003 figura en el Cuadro V-17.

La región del Cerrado de Brasil es una vasta sabana que cubre una superficie de 1.8 millones de km2, lo cual representa el 20% de la superficie de ese país. La región contribuye con el 52% de la producción de soja, el 44% del maíz, el 59% del café y el 9% de la producción de carne del país en el año 2001/02.

Según una clasificación realizada por Yamada (2004), el 50% de los suelos del Cerrado son Oxisoles y el resto está constituido por Entisoles, Inceptisoles y Ultisoles. Los Oxisoles son pobres en carbono, calcio, magnesio y potasio, pero poseen una saturación alta de aluminio. Presentan una relación con el pH demostrando que el aluminio de intercambio se incrementa significativamente por debajo de un 5,5. Varios autores (Souza et al 1989, Souza y Lobato, 2002 citados por Yamada) demostraron que el porcentaje de saturación de bases óptimo de estos suelos está entre el 35 - 50%, el cual es inferior a otros. Los principales cultivos de soja, maíz, trigo y poroto incrementan su rendimiento cuando la saturación de bases llega al 40%, se alcanza un plateau entre el 40 y 60% de saturación, declinando cuando se pasa esta cifra (Souza y Lobato, 2002, citados por Yamada).

Los métodos de encalado para esta región se basan en la neutralización del aluminio, el incremento de calcio y magnesio acordes a la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y al contenido de arcilla. Por ello se pueden realizar las siguientes recomendaciones:

Teniendo en cuenta el al intercambiable:

- Si el suelo tiene una CIC > 4,0 cmol.dm^3, contenido de arcilla > 15% y Ca + Mg < 2,0 cmol.dm^3: la recomendación de encalado (tm/ha) es: (2 x Al) + 2 -(Ca+Mg) .
- Si el suelo tiene una CIC > 4,0 cmol.dm^3, contenido de arcilla > 15% y Ca + Mg > 2,0 cmol.dm^3: la recomendación de encalado (tm/ha) es: (2 x Al) . f ; donde f. es el factor de corrección por la calidad de la enmienda.

Teniendo en cuenta el porcentaje de saturación de bases:
- En el método mencionado, se considera que el porcentaje de bases debe alcanzar sólo al 50% en los suelos del Cerrado para ambos sistemas de siembra tradicional y directa.

Colombia

Sebastián P. Gambaudo[1] y María Beatriz Ponce [2] (Ex aequo)

Las rocas carbonáticas en Colombia

Se conocen numerosos yacimientos de calizas distribuidos en casi todo el territorio, con importantes reservas de más de 1.000 millones de toneladas probadas, en tanto las indicadas alcanzan a 4.000 Mt abasteciendo la demanda de la industria cementera, la fabricación de cal, industria del vidrio, cerámica y siderúrgica entre otras. Con relación a la dolomita, la misma se importa

1INTA EEA Rafaela - sgambaudo@rafaela.inta.gov.ar
2 Instituto de Tecnología Minera - SEGEMAR - bea@inti.gov.ar

probablemente debido a la escasa pureza del producto nacional.

Los depósitos calcáreos se presentan en varias de las unidades geológicas con edades que van desde el Precámbrico hasta el Neógeno, siendo de origen sedimentario y metamórfico, ubicados en la Cordillera Oriental, Central y Occidental, en la Sierra Nevada de Santa Marta y en la Península de la Guajira.

El marco geológico de Colombia comprende distintos tipos de rocas y ambientes. Las regiones fisiográficas que se identifican son las siguientes:

1.- Orinoquía
2.- Amazonia

Ambas registran rocas metamórficas de edad Paleoproterozoica con gneises migmatíticos y granulíticos, granitoides, cuarcita y anfibolitas. La secuencia de recubrimiento está formada por: metamorfitas de bajo grado (metaconglomerados, pizarras y filitas), luego unidades marinas formadas por areniscas cuarzosas, shales, chert y calizas.

3.- Cordillera Oriental: Formada por tres macizos ígneo-metamórficos y un cinturón sedimentario. Este último presenta unidades marinas de edad Paleozoica Inferior con limolitas, lutitas e intercalaciones de calizas; unidades marinas del Paleozoico Superior con conglomerados, areniscas, lodolitas calcáreas, calizas y limolitas. Las rocas de edad Cretácica también contienen unidades marinas que albergan calizas.

4.- Valle Superior del Magdalena
5.- Valle Medio del Magdalena
6.- Valle Inferior del Magdalena

Esta unidad separa las cordilleras Central y Oriental y por sus características es dividido en tres regiones conocidas como valles Inferior, Medio y Superior. En el primero se encuentran depósitos marinos (Cretácicos) entre los que se hallan bancos calizos, los que también se repiten en el sector del Valle del Medio junto a limolitas, lutitas, areniscas, brechas, conglomerados y piroclastitas, todo muy fracturado.

7.- Cordillera Central: Formada por cuatro grandes cinturones rocosos de los cuales se mencionan la presencia de mármoles en el primero y segundo a partir del sector oeste; en tanto las calizas se ubican en los dos restantes de edad cretácica.

8.- Valle Cauca-Patía: Constituido por sedimentos que indican depósitos de tipo marino a continental y edades desde el Cretácico hasta el Neógeno. Las calizas se relacionan con las unidades marinas.

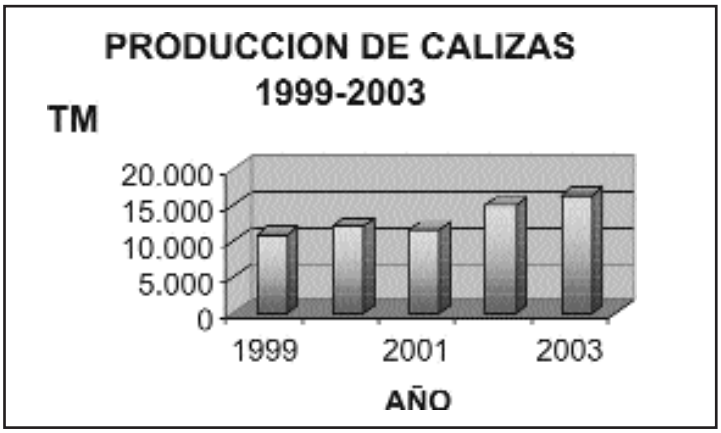
9.- Cordillera Occidental: Corresponde a rocas sedimentarias de origen marino a transicional y rocas volcánicas básicas de afinidad oceánica. Estas últimas se encuentran relacionadas con lentes de chert, limolitas y calizas.

10.- Valle Atrató-Baudó

YACIMIENTOS POR AREAS	RESERVAS MEDIDAS (Mt)
Boyacá	1.500
Magdalena del Medio	350
Costa Atlántica	50
Valle, Cundinamarca y Tolima	50

Cuadro V-18. Reservas en Colombia
Fuente: Ministerio de minas y Energía; UPME

11.- Llanura Costera Pacífica
12.- Serranía del Baudó



La llamada región Pacífico comprende las unidades identificadas 10, 11 y 12. Las dos primeras están compuestas por sedimentos marinos y transicionales del Paleógeno al Neógeno y Cuaternario. En ellas se encuentran depósitos de calizas.

13.- Sierra Nevada de Santa Marta: Es un conjunto montañoso de tres cinturones con rocas granulíticas precámbricas asociadas al magmatismo Jurásico-Triásico y Cretácico; otro de rocas metamórficas (Paleozoicas) entre las que se hallan mármoles diopsídicos y un tercero compuesto de metamorfitas.

14.- Guajira: Formada por una región de llanuras aluviales (Baja Guajira) y otra de serranías formadas por rocas metamórficas alas que se asocian mármoles (Alta Guajira) de edad pretriásica y cretácica. La aparición de sedimentos del Triásico al Neógeno muestran la presencia de calizas en unidades volcano-sedimentarias. Otros afloramientos calcáreos se encuentran en unidades continentales y transicionales.

Actividad	1970	1980	1987	1999
Agricultura	3.5	4.1	5.3	4.4
Pastos	20.8	25.2	40.1	41.2
Bosques y otros	89.9	84.9	68.8	68.6
TOTAL	**114.2**	**114.2**	**114.2**	**114.2**

En la Figura V-10 se muestra el mapa geológico del país.

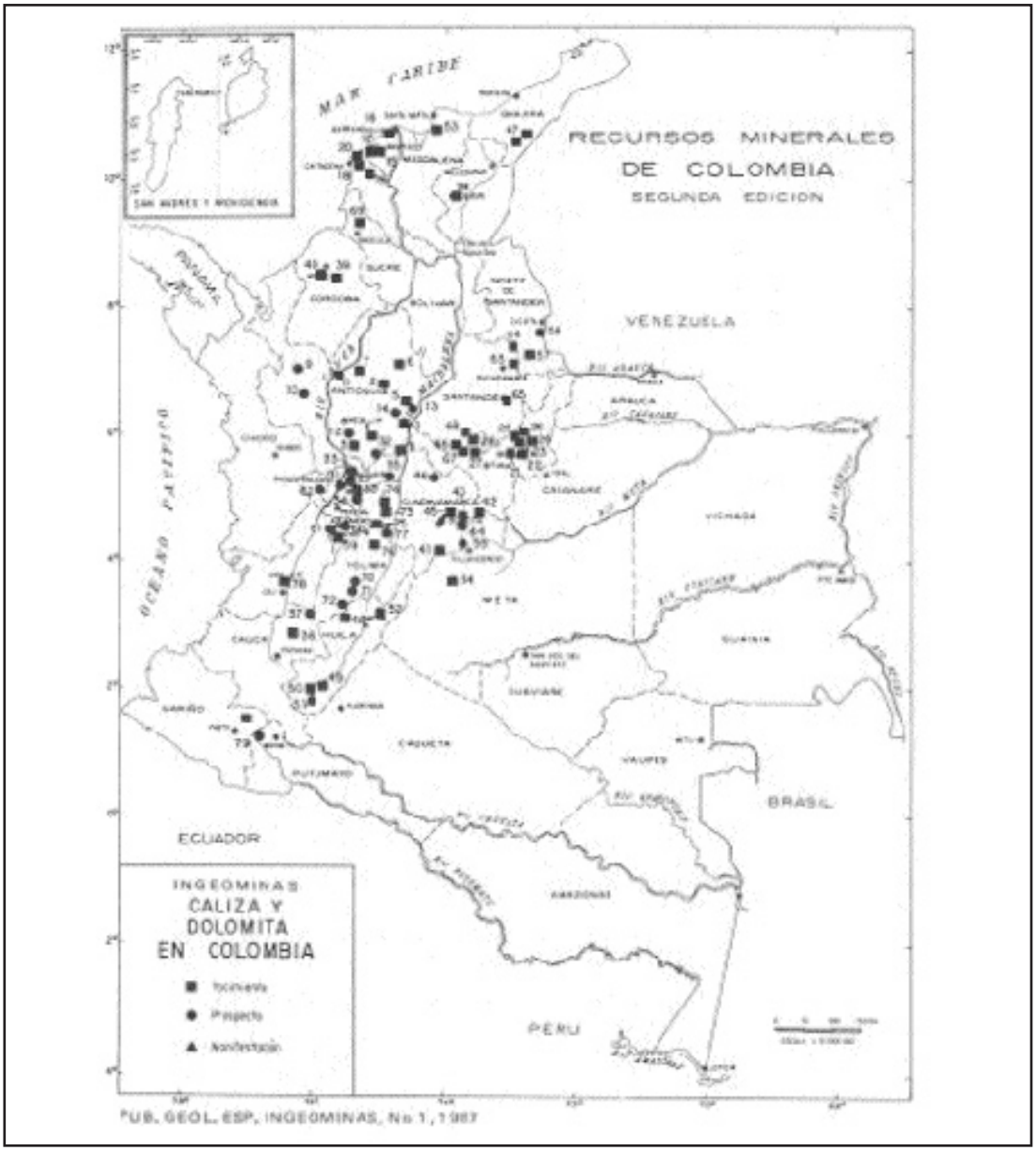


Figura V-11. Caliza y Dolomita en Colombia

Con relación a las reservas medidas se mencionan los Departamentos de Boyacá seguido por el Magdalena del Medio, Costa Atlántica, Valle, Cundinamarca y Tolima (Cuadro V-18)

El destino esencial de las calizas es la industria del cemento.

Los años comprendidos entre 1999 y 2003 la producción de calizas experimentó un sensible incremento (Figura V-10 Producción de calizas).

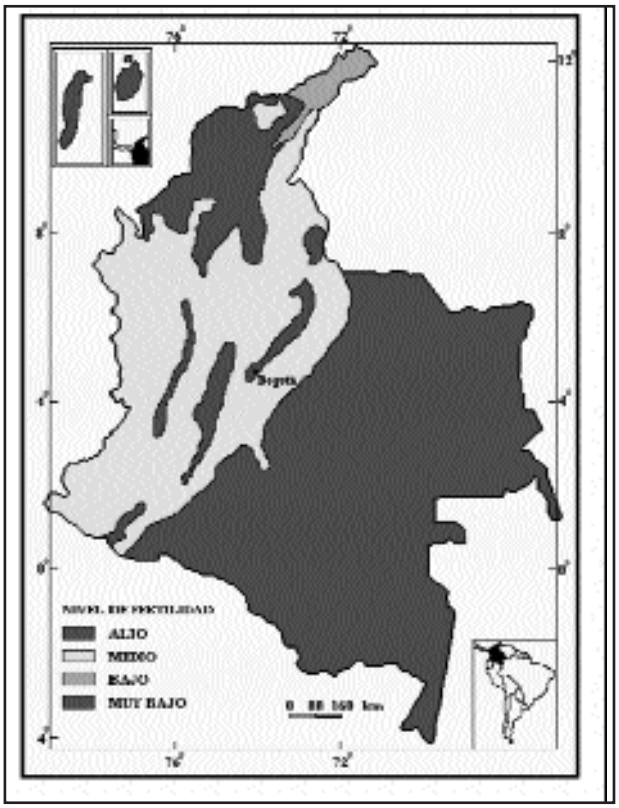


Figura V-12. Mapa de fertilidad de los suelos de Colombia (Jaramillo, 2004)

Carbonatos. Su uso en la agricultura de Colombia

Sicard y Rodríguez Sánchez (2001) advierten sobre la disminución de los bosques y el incremento de las tierras destinadas a la agricultura y ganadería, analizando treinta años de uso de la tierra en Colombia (Cuadro V-19).

Cuadro V-19: Evolución en el uso de la tierra en Colombia durante el período 1970-1999.

Al ser Colombia un país húmedo, los excesos de precipitaciones lixivian las bases del suelo, que incluyen a los cationes como el calcio, el magnesio, el potasio y el sodio, generando suelos ácidos (Castro, 2005).

La mayor parte de los suelos presentan baja fertilidad (Figura V-12), la cual se manifiesta en condiciones de alta acidez, con altos contenidos de aluminio intercambiable, bajo contenidos de elementos nutricionales para las plantas como el fósforo, calcio, magnesio, y potasio; baja capacidad de suministrar nitrógeno y azufre debido a la presencia de bajos contenidos y/o a la mala calidad de la materia orgánica que se ha acumulado en ellos, presencia de altos contenidos de materiales coloidales inorgánicos de baja actividad en la fracción arcilla. Aproximadamente el 85% de los suelos del territorio nacional presentan valores de pH menores a 5,5 y el 57,6% tiene pH menor a 5. (Jaramillo, 2004).

Para el cultivo de café, Jaramillo (2004) estableció que el pH debe conservarse entre 5 - 5,5, el calcio no debe ser superior a 4,2 meq/100 g de suelo y si es menor de 2,6 meq/100g se debe encalar el suelo. Para el magnesio se estableció un valor de 0,7 ± 0,2 meq/100 g como límite inferior aceptable. En cuanto a la suma de bases, se menciona que el 74% de los suelos cafeteros se encuentra con un valor inferior a los 5 meq/100g.

El consumo nacional actual de enmiendas calcáreas es bajo según la Unidad de Planeación Minera Energética, siendo de 2.000 Tm de carbonato de calcio, 8700 Tm de óxido de magnesio y 6.000 Tm de sulfato doble de calcio y magnesio, cantidades muy inferiores a las necesarias para solucionar los problemas de acidez de los suelos.

Costa Rica

[1] *INTA EEA Rafaela - sgambaudo@rafaela.inta.gov.ar*
[2] *Instituto de Tecnología Minera - SEGEMAR - bea@inti.gov.ar*

Sebastián P. Gambaudo[1] y María Beatriz Ponce [2] (Ex aequo)

Las rocas carbonáticas en Costa Rica

Los depósitos de carbonato de calcio se hallan vinculados a la industria del cemento, vidrio y fabricación de cal para uso como enmienda agrícola y carga en la industria química. La caliza es una de las rocas industriales más abundantes que posee el país, mencionándose entre los principales depósitos:

• Formación Barra Honda. Ubicada en el NO del territorio en una serie de colinas aisladas alrededor del Valle del río Tempisque y el cierre del golfo de Nicoya. Es el yacimiento de mayores reservas habiéndose identificado las yacencias en Colinas de Peña Blanca, Cuevas y Naranjo. El valor promedio de la pureza en este sector es de 98,9%.

• Formación San Miguel. Localizada en el centro del país, cerca de las poblaciones de San Miguel de Patarrá, Quebradilla, Coris y Agua Caliente. Contiene entre 70 y 85 % de carbonato de calcio con un 6 a 17% de sílice.

• Formación Las Animas. Comprenden una secuencia que alcanza los 105 m de espesor, siendo su origen bioclástico o bioesparítico, con buena estratificación cercanas a Turrialba. La pureza del yacimiento varía entre 92 y 98 %.

• Formación Brito. Ubicado al sur del país se conoce como Fila de Cal. Las reservas han sido estimadas en 18.000 millones de toneladas con una pureza variable entre 92,6 y 98,4 %.

Independientemente de las empresas grandes existen explotaciones de calizas que se manejan de forma artesanal, con baja producción en las cuales la roca se tritura y se destina a diversos usos entre el que se cuenta el de fertilizantes con un tamaño de partícula menor a 0,1 mm. Existe una explotación de empresas pequeñas que no son controladas por ningún ente gubernamental, lo cual hace difícil la clasificación del material en primera, segunda o tercera ya que tal nomenclatura varía según la cantera de donde se obtiene el mineral (Conejo Solís y Fernández Arce 2000).

Carbonatos. Su uso en la agricultura de Costa Rica

En Costa Rica la acidez y la insuficiencia de bases de los suelos son las principales limitantes para los cultivos en muchas de las regiones agrícolas (Carballo y Molina, 1993). Los mapas de suelos señalan que el 33% de éstos se clasifican como Ultisoles o Alfisoles y según Bertsch (citado por Carballo y Molina, 1993) el 35% de los suelos del país presentan problemas de fertilidad debidos a bajos contenidos de Ca y Mg, así como un 20% sufren problemas directos de acidez por Al.

La calidad de los productos que se utilizan se basa en el PRNT (metodología ya descripta) y los materiales que se comercializan no presentan mucha variabilidad. El 83% de los productos mostró contenidos de Ca superiores al 32%, lo que origina un equivalente químico de 80% considerado el mínimo de calidad permisible. Los contenidos de Mg fueron muy bajos, menos del 3%, lo cual indica que los carbonatos de Costa Rica son calcíticos y la dolomita que se utiliza es importada.

En un trabajo realizado en la Región Huetar Norte, Rodríguez y Paniagua (2005), encontraron más de la mitad de los suelos correspondientes al orden Ultisoles, por lo que es necesario encalar para precipitar el Al y el Fe, suplir el Ca y el Mg. Por ello, recomiendan una dosis de 1,5 Tm/ha/año de $CaCO_3$ durante tres años y el agregado de otros nutrientes también faltantes.

Mainor Rojas (2003), reconoce en la región de Pérez Zeledón que la acidez edáfica es el principal problema de sus suelos, con un pH que oscila entre 4 - 5 y con un porcentaje de saturación inferior al 40%. El autor recomienda utilizar productos con un PRNT superior al 75% para el cultivo de café.

Por su parte, la Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola (1991) establece que un suelo con concentración de Al intercambiable mayor a 0,3 meq/100 g de suelo, debe ser corregido mediante la incorporación de un material neutralizante, entre cuatro y seis semanas antes de la siembra, para favorecer la reacción en el suelo, estableciendo en términos generales una dosis de $CaCO_3$ entre 0,5 y 2 tm/ha.

Cuba

Sebastián P. Gambaudo[1] y María Beatriz Ponce [2] (Ex aequo)

[1] *INTA EEA Rafaela - sgambaudo@rafaela.inta.gov.ar*
[2] *Instituto de Tecnología Minera - SEGEMAR - bea@inti.gov.ar*

Proceso degradativo	*Area afectada (MM ha)*	*Area agrícola (%)*
Salinidad y Sodicidad	1,00	14,1
Erosión	2,90	43,3
Mal drenaje	2,70	40,3
Mal drenaje interno	1,80	26,9
Baja fertilidad	3,00	44,8
Compactación elevada	1,60	23,9
Acidez (pH KCl<6) (pH KCl< 4,6)	1,66 0,47	24,8 7,0
Bajo contenido de Materia Orgánica	2,13	31,8
Baja retención de humedad	2,50	37,3
Pedregosidad y rocosidad	0,80	11,9

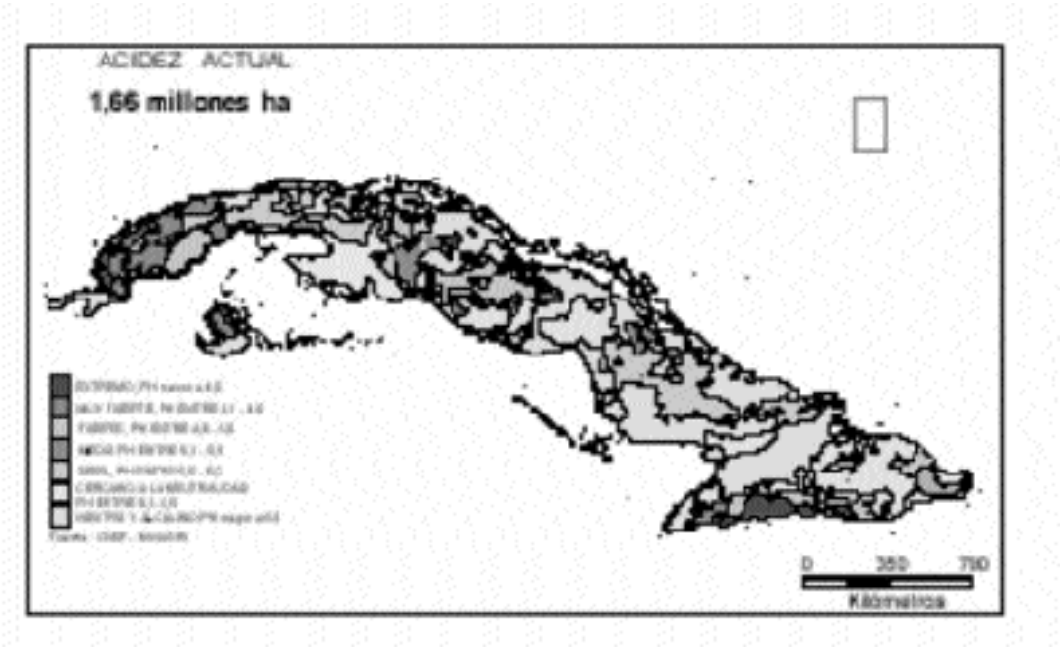
Cuadro V-20. Áreas afectadas por procesos degradativos en cuba.

Provincia	*S2 Débilmente salino*	*S3 Medianamente salino*	*S4 Fuertemente Salino*	*S5 Muy fuertemente salino*	*Total área agrícola afectada*	*(%)*
Isla de la Juventud	5,9	1,6	2,1	0,7	10,3	11,3
Pinar del Río	34,4	6,2	2,9	10,5	54,0	9,3
La Habana	9,8	3,0	2,6	0,6	16,0	3,2
Matanzas	4,2	12,0	1,2	--	17,4	2,7
Cienfuegos	1,5	0,2	0,4	--	2,1	0,8
Villa Clara	51,0	7,9	5,4	16,9	81,2	13,4
Sancti Spiritus	53,5	26,0	17,8	2,7	100,0	20,8
Ciego de Avila	31,2	14,1	19,8	12,0	77,1	15,4
Camagüey	61,9	32,5	41,0	10,7	146,1	11,5
Las Tunas	28,4	5,9	4,5	2,3	41,1	7,4
Granma	79,0	59,4	64,1	24,8	277,3	37,3
Holguín	87,6	36,7	35,7	20,5	180,5	30,3
Santiago de Cuba	16,3	3,6	1,3	0,2	21,4	8,7
Guantánamo	10,9	4,8	10,5	1,4	27,6	19,4
Total	475,3	213,9	209,3	103,3	1.002,1	14,1

Cuadro V-21. Áreas afectadas por la salinidad en Cuba (miles de ha).

Las rocas carbonáticas en Cuba

Este país posee depósitos de rocas carbonatadas de todas las edades, siendo de composición calcítica con contenidos variables de dolomita. Se presentan con tipos litológicos representados por calizas organógenas, biodetríticas, pelimórficas, margosas, tobáceas y brechas (Martinez Salcedo et al 2000). La forma de los depósitos es de tipo masivo desarrollados en capas aunque en otros sectores la estratificación se muestra afectada por intemperismo, agrietamiento, tectonismo y dolomitización. Los colores son variados entre blanco, crema, grises y negras.



Entre los yacimientos de mayor relevancia se mencionan La Palma, Laguna de Piedra, Cayo San Felipe y Portales II que corresponden a calizas negras de uso ornamental. Las de coloración crema y blancas se sitúan en parte central del país, su génesis es organógena y se hallan relacionadas con calizas dolomíticas.

Las calizas coloreadas son de edad Eoceno Medio se presentan en forma compacta y estratificada.

En general los yacimientos poseen una pureza variable entre el 90 y 99 %.

Los afloramientos de dolomitas pertenecen al Cretácico y al Neógeno y se han formado por procesos de dolomitización. Su presentación en bajo la forma de cuerpos masivos con potencia importante generalmente con procesos de karstificación y agrietamiento.

Carbonatos. Su uso en la agricultura de Cuba

La degradación de los suelos, como resultado histórico del mal uso del suelo y manejo de las tierras por el hombre es la causa fundamental de la desertificación en Cuba. Se ha determinado que los procesos de degradación más importantes son la salinidad, la erosión y la degradación de la cubierta vegetal (CITMA, 2003). La cantidad de suelos ácidos alcanza casi a un 25%, como

puede observarse en el Cuadro V-20.

El uso del recurso agua, aplicada a suelos sobrehumedecidos o en zonas de drenaje impedido y la utilización de éstas enriquecidas con sales, ha desencadenado un proceso activo de salinización en diferentes regiones del país, razón por la cual se fueron abandonando las tierras productivas para cultivos varios y se dedicaron a la explotación ganadera, utilizándose en ocasiones excesos de carga animal, lo que aceleró el proceso de desertificación en el país. Las áreas afectadas por salinidad de Cuba se presentan en el Cuadro V-21.

En las provincias orientales y en el macizo norte de la parte central del país, la salinización se ha extendido por efecto del agua mineralizada del subsuelo, dada la elevación del manto freático, hecho que está vinculado al aumento de las áreas bajo riego, la construcción de presas y canales de distribución de agua, así como daños a las redes de drenaje natural y artificial. En las áreas arroceras, norte de la provincia de Granma, sur de Sancti Spiritus, Habana y Pinar del Río, se observan los efectos de salinidad sobre los rendimientos de los cultivos.

En cuanto a la acidez edáfica, la misma ha tenido incremento por el mal uso y manejo del agua de riego, el uso de fertilizantes minerales de efecto residual ácido y la utilización excesiva del suelo con cultivos fuertemente esquilmantes, alcanzando a 1,66 millones de hectáreas (Figura V-13).

Figura V-13: Mapa de acidez de los suelos de Cuba.

Las áreas afectadas, así como la intensidad de la degradación, pueden llegar a incrementarse con la consiguiente disminución de la producción alimentaria, estimándose que, de no detenerse el desarrollo de los procesos degradativos antes mencionados, la tendencia al incremento en los próximos 15 años puede aumentarse. En el caso de la acidez del suelo éste sería del orden del 2,9% y para la salinidad - sodicidad del 7,5%. Ambos valores fueron estimados teniendo en cuenta la dinámica de los procesos de los últimos 50 años, el grado de deterioro a que pudieran conducir los cambios actuales del clima y la aplicación de sistemas de producción intensivos.

El 77% de los suelos de Cuba está categorizado como poco a muy poco productivo y se encuentran afectados por condiciones que impiden reflejar más del 70% del potencial productivo de las especies cultivadas, por lo que resulta prioritaria toda actividad que tienda a mejorar esta realidad. Cada área de 0,6 ha de suelo que corresponde a cada habitante está afectada en distintos grados por los factores degradativos mencionados.

La política agrícola llevada a cabo por el gobierno ha sido enfocada hacia cambios en la tenencia y uso de la tierra, descentralización del uso y disminución de las tierras ociosas, creación de fincas forestales, determinación de cuencas hidrográficas de interés nacional, e incentivación de la investigación científica y la innovación tecnológica como soporte del Programa Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía.

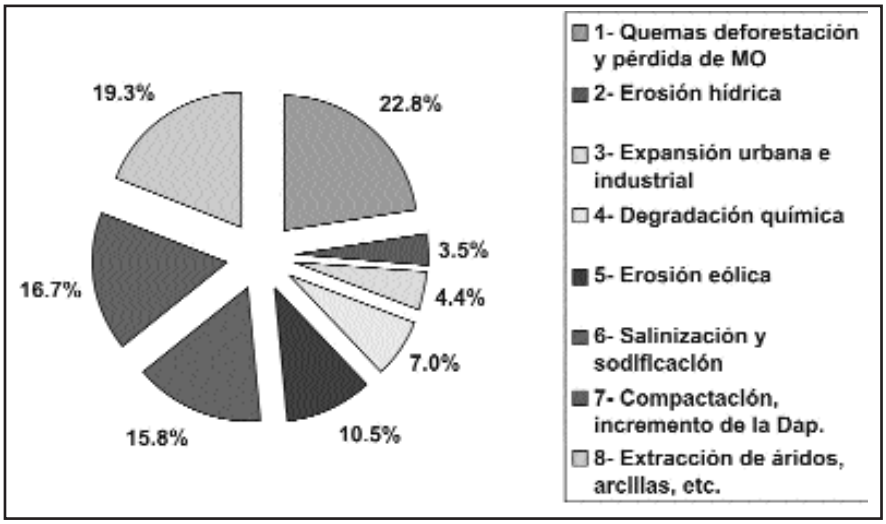
Chile

[1]*INTA EEA Rafaela - sgambaudo@rafaela.inta.gov.ar*
[2]*Instituto de Tecnología Minera - SEGEMAR - bea@inti.gov.ar*

Tipo de uso	*Aptitud de uso*	*Capacidad de uso*	*Superficie (ha)*	*Porcentaje (%)*
	Sin limitaciones	I	90.846	0,1
Suelos agrícolas		II	711.625	0,9
Arables				
	Con limitaciones	III	2.195.439	2,9
		IV	2.273.670	3,0
Suelos agrícolas	Ganadera	V	2.271.144	3,0
No arables				
	Ganadera-Forestal	VI	6.510.693	8,6
	Bosques	VII	12.339.882	16,3
Suelos no agrícolas	Conservación	VIII	14.200.000	18,8
Suelos improductivos			35.114.147	46,4
Total			**75.707.366**	**100,0**

Sebastián P. Gambaudo[1] y María Beatriz Ponce [2] (Ex aequo)

Las rocas carbonáticas en Chile



Los depósitos de calizas se ubican en las Regiones I, VIII, IX y XII siendo de tipo sedimentarios de edad Paleozoico-Terciario. Se encuentran en forma de mantos siendo su destino principal la industria del cemento, la cal y metalurgia. Las dolomitas por su

parte, se sitúan en la Región III, también de génesis sedimentaria de edad Cretácico inferior. Esencialmente, el destino es como enmienda agrícola. La caliza junto al azufre es el recurso no metálico con mayor cantidad de yacimientos conocidos en el país. Los principales afloramientos pertenecientes al Paleozoico Superior corresponden a las calizas Tarlton de la XII Región y a las de Tunga en la V Región.

Las secuencias Jurásicas de origen marino sedimentarias se encuentran en dos fajas: una la oriental con los afloramientos de mayor interés ubicados en la II Región, en la Cordillera Andina (III Región), en el sector sur de la cordillera de la IV Región y sureste de la Región Metropolitana.

Tipo de suelo	*Poder tampon (1) (0 – 7,5 cm)*	*Calcio (2) (kg/ha)*
Trumao v. Central	0, 0 8 – 0,09	1.100 – 1.200
Trumaos precordillera	0,14 – 0,15	650 – 700
Trumaos s. costero	0,17 – 0,19	530 – 600
Rojo arcillosos v. Central	0,10 – 0,12	830 – 1.000
Trransición v. central	0,11 – 0,12	830 – 900

La franja occidental posee las calizas de la Cordillera de la Costa (I Región) y en la zona central del país (V Región).

Las calizas cretácicas se ubican en la Cordillera de la Costa (II Región), en la III Región y en la cordillera nombrada en primer término perteneciente a las Regiones IV a VI. También en la Región Metropolitana y sector cordillerano de las Regiones VI y VII.

Los depósitos de edad Terciaria están compuestos por calizas y calizas travertínicas de ambiente lacustre ubicados en la II Región y por las calizas coquinoides de la IX Región. La producción de rocas carbonáticas está dirigida al mercado nacional.

Carbonatos. Su uso en la agricultura de Chile

En un estudio realizado sobre el estado del medio ambiente de Chile (www.centrogeo-Quitar), se determinó que de la superficie total del sector continental del país, sólo 5.271.580 ha son arables. De ellas, la mayor parte presentan importantes limitaciones por profundidad, pedregosidad o topografía y sólo el 15% no presentan limitaciones (Santibañez y Uribe, 1999). La superficie ocupada por cada grupo de capacidad de uso y sus porcentajes, se presentan en el Cuadro V-22.

Cuadro V-22. Aptitud y capacidad de uso de los suelos de Chile.

Fuente: Santibañez et al, 1996.

La degradación acelerada de los suelos en Chile comenzó en el siglo XIX por la producción de ce-

Especie	Tipo de suelo				Especie	Tipo de suelo			
	Trumao		Rojo			Trumao		Rojo	
	CR	OP	CR	OP		CR	OP	CR	OP
Papa	4,9	5,3	5,0	5,4	Lenteja-garbanzo	5,4	5,8	5,4	5,8
Avena (1)	5,2	5,6	5,3	5,7	Arveja-Poroto	5,4	5,8	5,4	5,8
Ballica	5,4	5,8	5,5	5,9	Trébol rosado	5,4	5,8	5,4	5,8
Lupino	5,4	5,8	5,5	5,9	Remolacha-Cebada	5,4	5,8	5,4	5,8
Maíz (1)	5,5	5,9	5,6	6,0	Alfalfa	5,4	5,8	5,4	5,8

reales en suelos con pendientes, pero como es un proceso gradual y repartido en todo el país, no se ha percibido su gravedad. Uno de los impactos más directos de la agricultura es la degradación y salinización de los suelos. Los orígenes y las causas de la degradación de los suelos han sido agrupados en ocho categorías, los que se presentan en la Figura V- 14(CONAMA, 1994).

Año	Superficie	Toneladas Apli cadas
1998	12.387	23.665
1999	14.190	21.657
2000	21.651	32.578
2001	24.737	45.133
2002	35.029	56.599
2003	17.771	30.580
2004	27.848	47.832

Figura V-14: Causas y orígenes de la degradación de los suelos en Chile.

El 15,8% de los suelos presenta problemas de salinización como consecuencia de la mayor intensidad de uso del agua de riego, la utilización de tecnologías inapropiadas y la alta evaporación en

las zonas áridas que contribuye a la acumulación de sales. La degradación química, que incluye la acidificación de los suelos, alcanza al 7% de los suelos.

El problema de la acidez en Chile ha sido bien estudiado y existen recomendaciones de solución para todas las regiones, un ejemplo de ello es el trabajo realizado por Campillo y Sadzawka en la IX Región donde establecen para cada tipo de suelo el poder tampón y la necesidad de enmienda para corregir el problema (Cuadro V-23).

Cuadro V-23: Efecto del encalado en algunos suelos de la IX Región.
(1): variación del pH en agua por ton/ha de cal aplicada.
(2): cantidad de CO3Ca para elevar el pH en 0,1 unidades.

Suárez (1997) estableció un pH crítico bajo el cual los rendimientos se deprimen y estableció que el pH óptimo corresponde a 0,4 unidades sobre el crítico. Algunos valores para diferentes cultivos sobre dos tipos de suelos de Chile, los rojo-arcillosos y los trumaos, se muestran en el Cuadro V-24.

El citado autor calcula la dosis de carbonato necesaria para elevar el pH inadecuado hasta alcanzar el adecuado, mediante la siguiente fórmula:

Dosis (Tm de carbonato/ha) = (pH a alcanzar - pH actual) / poder tampón del suelo

El poder tampón de los suelos trumaos es de 0,12 pH/Tm de carbonato y para los rojo-arcillosos de 0,15 pH/Tm. Estas dosis corresponden a carbonato puro, los cuales deben ajustarse de acuerdo al contenido de la enmienda a utilizar.

El Servicio Agrícola Ganadero del gobierno de Chile creó el Sistema de Incentivos para la Recuperación de Suelos Degradados, conocido como Programa de Recuperación de Suelos Degradados. El mismo promueve la incorporación de productos equivalentes al carbonato de calcio para elevar el valor de pH hasta 5,8 y disminuir la toxicidad por aluminio a niveles inferiores al 5%, otorgando subsidios que cubren hasta el 80% del costo neto de la operación.

Cuadro V-24. Valores de pH críticos (CR) y óptimos (OP) para algunos cultivos en suelos Trumaos y Rojo-Arcillosos.
(1)grano y forraje

La utilización de este Sistema de Incentivos incrementó la aplicación de enmiendas (Cuadro V-25).

Cuadro V-25. Superficie tratada y toneladas de enmienda aplicadas por el Sistema de Incentivos para la Recuperación de Suelos Degradados.
Fuente: Rojas Walker, C. Proyecto BMPA (comunicación personal)

Las proyecciones de uso del suelo agrícola chileno establecen que la agricultura deberá crecer proporcionalmente al aumento de la demanda interna por alimentos y materias primas, y de la participación del sector agrario en las exportaciones. Este crecimiento generará una presión creciente sobre los recursos naturales, especialmente los suelos, patrimonio escaso, que se en-

[1]INTA EEA Rafaela - sgambaudo@rafaela.inta.gov.ar
[2] Instituto de Tecnología Minera - SEGEMAR - bea@inti.gov.ar

cuentra a plena capacidad de uso.

Los estudios indican una reducción de la superficie de tierra arable por persona de 0,38 ha en 1995 a 0,26 ha por habitante para el año 2035, debido principalmente al efecto combinado del crecimiento de la población, los procesos degradativos y las pérdidas de suelo por expansión urbana. La disminución de la superficie arable alcanzaría a las 60.000 ha, que si bien no es una

cifra muy significativa, representa alrededor del 60% de la superficie de suelos de clase I de capacidad de uso.

Ecuador

Sebastián P. Gambaudo[1] y María Beatriz Ponce [2] (Ex aequo)

Las rocas carbonáticas en Ecuador

La geología del Ecuador está denominada por las cadenas montañosas de Los Andes que limitan sus principales regiones geomorfológicas, las cuales de este a oeste comprenden: la Región Amazónica, la Cordillera Real, la Región Interandina, la Cordillera Occidental y la Costa. Los depósitos de rocas calizas se cuentan entre los recursos más importantes, siendo la industria del cemento uno de los mayores consumidores. Existe relacionada a las calizas, la actividad desarrollada por pequeños productores a nivel de subsistencia a cielo abierto y en socavones; el producido es destinado a la producción de cal para elaboración de morteros. Casi el 77% del producido de caliza es proveniente de la Provincia del Guayas en el litoral. Para el año 2000 el Instituto de Estadísticas y Censo de Ecuador reportó una producción de calizas algo superior a las 3.000.000 T

Carbonatos. Su uso en la agricultura de Ecuador

Además de los métodos mencionados para calcular la cantidad de enmienda a agregar, en Ecuador (Espinosa y Molina, 1999) se utiliza el método desarrollado por Cochrane y otros (1980) que tiene en cuenta el Al intercambiable, el porcentaje recomendado de saturación de este elemento (PRS) y la capacidad de intercambio efectiva (CICE), según la fórmula:

$$Ca\,CO_3\ (Tm/ha) = \frac{1{,}8\ (Al - PRS)\ (CICE)}{100}$$

y una variante del mismo, propuesto por Van Raij (1991), expresado en términos de saturación de bases en lugar de acidez, con la ventaja que incluye el factor (f) calidad del material encalante:

$$Ca\,CO_3\ (Tm/ha) = \frac{(Vl - V2)\ (CICE)}{100} \times f$$

donde: V1: porcentaje de bases deseado, V2: procentaje de bases que presenta el suelo, f: 100/PRNT.

[1] *Edafología, Colegio de Postgraduados Montecillo - ronues@colpos.mx*
[2] *Instituto de Tecnología Minera - SEGEMAR - bea@inti.gov.ar*

Además existe otro método combinado de práctica utilización:

$$Ca\ CO_3\ (Tm/ha) = \frac{1{,}5\ (Al - PRS)\ (CICE)}{100} \times f$$

México

Roberto Núñez Escobar [1] y María Beatriz Ponce [2]

Las rocas carbonáticas en México

México posee gran diversidad geológica lo que lo hace un importante productor de minerales.

Se puede asumir que geológicamente el territorio mexicano se corresponde con un país joven ya que la mayor parte está cubierto por rocas Mesozoicas esencialmente sedimentarias donde las calizas son una de las más representativas. Asi conforman grandes extensiones de superficies en las que afloran, ofreciendo una gran disponibilidad en este tipo de rocas. En 1998 se reportaron 27 estados productores, de los cuales, la región norte (Coahuila, San Luis Potosí y Nuevo León) participa con el 23.7% del volumen de producción; en el sureste (Quintana Roo, Tabasco y Oaxaca) se concentra el 20.1%; en la porción occidental (Jalisco y Colima) el 19.0%; la parte central (Hidalgo y México) aporta el 16.2% y la noroeste (Sonora, Chihuahua y Baja California) contribuyen con el 10.8%.

El cemento es la industria con una fuerte actividad, cuya materia prima es abastecida por las calizas provenientes de los grandes cuerpos de plataforma del Jurásico y Cretácico correspondientes a los estados de Hidalgo, Morelos, México, Puebla, Jalisco, Colima, Guerrero y Chihuahua.

Básicamente los usos a los que se destinan las calizas son las industrias de la construcción, fundición, química, agroquímica, vítrea. Es interesante mencionar la utilización de rocas en ciudades coloniales a las cuales se las identifica por el color, tal es el caso de la Ciudad Blanca, Mérida capital del estado de Yucatán que debe su nombre por sus edificios construidos con calizas.

La dolomita es explotada esencialmente en Coahuila en:

- Castaños
- Sierra Mojada Guerreo
- Iguala

El proceso al que se somete la caliza que se obtiene desde canteras explotadas a cielo abierto a partir del uso de barrenos y voladuras controladas, incluye el transporte por bandas para su posterior trituración y molienda.

Las reservas probadas son muy importantes y han sido calculadas para 90 años.

Dentro del marco legal normativo de la ley minera (arts. 4° y 5°) no se menciona en forma específica a la caliza, ya que se encuentran exceptuados de la aplicación de la misma las rocas o los productos de su descomposición que solo puedan ser usados para la fabricación de materiales de construcción o se destinen a tal fin.

También en el marco de los acuerdos de libre comercio se otorga la desgravación arancelaria para el caso de la caliza.

Otra de las aplicaciones de la caliza es por su efecto neutralizador en tierras ácidas.

Con relación a la forma de comercialización una vez hecha la explotación del mineral, el primer paso, cuando no se es beneficiador, es la venta del producto a las empresas transformadoras; básicamente las caleras. Este paso solamente se da en los casos en que el productor no tenga los medios de beneficio mineral.

Una buena parte de los beneficiadores posee su propia cantera; sin embargo, en los casos en que se le compra a un tercero, ya sea por falta de producción de mineral o por falta de cantera, la venta es directa productor-beneficiador y no hay intermediarios en el proceso. La operación es directa entre el gerente o líder de productor y el comprador.

Se calcina el producto y se realiza la venta a un distribuidor o comercializador que pondrá el producto al alcance del consumidor final. Raras veces, el producto pasa de un distribuidor o comercializador mayorista a uno minorista.

Unidad y Subunidad	Superficie (10^3 ha)
Gleysol mólico	1 717.3
Gleysol húmico	413.9
Cambisol dístrico	846.9
Cambisol húmico	9.5
Andosol húmico	746.6
Andosol ócrico	292.1
Andosol vítrico	7 334.3
Planosol dístrico	139.0
Acrisol órtico	641.1
Acrisol férrico	139.5
Acrisol plíntico	56.4
Acrisol gléyco	42.5
Nitosol dístrico	626.8
Histosol dístrico	122.4
Total	13 128.3

Cuadro V-26: Superficie ocupada por suelos ácidos en la República Mexicana, según la clasificación FAO-UNESCO (Dirección General de Agrología, 1973).

Según el Sistema de Información Comercial de México, los principales países compradores de carbonato de calcio mexicano son: Estados Unidos (73.0%), Cuba (15.6%), Venezuela (5.3%) y Colombia (2.7%).

Carbonatos. Su uso en la agricultura de México

Dado que la posibilidad del uso económico de la roca fosfórica como fertilizante se circunscribe a los suelos ácidos, es de interés conocer la superficie ocupada por suelos ácidos en la República Mexicana. En el Cuadro V-26 se reporta la superficie ocupada por los diferentes suelos ácidos de México, de acuerdo a la clasificación de la FAO (Dir. Gral. de Agrología, 1973).

De acuerdo a este estudio puede observarse que la superficie total ocupada por suelos ácidos en la República Mexicana es de 13.128 millones de hectáreas, lo que representa el 6,7% del territorio nacional. Estos suelos se ubican principalmente en la zona intertropical, con abundante precipitación pluvial. Un total de 8.373 millones de hectáreas de suelos ácidos corresponden a Andosoles, principalmente vítricos y se ubican en el Eje Neovolcánico, que atraviesa el país desde los Tuxtlas, al Sur de Veracruz, en el Golfo de México, hasta Nayarit y Colima en el Océano

Pacífico. En segundo orden de importancia se tiene a los Gleysoles, Cambisoles, Acrisoles y Nitosoles (estos dos últimos corresponden a los Ultisoles de la clasificación Americana) que se localizan principalmente en la zona lluviosa de Tabasco, Chiapas y Sur de Veracruz.

Los suelos ácidos del Sureste de México están dedicados principalmente a pastizales o al cultivo de café, cacao, yuca, plátano, caña de azúcar o piña, mientras que los de mayor altitud, clasificados en su mayor parte como Andosoles, están ocupados por bosques de coníferas o dedicados al cultivo de maíz o frutales caducifolios de clima templado.

Del total de los suelos ácidos de la República Mexicana, unos seis millones de hectáreas están cubiertas de bosque y aproximadamente cinco millones de hectáreas están dedicadas a pastizales. Aunque tanto en especies forestales como en pastos se ha detectado una insuficiencia natural de fósforo, su fertilización todavía no es una práctica usual. Las aproximadamente dos millones de hectáreas de suelos ácidos restantes son dedicados a la agricultura, en las que habitualmente se aplican fertilizantes fosfatados de alta solubilidad, en dosis de 40 a 150 kg de P2O5 por hectárea. Los fertilizantes fosfatados usuales son superfosfatos simple, triple o fosfato diamónico. No se acostumbra la aplicación directa de roca fosfórica.

En cuanto a los minerales que pueden ser utilizados como enmiendas de suelos ácidos, la calcita es muy abundante en el territorio mexicano; su acumulación en el suelo es propiciada bajo climas árido y semiárido, los cuales cubren el 82% de la superficie del país, especialmente en el Norte, en latitudes superiores a 20ºN. Los Calcisoles, suelos caracterizados por tener un horizonte cálcico, petrocálcico o con caliza pulverulenta blanda en los primeros 125 cm de su perfil, ocupan 35.6 millones de ha (18.2% del territorio nacional), principalmente en los Estados de Chihuahua, Coahuila, Sonora, Zacatecas, San Luis Potosí y Nuevo León. Por su parte los Leptosoles, caracterizados por contener más de 40% de $CaCO_3$ en su perfil, o bien por tener una capa cementada de este material en los 30 cm superficiales, son suelos que ocupan 46.9 millones de ha (24.0% del territorio nacional), principalmente en los Estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Quintana Roo, Oaxaca y Yucatán.

Por lo anterior, las necesidades de encalado se circunscriben a los suelos ácidos con clima cálido húmedo del Sureste del país, que en total representan el 6.7% del territorio nacional. En esta zona dominan los suelos dedicados a la ganadería y los cubiertos de vegetación natural, por lo que la práctica de encalado no está muy extendida. El consumo de cal agrícola en el país no está bien determinado debido entre otras razones, a que parte de la cal que se aplica al campo es adquirida como cal hidratada para construcción; sin embargo es muy probable que no rebase 20,000 Tm/año (Aguilar et al., 1994).

En los Estados de Chiapas y Jalisco se han reportado casos de terrenos agrícolas que se han acidificado a valores de pH menores de 4.8 por el uso sistemático de dosis elevadas de sulfato de amonio a través de 10 ó m{as años. En ellos ha sido necesaria la aplicación de cal agrícola en dosis de 2 a 4 Tm .ha-1. La periodicidad de esta aplicación puede variar de anual a cada cinco años, dependiendo de las características del suelo. Es conveniente usar cal dolomítica para evitar

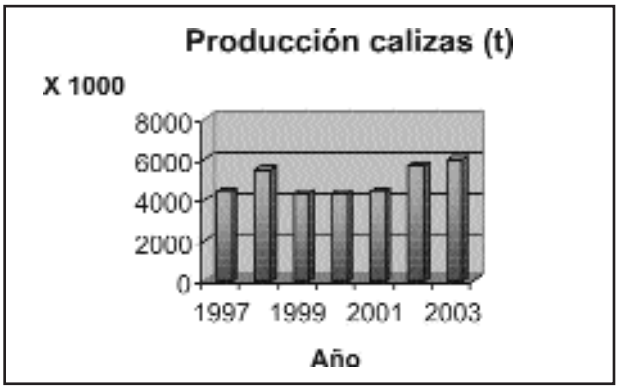
[1] *Universidad Nacional Agraria La Molina - gaguirre@lamolina.edu.pe*
[2] *INTA EEA Rafaela - sgambaudo@rafaela.inta.gov.ar*
[3] *Instituto de Tecnología Minera - SEGEMAR - bea@inti.gov.ar*

el desbalance Ca/Mg en la nutrición de las plantas.

La producción de dolomita en México, según datos de la Dirección General de Minas de la Secretaría de Economía, ha ido en aumento, registrándose 403,664 Tm en el año 2000 para llegar a 1.158.929 Tm en el 2004; sin embargo, este material es fundamentalmente para usos industriales.

Perú

Guillermo Aguirre Yato[1], Sebastián P. Gambaudo[2] y María Beatriz Ponce[3] (Ex aequo)



Las rocas carbonáticas en Perú

La geología de este país permite diferenciar estructuras las cuales se distribuyen según franjas subparalelas y entre las que se mencionan:

1. Cordillera de la costa
2. Llanuras preandinas
3. Cordillera Occidental
4. Franja de Volcanes activos
5. Franja Interandina
6. Cordillera Oriental
7. Franja Subandina
8. Llano Amazónico

Las calizas constituyen una de las rocas más abundantes, siendo los cercanos a la Costa los más accesibles y cercanos a la ciudad de Lima los que son objeto de explotación e industrialización. Estos depósitos son de edad cretácica y pertenecen a las Formaciones Atocongo y Chilca, se destinan esencialmente a la fabricación de cemento. En la costa de Ancash se han encontrado yacimientos relativamente pequeños de las calizas Santa (Cretácico inferior), en tanto de la Formación Simbal se abastece la ciudad de Trujillo. También los departamentos de Lambayeque y Piura también se explotan calizas siendo del tipo conchilla en el segundo caso. Depósitos de coquina abundantes se desarrollan entre Pisco y Tacna.

En la Cordillera Occidental se encuentran calizas aflorantes de los valles donde la cubierta volcánica fue removida por erosión. Estas calizas constituyen una transición entre los yacimientos de la Costa y la Franja Interandina. Hacia el norte las calizas de mayor interés son las cretácicas de la Formación Cajamarca empleadas para fabricación de cemento y cal; en tanto en la zona central de Perú las calizas Jurásicas Condorsinga son las mejores para la fabricación de cemento.

La Cordillera Oriental contiene a las calizas del Grupo Pucará en tanto en la Franja Interandina ya

Figura V-15. Mapa de Recursos No metálicos de Perú

los calcáreos corresponden a travertinos similarmente a los de la Franja del Vulcanismo Activo.

Las explotaciones más importante se encuentran en el valle del Mantaro, departamento de Junín.

El sur del país es más pobre en calizas comparativamente a las regiones norte y centro. En el departamento de Puno el cemento se elabora de las calizas de Ayabaca. La Franja Subandina en la localidad Loma Larga (Tarma-Jauja, Junín) contiene calizas mesozoicas que podrían ser aprovechadas como abono por su contenido de fosfato (Figura V-15 Mapa geológico).

Zona	*Sitios alrededor de*	*Superficie estimada (ha)*	*pH*	*Recomendación Dolomita (kg/ha)*
Aguaytia	Huipoca	36.000	Entre 4,3 – 5,0 (50% del área)	2.000
			< 4,3	4.000
Alto Huallaga	Tingo Maria	16.000	4,3 – 5,0	2.000
Alto Huallaga	Tancacha y Uchiza	37.000	< 4,3	4.000
Huallaga Central	Moyambamba y Rioja	15.000	< 4,3 (100% del área)	4.000
Huallaga Central	Tres Unidos	1.000	< 4,3 (100% del área)	4.000
Huallaga Central	Valle de Sisa	5.500	> 4,3 (100% del área)	2.000

Cuadro V-27. Area de trabajo, superficie estimada, valor de pH del suelo y dosis de dolomita a utilizar para recuperación de suelos de la Amazonia Peruana.

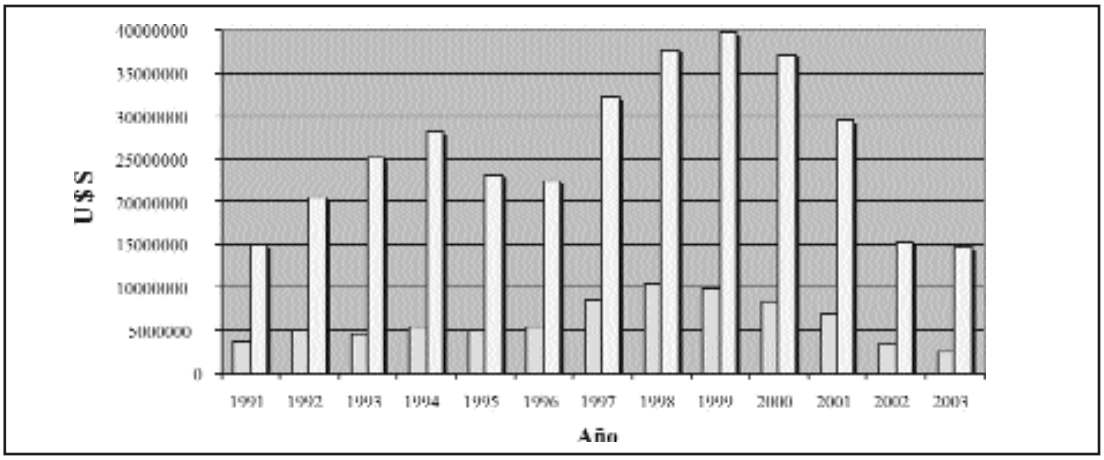
El uso de las calizas está dirigido esencialmente a la industria del cemento. En proporciones menores es empleada como suplemento mineral en el consumo animal por el aporte de calcio.

De acuerdo a lo publicado en el Anuario 2004 por el Ministerio de Energía y Minas de Perú en el período 1997-2003 la producción de calizas fue en toneladas (Figura V-16):

Figura V-16. Producción de Calizas en Perú

Carbonatos. Su uso en la agricultura de Perú

El Perú presenta unas 49.200.000 ha de suelos ácidos que se encuentran distribuidos en la Zona Alto Andina de la Sierra y en la Selva; corresponden a suelos Ultisoles, en los cuales es común encontrar un 65% de saturación de aluminio.



El Ministerio de Agricultura del Perú en su Programa para el Desarrollo de la Amazonia estimó que la deforestación alcanza unas 100.000 ha por año, debido fundamentalmente a la "agricultura migratoria", que se dedica al cultivo de coca a través de la practica de "la tala y quema" de árboles. Los bosques son quemados, la coca es sembrada y cuando los campos se agotan de nutrientes, se talan nuevos bosques repitiéndose el ciclo indefinidamente. Ante tal situación se desarrolló un trabajo de recuperación y manejo de suelos degradados a través de una estrategia simple, efectiva y de corto - mediano plazo. Comprendió las zonas de Aguaytía, Alto Huallaga y Huallaga Central, en donde se llevaron a cabo prácticas de recuperación de la fertilidad de los suelos, entre las cuales figuraba la corrección de la acidez edáfica, cuyas recomendaciones se sintetizan en el Cuadro V-27.

[1] *Departamento de Geología - Facultad de Ciencias (Universidad de la República) Iguá 4225. CP 11400, Montevideo - Uruguay.*
[2] *Dirección Nacional de Minería y Geología - Ministerio de Industria, Energía y Minería. Hervidero*

Si bien el costo inicial de las enmiendas y su aplicación es relativamente alto, el análisis de costo-beneficio del primer ciclo presentó rentabilidad en todos los sistemas mecánicos a corto y mediano plazo propuestos por el proyecto.

En estos suelos predominan tres órdenes: Entisols, Inceptisols y Ultisols. Los Inceptisols están localizados en las terrazas bajas y medias (lomas), más alejadas de los ríos, y son de fertilidad natural baja a media. Los Ultisols se encuentran en terrazas elevadas y su fertilidad natural es baja, con altas concentraciones de aluminio y por lo tanto son suelos ácidos. La razón por la cual estos suelos son ácidos con pocos nutrientes es el proceso natural de edafización o intemperización de los minerales cristalinos. La Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (CICE) varía de 4 a 8 Cmol(+)/L con niveles de aluminio mayor a 80% de todos los iones intercambiables.

Los agricultores que practican el sistema de tumba y quema, normalmente abandonan el área después de dos años y dejan crecer el bosque otra vez para recuperar el suelo. Este bosque secundario necesita por lo menos 20 años para su recuperación, aunque los agricultores nunca esperan y por consiguiente se siguen degradando los suelos.
La mejor forma de disminuir los niveles de aluminio de los suelos ácidos en el Perú, es aplicar roca fosfórica y dolomita donde no solamente sé esta aplicando fósforo, sino también calcio, magnesio y algunos micronutrientes. El proyecto AMAZONIA recomienda:

- Aplicar la enmienda al voleo, el 50% de la dosis antes del primer paso del tractor y el 50% restante después, usando un arado de disco a 20-30cm de profundidad.

- Esperar 30 días después de la aplicación de las enmiendas para sembrar los cultivos.

- La aplicación de las enmiendas de roca fosfórica y dolomita en grandes cantidades una sola vez para satisfacer las necesidades de los nutrientes, corregir los problemas de acidez y toxicidad de aluminio. Se pretende lograr un 20% de saturación para un efecto residual a cinco años.

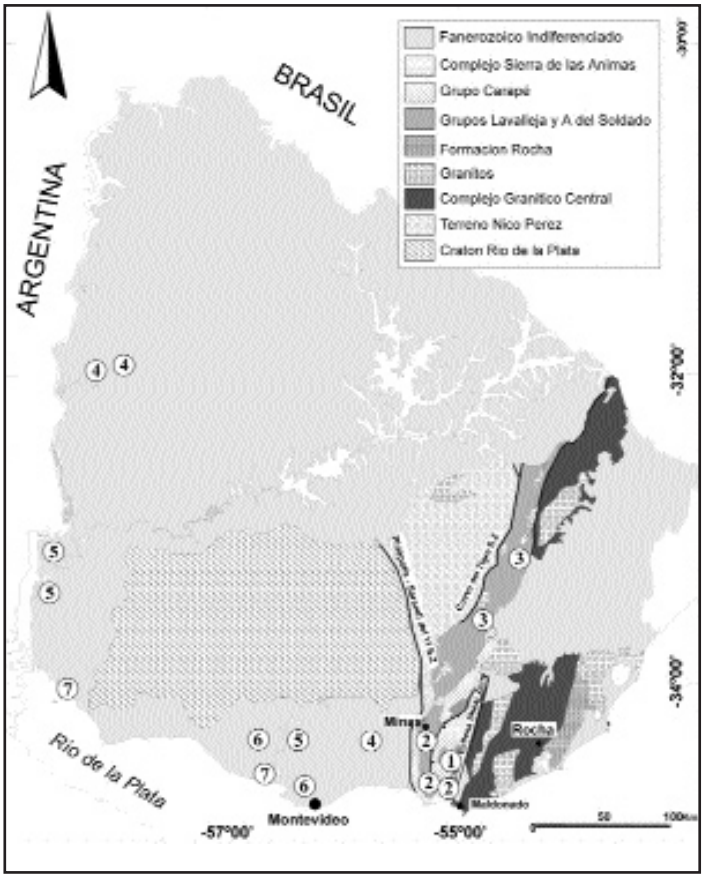
Uruguay

Pecoits, E.[1], Spoturno, J.[1-2] & Aubet, N.[1]

Introducción

Históricamente la producción de carbonatos en el Uruguay ha estado ligada a su desarrollo económico y consecuentemente al crecimiento del PBI. Nuestro país cuenta con reservas muy importantes de carbonatos situadas en el este (departamentos de Treinta y Tres, Cerro Largo, Lavalleja y Maldonado) y en el litoral oeste (departamento de Paysandú). Dadas las características de estos depósitos y de nuestros suelos, casi la totalidad del carbonato extraídos se destina a la industria cementera y de cales, siendo ocasional su aplicación como corrector de la acidez de los suelos. La influencia de estos en la producción mineral nacional es de considerable importancia, tal como se desprende del análisis de la Figura V-17.

Figura V-17. Producción de carbonatos y producción mineral total en dólares americanos (Fuente: Estadísticas



DINAMIGE).

Recursos Mineros

En el Uruguay se identifican depósitos carbonáticos precámbricos y fanerozoicos cuyo origen y edad condiciona eventualmente sus tenores. Los carbonatos precámbricos (comúnmente denominados metamórficos) se concentran exclusivamente en rocas del Neoproterozoico-Cámbrico (este-noreste del país) mientras que los carbonatos de origen sedimentario se reconocen en depósitos de edades Cretácico Superior y Terciario (noroeste-oeste y centro-sur). La identificación de estos recursos ha sido resultado de relevamientos cartográficos a escala regional y de semi-detalle así como de investigaciones destinadas a su exploración, principalmente para la industria cementera.

Teniendo en cuenta su relevancia para la industria extractiva y del agro, se presenta a continuación, una breve descripción de las distintas unidades geológicas que contienen este recurso (ver Figura V-18)

Grupo Carapé

Las unidades calcáreas definidas en este Grupo, de edad neoproterozoica, se enmarcan en una geología compleja siendo reconocidas como parte de una sucesión volcano-sedimentaria y otra exclusivamente sedimentaria afectadas por metamorfismo de grado variable y estilos deformacionales diferentes. Rossini & Aubet (2000) definieron dos unidades litotectónicas donde los litotipos calcáreos muestran características geoquímicas diferentes: Unidad Carapé y Unidad Zanja del Tigre.

En la Unidad Carapé, afectada por metamorfismo de facies anfibolita, las rocas calcáreas se interestratifican con metamargas, granate-muscovita esquistos, cuarcitas a diópsido y biotita esquistos, registrándose episodios volcánicos ácidos de tipo piroclásticos. La presencia de estos

niveles efusivos, así como su estructura geológica, permite la diferenciación de tres asociaciones, siendo la Asociación 3 (Unidad Carapé Norte) la que muestra los tenores de carbonato de calcio más favorables: 92% $CaCO_3$, 1% MgO, 7% otros.

Por otra parte, las rocas metacalcáreas de la Unidad Zanja del Tigre se interestratifican con litologías únicamente paraderivadas (filitas muscovíticas, metareniscas arcósicas y metaconglomerados). Los litotipos carbonáticos más comunes son los mármoles, esquistos calcáreos y esquistos dolomíticos (metadolomías). Esta sucesión presenta una paragénesis metamórfica correspondiente a facies esquistos verdes mostrando una deformación principalmente de tipo rúptil.

Desde el punto de vista geoquímico, los metacalcáreos de esta contienen elevadas proporciones de MgO en relación inversa a los de la Unidad Carapé siendo común para ambos bajos porcentajes de minerales silicáticos. Los tenores promedio para esta Unidad son: 82% $CaCO_3$, 16% MgO, 2% otros.

Grupo Lavalleja

El Grupo Lavalleja representa una secuencia volcano-sedimentaria neoproterozoica afectada por metamorfismo en facies esquistos verdes. Ocurre en el sector sureste de Uruguay desarrollándose con una dirección general noreste. En esta unidad, se reconocen paquetes metasedimentarios (metapelitas, metareniscas, metacalizas), metavolcánicos ácidos (metariolitas y metadacitas) y metavolcánicos básicos (metandesitas, metabasaltos, metagabros). La potencia total de la sucesión es aún desconocida estimándose en el entorno de los 1500 metros.

Figura V-18. Distribución de los depósitos calcáreos del Uruguay. 1) Grupo Carapé; 2) Grupo Lavalleja; 3) Formación Polanco; 4) Calizas del Queguay; 5) Formación Fray Bentos; 6) Formación Libertad; 7) Formación Villa Soriano. (modificado de Sánchez, 1998).

Los litotipos calcáreos corresponden a: mármoles calcíticos y dolomíticos, calizas, esquistos calcáreos, calizas dolomíticas y dolomías. Se presentan como cuerpos elongados continuos de dimensiones kilométricas y como estructuras lentiformes asociadas principalmente a litologías efusivas.

Del análisis de los resultados químicos realizados en calizas (Sánchez Bettucci et al., 1999) se reconoce la existencia de zonas caracterizadas por:

A) Altos porcentajes de $CaCO_3$ (superiores al 90%) donde las relaciones de MgO raramente superan el 3% (porcentaje en peso) y

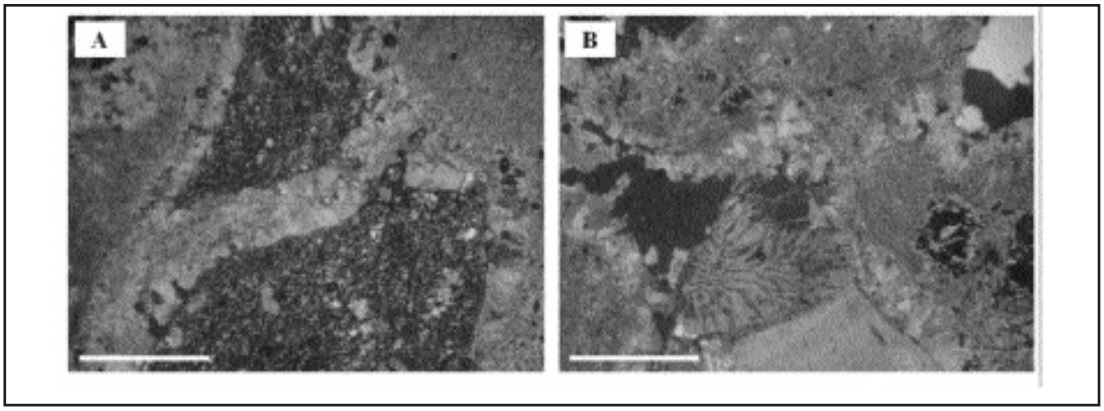
B) otras con predominio de calizas magnesianas mostrando titulaciones próximas al 60% de $CaCO_3$ y tenores de MgO y CaO promedio al 13% y 28% respectivamente.

En Cantera Mina Verdún (departamento de Lavalleja) un estudio expuesto por Poiré et al (2003) señala la ocurrencia de niveles calcáreos con una potencia aproximada a los 170 m. Los citados autores reconocen calizas estromatolíticas, calizas laminadas y masivas cuyo tenor promedia el 84% de $CaCO_3$ intercaladas con niveles calcáreos cuyo tenor máximo es de 42% de $CaCO_3$.

Unidad	Reservas Probadas	Reservas Probables	Reservas Posibles
Calizas del Queguay	18	12	10
Formación Polanco (Depto Treinta y Tres)	2	16	40
Grupo Lavalleja	4	19	15
Grupo Carapé	-	2	10

Cuadro V-28. Reservas de calizas calculadas para las diferentes unidades litoestratigráficas. Valores expresados en 10 6 toneladas. (Modificado de Bossi & Navarro, 2000).

Con menor desarrollo ocurren dentro de este Grupo, niveles dolomíticos de gran pureza. Este es el caso de Mina Valencia, donde tradicionalmente se explotaba un banco de 40 metros de poten-



cia con porcentajes promedios de 99% de $MgCO_3$. Si bien este emprendimiento actualmente se encuentra inactivo, existen pequeñas canteras donde su extracción es habitual.

Formación Polanco

Se asignan a esta unidad calizas aflorantes en los departamentos de Lavalleja, Treinta y Tres y Cerro Largo (este-noreste del Uruguay) relacionadas genéticamente con pelitas y areniscas de

edad neoproterozoica superior del Grupo Arroyo del Soldado (Gaucher et al, 1996). Corresponden a calcáreos grises a gris oscuro a veces interestratificados con niveles dolomíticos primarios y afectadas por metamorfismo regional de grado muy bajo y deformación dúctil en ocasiones mostrando patrones de interferencia a gran escala (domos y cubetas). A partir del análisis de la cartografía de semidetalle del área se ha estimado un área de afloramiento, para esta unidad, de aproximadamente 50 Km^2.

Se trata de calizas donde la titulación (% eq. $CaCO_3$) promedia el 90% siendo la ley media de MgO de 4% aproximadamente (Rossini et al, 2000). Otros datos señalan proporciones de $CaCO_3$ superiores al 80%; $MgCO_3$ no mayor al 10% con una media de MgO de 5% (Roth et al, 1980). Se estima una potencia total de 500 metros.

Actualmente, la principal planta de extracción implantada sobre litotipos calcáreos de Formación Polanco (Cantera La Plata) se localiza al sur de la ciudad de Minas (departamento de Lavalleja).

Calizas del Queguay

Esta unidad presenta espesores variables alcanzando un máximo de 40 metros; su distribución geográfica coincide, en términos generales, con los bordes de los depósitos del Cretácico Superior (litoral oeste). La edad y origen de las calizas sedimentarias del Queguay son aún inciertas. Diversos autores han asignado edades que van desde el Cretácico Superior hasta el Paleoceno (ver por ejemplo Sprechmann et al., 1981; Veroslavsky & Martínez, 1996) y su origen ha sido atribuido al desarrollo de cuerpos lacustres así como a procesos de calcretización y pedogenéticos vinculados a la circulación de aguas subterráneas.

Los principales depósitos se localizan a lo largo del valle del Río Queguay en su curso inferior y medio en el departamento de Paysandú. Las principales litologías corresponden a calizas y calizas arenosas, interestratificadas con sedimentos silicoclásticos, con niveles de silicificación variable. La composición química media es la siguiente: 8.93% SiO_2, 0.45% Al_2O_3, 0.13% Fe_2O_3, 0.02% TiO_2, 47.60% CaO, 1.76% MgO, <0.01 Na_2O, 0.11% K_2O, 0.02% S, 0.03% MnO, 0.01% P_2O_5, 40.79% PPC.

La Cantera ANCAP (Paysandú) realiza una explotación a cielo abierto sobre cuerpos de geometría tabular en ocasiones lenticular dispuestas subhorizontalmente. Las reservas potenciales de esta región se estiman en el orden de varios cientos de millones de toneladas (cuadro V-28).

Formaciones Fray Bentos y Libertad

Varias ocurrencias carbonáticas se asocian a niveles edafizados (paleosuelos) de unidades sedimentarias del Oligoceno Superior (Fm. Fray Bentos) y del Pleistoceno (Fm. Libertad).

Son frecuentes los horizontes calcretizados tabulares y continuos los cuales representan interesantes acumulaciones de carbonato de calcio, de importante extensión y con una potencia no superior a 1.5m (Spoturno et al., 2005). Estas concentraciones están asociadas a limolitas de

ORDEN I. SUELOS POCO DESARROLLADOS	ORDEN II. SUELOS MELÁNICOS
Gran Grupo I.1 **Litosoles** / Gran Grupo I.2 **Arenosoles** / Gran Grupo I.3 **Fluvisoles** / Gran Grupo I.4 **Inceptisoles**	Gran Grupo II.1 **Brunosoles** / Gran Grupo II.2 **Vertisoles**
ORDEN III. SUELOS SATURADOS LIXIVIADOS	**ORDEN IV. SUELOS DESATURADOS LIXIVIADOS**
Gran Grupo III.1 **Argisoles** / Gran Grupo III.2 **Planosoles**	Gran Grupo IV.1 **Luvisoles** / Gran Grupo IV.2 **Acrisoles**
ORDEN V. SUELOS HALOMÓRFICOS	**ORDEN VI. HIDROMÓRFICOS**
Gran Grupo V.1. **Solonetz** / Gran Grupo V.2. **Solonetz Solodizados** / Gran Grupo V.3. Solods	Gran Grupo VI.1. **Gleysoles** / Gran Grupo VI.2. **Histosoles**

Cuadro V-29. Clasificación de suelos del Uruguay según Durán (1991).

Gran Grupo	Miles de Km^2	%
Arenosoles	1.2	0.7
Acrisoles	6.8	3.9
Luvisoles	6.1	3.5

Cuadro V-30. Superficie areal que ocupan los diferentes grandes grupos de suelos con problemas de acidez.

Formación Fray Bentos (Figura V-19).

Por otra parte, subordinadas a limos (loess) de la Formación Libertad, ocurre carbonato de tipo nodular y pulverulento en general disperso en la matriz.

Figura V-19. Microfotografías de preparados petrográficos correspondientes a la Formación Fray Bentos. A) Calcretización de limolitas con clastos dispersos en la matriz donde se observan fenómenos de fractura y relleno (LP x 50). B) Detalle de dos generaciones de cemento: 1ª circungranular y 2ª de grano fino sustituyendo la matriz (LP x 50). Escala: longitud de la barra 1mm.

Ambas unidades litoestratigráficas se distribuyen en buena parte del territorio siendo los afloramientos característicos la porción sur-suroeste del Uruguay para la Formación Fray Bentos mientras que la Formación Libertad se distribuye particularmente en la región sur y centro sur del país.

Formación Villa Soriano

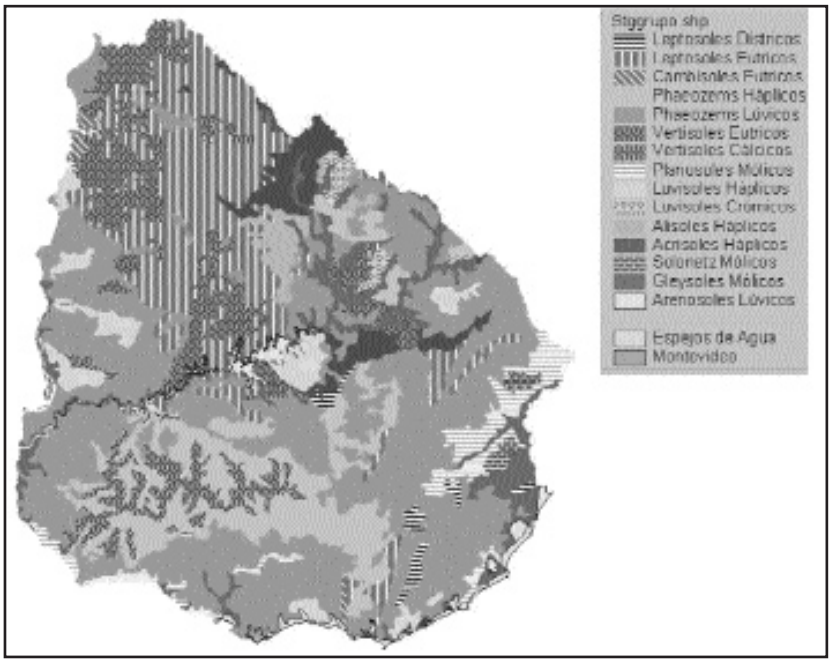
La Formación Villa Soriano ha sido fuente secundaria y alternativa de calcáreos destinada principalmente a la producción de cal y a la fabricación de raciones para animales de granja. El carbonato de calcio proviene de acumulaciones fosilíferas constituidas por bivalvos ubicadas dentro de bancos arenosos vinculados con ingresiones marinas del Cuaternario. Los depósitos se asocian a la faja costera del Río de la Plata, Océano Atlántico y Río Uruguay en su porción litoral sur.

Necesidades agrícolas

Pese a que Uruguay presenta una reducida extensión sin accidentes geográficos de relevancia así como un clima homogéneo en todo su territorio, muestra una amplia variabilidad en lo que a los tipos de suelos se refiere. Ello se debe a la gran diversidad de materiales geológicos sobre los cuales se implantan, desde rocas muy antiguas correspondientes a un basamento cristalino precámbrico hasta sedimentos cuaternarios (Durán, 1991).

Nuestros suelos son deficitarios en fósforo y nitrógeno, en tanto que el potasio y el calcio ocurren con frecuencia debido a la ocurrencia de un material parental (granitos, basaltos) que aporta dichos elementos asegurando un pH adecuado para la actividad agronómica. Básicamente en la industria del agro el carbonato de calcio se utiliza como corrector de suelos, proceso comúnmente denominado encalado. Dicho proceso se efectúa en algunos tipos de suelo cuyas propiedades físico-químicas manifiestan un pH ácido (menor a 6), texturas livianas, baja capacidad de intercambio catiónico y alta permeabilidad. Son suelos arenosos y franco-arenosos, poco estructurados y con baja diferenciación de perfil.

El aporte de calcio se realiza como Ca^{2+} intercambiable de relativa y fácil capacidad de retención por parte de la escasa fracción arcilla presente en estos suelos. El encalado disminuye la acidez propiciando el desarrollo de bacterias radiculares que permiten una mejor absorción de agua y micronutrientes a la planta.



En nuestro país, la disponibilidad de carbonato se obtiene a partir de la extracción en canteras a cielo abierto. Posteriormente el material es sometido a un proceso de calcinación e hidratación (cal apagada) el que finalmente es triturado a un tamaño adecuado para su uso.

Según Durán (1991) en Uruguay ocurren suelos pertenecientes a los siguientes Ordenes (cuadro V-29).

De la clasificación ex-

puesta, los suelos que presentan problemas relativamente importantes de acidez son: Arenosoles (Hapludalfs & Quartzipsamments), Acrisoles (Hapludalfs & Hapludults) y Luvisoles (Hapludalfs). El siguiente cuadro resume la distribución porcentual que ocupan cada uno de estos suelos en el país (cuadro V-30).

En lo que sigue se exponen algunas de las principales propiedades físico-químicas de los mencionados tipos de suelo extraídas de Durán (1991).

Arenosoles

Abarcan toda la franja costera del sur y este del país (Figura V-20). Son suelos poco desarrollados con horizontes de tipo A y C. Presentan textura arenosa franca o arenosa en todos sus horizontes. La retención de agua es muy baja, la infiltración y la conductividad hidráulica son rápidas. La capacidad de intercambio catiónico es muy baja y la estructura es débil o inexistente. El uso actual es muy restringido, no tienen un valor agronómico significativo. Poseen una baja fertilidad que debe corregirse a partir del aporte de nitrógeno, fósforo y potasio así como el agregado de calcio en el control de la acidez.

Luvisoles

Se desarrollan sobre coluviones de formaciones cuaternarias continentales (Formación Las Arenas), sobre areniscas de las formaciones Cerrezuelo (Devónico), Yaguarí (Permo-Triásico), Tacuarembó (Triásico), Míguez (Cretácico) y Salto (Terciario). Estas unidades se reconocen principalmente en la región centro y norte, litoral oeste y sur del país (Figura V-20). Son suelos donde la desaturación afecta la parte superior del horizonte B, siendo muy elevado el contenido de aluminio intercambiable en dicho horizonte. Su uso es casi exclusivamente ganadero, no obstante ocurren cultivos de soja, tabaco y maní. La capacidad de retención de agua es elevada debido al horizonte A liviano y profundo y al horizonte B de textura más fina. El drenaje natural es bueno. Presentan contenido de fósforo muy bajo y de potasio de medio a bajo y son fuerte a medianamente ácidos.
La acidez es elevada pero no excesiva en el horizonte superficial donde el pH promedio es 5.6 en tanto que en profundidad la reacción puede ser más ácida. La fertilización es imprescindible y el encalado es necesario debido al alto tenor de aluminio y la fuerte acidez.

Acrisoles

Son los suelos más lixiviados y meteorizados dentro del Orden 4 (Figura V-20). Se localizan asociados a materiales parentales tales como las areniscas de las formaciones San Gregorio-Tres Islas (Permo-Carbonífero), Tacuarembó (Jurásico) y Las Arenas (Cuaternario).

Presentan una intensa desaturación del perfil donde afecta incluso hasta el horizonte C. La sa-

[1] *Facultad de Agronomía - Universidad Central de Venezuela - casanovaen@cantv.net*
[2] *Instituto de Tecnología Minera - SEGEMAR - bea@inti.gov.ar*

turación en bases es muy baja. La presencia de materia orgánica siempre es baja a muy baja. El contenido de aluminio intercambiable es aún mayor que el de los Luvisoles. La capacidad de retención de agua es baja.

Estos suelos son más pobres que los Luvisoles debido a su mayor acidez, mayor contenido de aluminio intercambiable y menor contenido de materia orgánica. La fertilización es imprescindible, particularmente fósforo, nitrógeno y potasio. Por otra parte, la presencia de intensa acidez requiere frecuentes encalados.

Figura V-20. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay (Fuente: FAO 1998).

Venezuela

Eduardo Casanova [1] y María Beatriz Ponce [2] (Ex aequo)

Las rocas carbonáticas en Venezuela

Desde el punto de vista geológico se distinguen en el país tres grandes unidades morfoestructurales: el Escudo Precámbrico, los Andes Venezolanos y la cordillera de la Costa y las Formaciones Sedimentarias del norte. De las cinco provincias que comprenden el Escudo Precámbrico, se identifica la presencia de dolomita en el Complejo de Imataca la que se encuentra asociada a rocas metamórficas y posee como destino principal los centros siderúrgicos de Puerto Ordaz.

La cordillera de la Costa por su parte posee importantes reservas de calizas y dolomitas, estas últimas de muy alta calidad asociadas a secuencias metamórficas correspondientes a las zonas de Yaritagua, Yaracuy y Puerto Cabello-Patanemo, Estado Carabobo. Esta roca dolomítica se presenta como estratos con una importante producción destinada a los sectores de refractarios,

vidrio y cerámica.

Las calizas también en forma de estratos que poseen menos del 90% de $CaCO_3$ se explotan en canteras a cielo abierto en las cercanías de las ciudades de Caracas, Valencia, Maracay, Puerto Cabello, Villa de Cura, Cagua y Los Teques.

Las Formaciones Sedimentarias del sector norte del país contienen importantes yacimientos de calizas y dolomitas, habiendo sido datadas junto a cuerpos arrecifales del Paleoceno, aflorantes al este de San Juan de Los Morros. Se trabajan a cielo abierto con una pureza variable entre el 97 y 98%, siendo destinadas a la fabricación de fertilizantes, cal, alimento de ganado, pinturas, perforaciones petrolíferas, plásticos, cauchos, cemento, papel e industria química.

Los Andes Venezolanos son proveedores de materiales con un alto contenido de P, Ca, Mg, S y K los que son usados directamente como fertilizantes.

Potencial Geológico Minero de Calizas

En Venezuela existen yacimientos de calizas primordialmente en las zonas de alto relieve o de cordilleras, las cuales por su constitución geológica poseen numerosas formaciones de calizas y, por consiguiente, las mayores posibilidades de reservas.

Las calizas en las cordilleras ocurren en formaciones sedimentarias del Mesozoico.

Cordillera del Norte o de la Costa

La existencia de calizas en Falcón está relacionada principalmente al desarrollo de arrecifes durante la evolución geológica de la cuenca. Así, existen dos desarrollos importantes: uno al Norte, que corresponde a lo que es hoy en día la Sierra de San Luis y el área de Cumarebo, y otro al Sur, paralelo al primero, que es la franja calcárea de Churuguara y que se extiende hacia el este, hasta las inmediaciones de Turacas.

De todas las calizas de Falcón, las de mejor calidad y mayor volumen son las pertenecientes a las formaciones San Luis y Churuguara. Son calizas arrecifales, densas, con altos porcentajes de carbonato de calcio.

Las calizas de la Formación Capadare, en la parte oriental de Falcón, desarrollan grandes espesores, pero su alto contenido de fósforo y magnesio las hacen indeseables para la industria del cemento. En el clínker, el límite permisible de P_2O_5 y el producto final el valor máximo permisible para el MgO es de 5,2%. En el Cuadro V-31 se señala el resultado de los análisis químicos de muestras de rocas de ésta unidad litológica; se destaca que los valores de esos dos elementos están muy por encima de los límites permitidos. Sin embargo, por esta misma razón, estas calizas son altamente deseables para la producción de cal agrícola fosfatada.

Las formaciones que se reconocen pertenecen al Mesozoico inferior y medio, encontrándose:

• **Formación Antímano.** Constituida por calizas cristalinas en capas gruesas, que alternan con

	CaO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	PF
Estado Táchira	54,46		0,22	0,22	trazas	43,48
Estado Táchira	51,62		0,99	0,12	trazas	41,08
Estado Mérida	53,45	1,82			0,96	43,14
Estado Trujillo	51,59	3,42	2,14		0,8	41,5

Cuadro V-31 Composición de las calizas de la Cordillera de los Andes- Formación Capacho

capas delgadas de esquistos micáceos. Localidad: Zona Norte de Antímano, Distrito Federal, al Sur de San Pedro, estado Miranda.

• **Formación Las Brisas.** Consiste principalmente de capas de esquistos cuarzo feldespático micáceos-sericíticos y gneises, con lentes de mármoles. Localidad: Caracas, Distrito Federal.

• **Formación Las Mercedes.** Esquistos principalmente calcáreos, con filones de calizas intercaladas. Localidad: Distrito Federal.

• **Formación Nirgua.** Esquistos cuarzo-micáceos con capas de calizas masivas intercaladas. Localidad: La unidad aflora extensamente en los estados Lara, Cojedes y Carabobo.

• **Formación Capadare.** Capas de calizas arrecifales blandas, que forman abruptos filones. Localidad: Chichiriviche, Sanare, Riecito y Capadare, estado Falcón.

Cordillera de los Andes

Las calizas de esta región están relacionadas genéticamente a las de la Sierra de Perijá. Dentro de esta zona se pueden diferenciar dos subzonas: la de Táchira y la de Lara-Trujillo. La diferencia entre las dos subzonas, radica fundamentalmente en que mientras en la subzona de Táchira es posible separar las unidades areniscas-calizas, lutita-caliza y las calizas masivas dentro del Grupo Cogollo, en la subzona Trujillo-Lara esta separación es más difícil y por ello en el mapa de áreas calcáreas en esta subzona mucho de lo señalado como caliza masiva puede incluir espesores arenosos y lutíticos intercalados. De cualquier manera, en esta subzona es posible reconocer grandes áreas de afloramientos de caliza de excelente calidad, en el espacio comprendido por las ciudades de Trujillo, El Tocuyo y Carora. En el Cuadro V-31 se presentan los resultados analíticos de muestras superficiales de caliza y núcleos de perforación. Se nota un aumento de los valores de sílice a profundidad.

Las calizas de la Formación Capacho (Cretáceo) tienen altos contenidos carbónicos y afloran en grandes volúmenes. Existen igualmente áreas más pequeñas, donde afloran calizas más antiguas (Formación Palmarito) en diferentes zonas de los Andes (Sur de Trujillo y limites de Mérida y Táchira), que por su aspecto masivo y pureza pueden ser buena materia prima.

Además de las áreas de predominio de caliza de buena calidad para las industrias de cemento,

Figura V-21 Ubicación de los depósitos de rocas carbonáticas

cal y cal agrícola existen rocas calcáreas en los estados Táchira y Mérida con concentraciones fosfáticas que las hacen atractivas para la producción de cal agrícola fosfática. En la zona de los

Formación	Localidad	CaO	MgO	Fe_2O_3	SiO_2	PAF
Región Capital						
Las Mercedes	Dto. Federal	43,46	9,15	1,37	---	45,56
Región Central						
Valencia	Carabobo	45,47	0,38	5,11	10,76	38,26
El Pao	Cojedes	54	---	*	3,24	42,7
Tinaquillo	Cojedes	44,48	*	0,82	18,01	35,67
Región Los Llanos						
Guárico	Guárico	49,9	*	3,45	4,71	40,83
Región Centro Occidental						
Capadare	Falcón	53,8	*	1,04	1,94	40,83
Sanare	Lara	50,92	*	2,13	9,55	39,2
Región Zuliana						
Cogollo	Zulia	55,4	*	0,4	0,6	43,5
Región Los Andes						
Capacho	Táchira	54,46	*	0,22	0,22	43,84
Región Nororiental						
El Cantil	Sucre	55,91	0,49	0,19	0,27	43,4

Cuadro V-32. Composición química de las calizas según su ubicación

CORDILLERA DEL NORTE	
Región Administrativa	**RESERVAS**
Capital	100.000.000
Central	19.900.000
Centro Oriental	2.482.000
Centro-Occidental	703.000.000
SUBTOTAL	3.305.600.000
CORDILLERA DE LOS ANDES	
Región Administrativa	**RESERVAS**
Los Andes	80.500.000
Los Llanos	27.500.000
Zuliana	113.500.000
SUBTOTAL	221.500.000
TOTAL	3.419.000.000

Cuadro V-33. Reservas probadas y probables de calizas

ESTADO	1999 (m^3	2000 m^3
Anzoátegui	2.529.192,34	1.719.430,62
Aragua	1.123.534,50	661.846,00
Carabobo	340.127,22	88.074,38
Lara	220.513,64	106.327,58
Monagas	219.228,65	136.356,34
Nueva Esparta	153.309,25	139.896,95
Portuguesa	7.000,00	
Sucre	114.061,20	117.359,20
Táchira	129.857,50	162.000,00
Trujillo	621.985,00	655.292,00
Yaracuy	17.617,23	
TOTAL	4.659.355,38	3.131.291,07

Cuadro V-34. Producción de calizas.

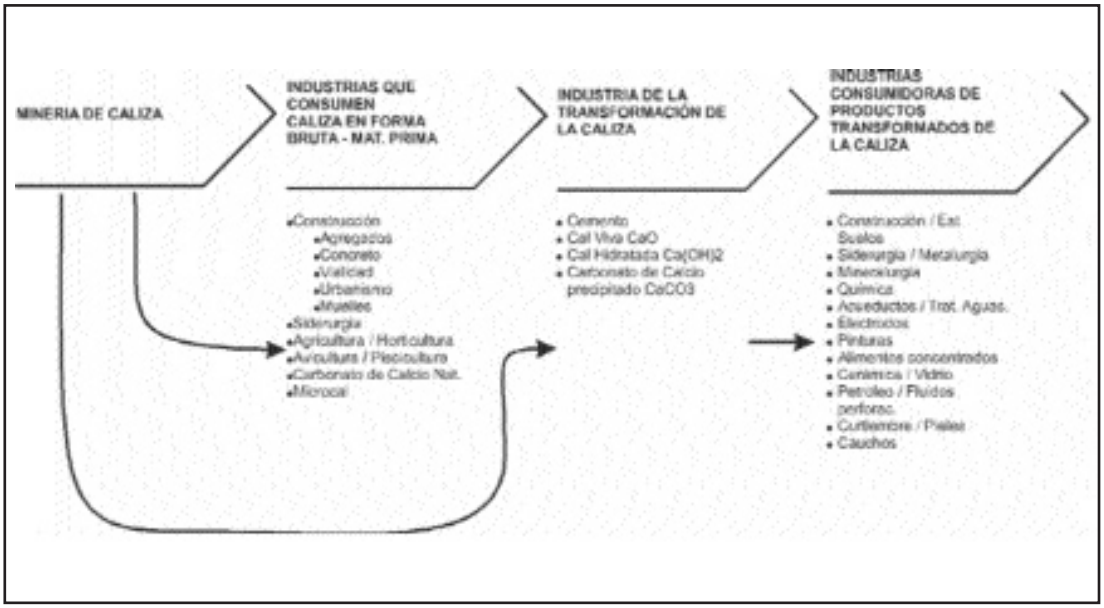


Figura V-22. Uso de calizas y dolomías.

Andes existen actualmente en producción dos plantas de cemento.

En resumen las características de las formaciones de esta región son:

• **Formación Capacho.** Constituida de lutitas con capas de caliza dura. Localidad: Capacho, Palmira y Lobatera, estado Táchira.

• **Formación La Luna.** Consiste en calizas laminares delgadas, arcillas calcáreas y concreciones

Componente	Porcentaje (%)
H_2O	0,34
SiO_2	0,3
R_2O_3	0,7
MgO	0,53k
Na_2O	0,014
K_2O	0,081
Cl	0,17
SO_3	0,02
Pérdida al rojo	43,17

de calizas. Localidad: Lobatera, estado Táchira y estado Zulia.

•

Malla	Porcentaje de retención (%)
20	10
40	11,8
80	18,4
120	8
170	9
200	7
Lama	45,8

Formación Cogollo. En la región del Zulia las calizas ocurren en el Grupo Cogollo en capas macizas infrayacentes a la Formación La Luna. Localidad: Isla de Toas y El Rosario, estado Zulia.

• **Formación Colón.** Consiste de capas de lutitas con capas de calizas. La Formación Colón se extiende por todo el occidente de Venezuela, constituyendo un horizonte de carácter regional. Localidad: Colón, estado Táchira.

Cordillera de la Costa

En la Cordillera de la Costa y en el piedemonte, las calizas cretácicas ocurren en las siguientes formaciones del Mesozoico Superior-Cretáceo:
• Formación Barranquín. El miembro Venado de esta formación se caracteriza por calizas estratificadas potentes. Localidad: Cubre extensas áreas en las Serranías del Interior de Anzoátegui, Monagas y Sucre.

• Formación El Cantil. Consiste en calizas, que constituyen el mayor volumen de la formación. Ésta tiene un espesor que oscila entre 300 y 800 metros. Localidad: sección nororiental de la Serranía del Interior.

• Formación Chimana. Consiste en calizas, lutitas y areniscas. Localidad: sección nororiental de la Serranía del Interior.

• Formación Cariaquito. (Grupo Patao) Esquistos grafitosos, cuarzosos, micáceos. Posibles grandes reservas de calizas y yeso en el miembro Patao. Localidad: ensenada de Cariaquito, Macuro, Península de Paria.

Secciones Central y Occidental

En las secciones Central y Occidental, las calizas ocurren en las siguientes formaciones del Mesozoico Superior-Cretáceo:

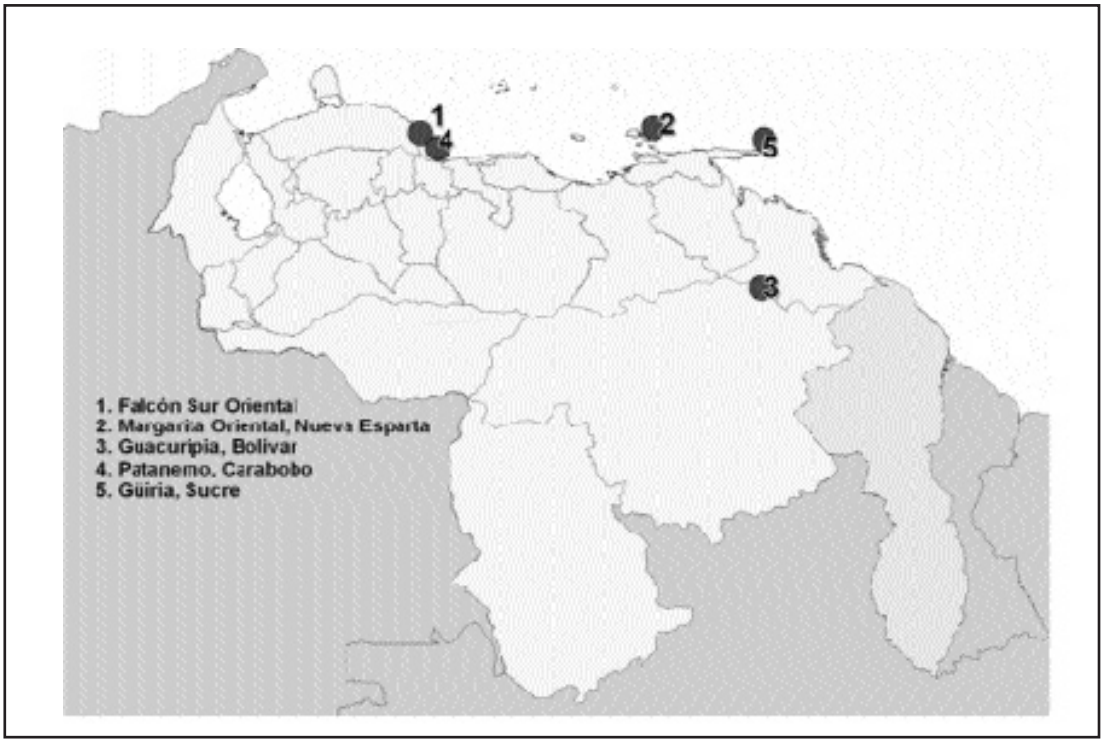


Figura V-23. Depósitos de Dolomías en Venezuela

• **Formación Carorita.** La parte superior de la formación está compuesta de calizas lenticulares que pasan lateralmente a areniscas calcáreas y silíceas. Las calizas tienen hasta dos metros de espesor. Localidad: Norte de Barquisimeto a Carorita, estado Lara.

• **Formación Mamey.** Consiste esencialmente de esquistos sericíticos con calizas arenáceas intercaladas. Localidad: Sanare, estado Lara.

• **Formación Aguas Blancas.** La unidad de una sección basal de 20 metros de espesor de calizas, a continuación siguen filitas intercaladas con calizas y cuarcitas. Localidad: flanco meridional de la Serranía del Interior desde Aguas Blancas hasta San Rafael de Onoto, estado Portuguesa.

• **Formación Guárico.** Es esta formación la unidad de calizas arrecifales ocurren topográficamente en forma de morros elevados. Localidad: en la región entre San Juan de los Morros y San Sebastián, estado Guárico y en San Casimiro, estado Aragua.

En la Figura V-21 se muestra un mapa con la ubicación de los depósitos de rocas carbonáticas.

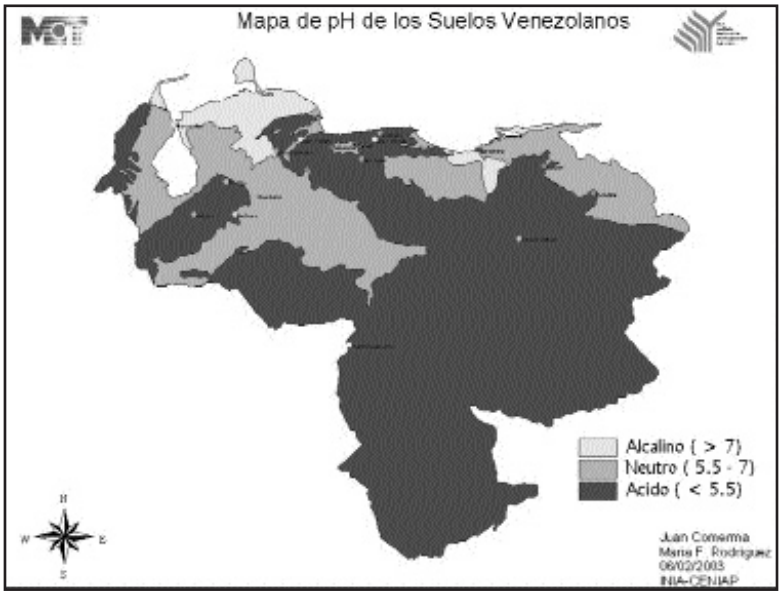
Composición Química de las Calizas

La calidad de las calizas varía según los diferentes yacimientos. La localidad de un yacimiento de caliza está en relación directa con la concentración (%) de calcio (CaO_3) que posea y al grado de cristalización presente en el yacimiento. En el Cuadro V-32 se muestran los análisis de las calizas provenientes de diferentes regiones y formaciones del país. Estos análisis denotan que las calizas de donde provienen las muestras dan un promedio aceptable para los usos industriales.
Las reservas probadas y probables de calizas según la Compañía Nacional de Cal (CONACAL) es de 3.419.100.000 toneladas, las que distribuyen de la siguiente forma (Cuadro V-33).

Con relación al uso de las calizas y dolomías, el mismo es amplio. Un esquema se muestra en la Figura V-22

Cal Agrícola

Composición Química
Granulometría



Potencial Geológico Minero - Dolomías

Los yacimientos de dolomitas, que se conocen en Venezuela se encuentran en los estados Bolívar, Falcón, Sucre y Nueva Esparta.

Estado Bolívar

Las rocas dolomíticas ocurren en la Sierra de

Imataca, en el Distrito Piar del estado Bolívar, asociadas al complejo metamórfico de Imataca. Los yacimientos están ubicados al Este del Pueblo de Upata, en las serranías de Guacuripia, donde alcanzan los mayores espesores a lo largo de más de veinte kilómetros en las siguientes localidades: Cerro Paja, Cerro Hacha, Cerro Abanico, y San Rafael. Estos yacimientos son explotados por la Corporación Venezolana de Guayana (CVG).

Los análisis de la dolomita de la región indican que están constituidas de la manera siguiente: 20 por ciento de MgO y 80 por ciento de CaO, SiO_2 y Al_2O_3.

Las reservas probables de la región se estiman por encima de los 50 millones de toneladas métricas y las reservas posibles en más de 100 millones de toneladas métricas.

Estado Falcón

En el estado Falcón las dolomitas se encuentran en la Formación Capadare, la cual consiste en calizas, lutitas calcáreas, lentes de arenisca y dolomitas. Las grandes reservas de dolomitas se encuentran en una faja o capa que se extiende por más de 40 kilómetros desde Morrocoy hasta el Cerro Misión, en la vecindad de Riecito. Los espesores de las capas de dolimitas oscilan entre 30 y 100 metros. La dolomita es de color amarillento y bien estratificada. En su mayor extensión, las capas estructuralmente se encuentran en posición horizontal. Según el análisis químico, esta dolomita es muy magnesiana, siendo el contenido de magnesio ($MgCO_3$) mayor de 30 por ciento.

Estado Sucre

En la sección central de la Península de Paria, en la vecindad de Puerto Macuro, aflora la Formación Patao del Grupo Cariaquito, el cual en esta región consiste en calizas marmóreas y calizas magnesianas o dolomitas. En los niveles de mármoles de la Miembro Patao, la capa

Característica	Calcita del Estado Aragua	Dolomita del Estado Anzoátegui
Equivalente Químico (EQ, %)	93	108
Eficiencia Granulométrica (EG, %)	80	100
Poder Relativo de Neutralización Total	75	108

inferior es la más dolomitizada. El volumen de estas capas ha sido estimado en 20 millones de toneladas métricas. Las grandes calizas del Miembro Patao presentan mejores condiciones de explotación. Sus afloramientos se extienden en forma interrumpida desde Patao, al Este, hasta más al Oeste del meridiano de Güiria, con una longitud de 25 kilómetros y un espesor variable entre 150 metros y 200 metros.

Los afloramientos de los Morros de Patao presentan reservas superiores a los 20 millones de metros cúbicos. La caliza tiene el siguiente análisis químico promedio: SiO_2 (5,5%), R_2O_3 (3,0%), $CaCO_3$ (66,5%), $MgCO_3$ (25,0%) y P (0,2%).

Los afloramientos de Puerto de Hierro (Cerro de la Antena) muestran reservas de calizas superio-

	pH del suelo						
Textura del suelo	*< 4,5*	*4,5 – 5,0*			*5,0 – 5,4*		
Gruesa (kg/ha a agregar)	1.000	500			300		
	< 4,5	*4,5 – 5,0*			*5,0 – 5,4*		
		Contenido de calcio en el suelo					
Textura del suelo		*Bajo*	*Medio*	*Alto*	*Bajo*	*Medio*	*Alto*
Media (kg/ha a agregar)	2.500	1.500	500	0	1.000	330	0
Fina (kg/ha a agregar)	4.500	3.000	1.000	0	1.250	830	0

res a los 10 millones de metros cúbicos, con el siguiente análisis promedio: SiO_2 (0,8%), R_2O_3 (2,7%), $CaCO_3$ (83,0%) y $MgCO_3$ (12,5%).

Hacia el oeste disminuye la proporción de magnesio, hasta un promedio de 7% de $MgCO_3$, pero la sílice permanece alta (± 65)

Estado Nueva Esparta

Región	*Superficie (ha)*	*Requerimientos de CO_3Ca (tm)*
Central	67.281	106.813
Oriental	290.145	275.045
Llanos Centrales	293.771	384.865
Llanos Occidentales	125.016	108.280
Centro Occidental	78.397	105.249
Andina	86.036	120.665
Zuliana	51.439	38.155
Territorios Federales	9.981	8.976
Total Nacional	***1.002.066***	***1.148.049***

Las dolomitas se encuentran en el Grupo Los Robles, el cual aflora en la Isla de Margarita a unos 20 kilómetros al Oeste de los puertos de Porlamar y Pampatar, ocupando una estrecha faja en dirección Norte-Sur desde el Cerro El Pilar hasta las faldas del Cerro Matasiete. La dolomita se presenta como mármoles uniformes en la parte inferior de la Formación Los Robles. La dolomita se presenta en capas uniformes, masivas blancas y verdes claros, en espesores que sobrepasan los 40 metros.

Carbonatos. Su uso en la agricultura de Venezuela

El 80% de los suelos de Venezuela de acuerdo a su pH corresponden a suelos ácidos, el 16% a suelos neutros y 4% a suelos alcalinos (Figura 9). En general, se puede decir que en el país predominan claramente los suelos de mediana a alta evolución, lavados o con bajas saturaciones de bases, pocos minerales meteorizables, bajas capacidades de retención de cationes, ácidos y con moderadas a altas saturaciones con aluminio, pero bajos en materia orgánica (Casanova, 2005). Los órdenes de suelos que predominan corresponden a Ultisoles, Oxisoles, Alfisoles e Inceptisoles de alta evolución. En dichos suelos se evidencia el gran potencial de la calcita y la dolomita como práctica de manejo para neutralizar la acidez y el yeso, tanto en suelos ácidos como alcalinos, como fuente de calcio.

Figura V-24. Mapa de suelos alcalinos, neutros y ácidos de Venezuela (Fuente: INIA-CENIAP).

En el caso de la calcita y dolomita, fundamentalmente se usan en el proceso de encalado de los suelos ácidos combinado con otras prácticas de manejo como el uso de cultivos tolerantes a condiciones moderadas de acidez, la incorporación de residuos vegetales y el manejo integrado de los nutrimentos.

En Venezuela existen aproximadamente 86 yacimientos de cales agrícolas, de las cuales sólo 18 son de naturaleza dolomítica y 68 de tipo calcítico. Una de las características que se mide en estas enmiendas es el Equivalente Químico (EQ) o Poder Neutralizador. Se considera que los materiales con menos de 80 % de EQ son de baja calidad. La calcita del yacimiento del Estado Aragua presenta un EQ 93 %, mientras que la dolomita del Estado Anzoátegui presenta un valor de 108 % y una relación Ca:Mg de 10:1 considerada como ideal.

Otro aspecto tenido en cuenta es el tamaño de partícula o la fineza de la cal que, por aumento de la superficie de contacto, determina su velocidad de reacción. Para estimar la fineza o Eficiencia Granulométrica (EG), se cierne el material en una serie de mallas de diferente tamaño. Los ma-

[1] *Centro de Estudios para la Sustentabilidad - Universidad Nacional de San Martín - nizquier@unsam.edu*

teriales que pasan completamente la malla 60 tienen 100% de efectividad y reaccionan entre 15 días a 6 meses, dependiendo de la humedad, textura, etc. La condición ideal es que el 100% del material pase por la malla 8 y entre el 70 - 80 % pase por una malla de 60. En el caso de la calcita y dolomíta mencionadas anteriormente, poseen una EG de 80 y 100 %, respectivamente, lo cual muestra a la calcita con gránulos más grandes en su composición y a la dolomíta con un tamaño ideal para reaccionar con el suelo.

Con estas dos características, al igual que en otros países, se determina el Poder Relativo de Neutralización (PRNT), el cual permite evaluar de manera conjunta el EQ y EG. El Poder Relativo de Neutralización se obtiene multiplicando la EG por EQ y dividiendo por 100. El PRNT expresa el porcentaje de la cal que es capaz de reaccionar en un período entre 15 días a 3 meses. Mientras mayor es el PRNT, más reactiva es la cal. Para el ejemplo anterior, la calcita tiene un PRNT de 75 mientras que la dolomita es de 108, por lo tanto en la calcita el 75% del producto reaccionará entre 15 días a 3 meses, mientras que el resto (25%) reaccionará posteriormente. En el Cuadro V-37 se presentan las características de la calcita y dolomita del país.

Cuadro V-37. Características de calcita y dolomita comercializadas en Venezuela para uso agrícola.

Las recomendaciones de los servicios de asistencia técnica incluyen la incorporación de la enmienda en los primeros 15 a 20 cm de suelo; en los cultivos perennes como árboles y frutales debe distribuirse en el círculo donde se concentran las raíces. Se debe evaluar el efecto residual tomando muestras de suelos en forma periódica antes de la siembra del cultivo, para verificar el nivel de pH, porcentaje de saturación con aluminio, calcio y magnesio intercambiable.

Si bien se conocen varias metodologías para calcular la dosis a utilizar, que consideran el aluminio intercambiable, el porcentaje de saturación del mismo hasta un nivel crítico, o el porcentaje de saturación de base deseado, el más utilizado se basa en la textura del suelo (Cuadro V-38).

Cuadro V-38. Recomendación de carbonato de calcio a utilizar para suelos de texturas gruesa y medias a finas en Venezuela.

De acuerdo a López de Rojas et al. (1989) el 25,4% de los suelos de Venezuela posee un pH por debajo de 4,5, los cuales requerirían entre 1000 y 4500 kg/ha de CO_3Ca; el 34,7% con pH entre 4,5 - 5,0 cuyos requerimientos están entre 500 - 3000 kg/ha de CO_3Ca; el 39,9% con pH entre 5,1 - 5,4 con requerimientos entre 300 y 1250 kg/ha de CO_3Ca y sólo se considera que el 15,5% de los suelos se encuentra bien provisto de calcio. Los autores estiman que la superficie total por regiones con pH menor a 5,5 es la que se presenta en el Cuadro V-39.

Cuadro V-39. Estimación de la superficie total por regiones de Venezuela con pH menor que 5,5.

Algunos resultados que se obtuvieron al corregir la acidez edáfica son sorprendentes, en el Estado de Guárico el rendimiento del maíz se incrementó en un 69% con el agregado de 1000 kg/ha de dolomita; en el Estado de Monagas los rendimientos del frijol aumentaron de 480 a 2300 kg/ha al disminuir la saturación con aluminio de 65 a 10%. La producción de caña de azúcar en el Estado Táchira alcanzó las 100 Tm/ha con similar reducción en la concentración del aluminio.

Panorama de mercado de carbonatos

Natacha Izquierdo González [1]

La oferta mundial de cal en el 2003 comparada con el 2002, experimentó una leve caída del 0.8%, invirtiendo la tendencia observada en el 2002 respecto al 2001. El volumen producido fue de 117.350 millones de toneladas. China y Estados Unidos son los principales productores siendo responsables del 35.5% de la producción mundial.

En general la oferta esta compuesta por numerosas pequeñas y medianas empresas que conforman una estructura muy atomizada.

Debido a su bajo valor, el alto impacto del costo de transporte y la disponibilidad del producto en la mayoría de los países, la tendencia es que sea consumido en el mercado local del país donde se produce.

Argentina

En el 2003, la producción de caliza, se localizó en las regiones de Centro (45%), Nuevo Cuyo (33%), NOA (15%) y Patagonia (7%). El volumen producido fue de aproximadamente 8.120.000 toneladas. Dicha producción se ha ido recuperando en los últimos años, luego de la caída experimentada en los años 2000 - 2001 aunque sin llegar a los volúmenes de la década del ´90.

La oferta local de caliza es sumamente amplia y cuenta con numerosa cantidad de empresas. Dado que la producción de caliza está íntimamente relacionada con la obtención de cal y cemento, la mayoría de los productores concluyen la cadena de valor como fabricantes de estos productos finales. La oferta es absorbida principalmente por la industria de la construcción para cemento, cal o agregado. Es difícil determinar el volumen que se aplica como cal agrícola, ya que muchas de las ventas se realizan en forma directa y no llegan a registrarse. Aproximadamente, el 1% se destina a la fabricación de cal (82.000 t), de las cuales el sector agrícola consumiría alrededor de 25.000 toneladas en forma directa.

Prácticamente, el comercio exterior para este uso es nulo, debido al bajo valor del producto que no soporta altos costos de fletes.

Brasil

En 2003, de acuerdo con la Associação Brasileira de Produtores de Calcário Agrícola - ABRACAL, la producción de calizas agrícolas, en la cual esta incluida la dolomita agrícola e los productos derivados, fue de aproximadamente 27,4 millones de toneladas presentando un aumento de 21,9% en relación al año anterior. Los estados principales productores son, Paraná donde se concentra 24.0% de la producción nacional, seguida por Mato Grosso (19,2%), Minas Gerais (14,0%), Goiás (11,0%), São Paulo (10,6%) y Rio Grande do Sul (8,9%). Las reservas de caliza son abundantes, a pesar de los altos niveles de consumo de las mismas en sus principales usos como cemento, cal, correctivos de suelos, etc.

La producción de cal estuvo en el orden de las 6.6 millones de toneladas. Dicha producción se lo-

caliza principalmente en la región Sudeste, tradicional productora, responsable del 85%, seguida por el Noroeste con 6.7%, Sur con 4.7%, Centro Oeste con 2.2% y Norte con 0.3%.

El comercio exterior es poco significativo no superando las 5.000 toneladas. La producción local destina el 99% al mercado doméstico.

El consumo nacional aparente fue de aproximadamente 26,5 millones de toneladas presentando un aumento de 18,7% en relación al año anterior. De acuerdo a la ABRACAL las necesidades Brasileñas relativas a las calizas agrícolas es superior a 70 millones de toneladas/año, debido a la acidez de grande parte de sus suelos.

Chile

Los depósitos de caliza se encuentran distribuidos en las regiones I - XIII, de acuerdo a sus relaciones genéticas. De acuerdo al desarrollo de las deposiciones e historia geológica de diferentes años presentan características determinadas en términos de contenido de $CaCO_3$, reservas y explotabilidad y poseen rangos desde calizas blancas recristalizadas hasta calizas grises y más suaves.

Se encuentran en Chile, alrededor de 29 depósitos de calizas, de los cuales 21 están en explotación. El 53% de estos se destinan a la producción de cal y los restantes a la manufactura de cemento.

La producción esta en el orden de los 5.9 millones de toneladas distribuidos de la siguiente manera; Región Metropolitana (36.9%), II Región (16.1%), V Región (14.91%), XII Región (12.12%), III región (10.06%), IV Región (7.91%) y VI Región (2.01%). El 69% se usa en la manufactura de cemento, el 30 % se destina a la producción de cal para actividades mineras y calcinación, y en la producción de pulpa y papel y solo un 1% se destina a la agricultura.

En Chile la producción de calizas se desarrolla en siete de las trece regiones en manos de pequeñas a medianas empresas, que producen caliza y cal y grandes compañías productoras de cemento y cal.

No se registran exportaciones pero si se realizan importaciones de cal viva, apagada e hidráulica y de carbonato de calcio por un volumen de 182.500 toneladas. El consumo aparente interno esta en el orden de las 6 millones de toneladas de las cuales solo se destinan a la agricultura cerca de 60 mil toneladas.

Latinoamérica

En Venezuela, la potencialidad para el uso de calcita y dolomita esta dada por las condiciones de sus suelos y por los cultivos anuales y permanentes que se siembran o están establecidos en las diferentes regiones del país. En el caso de la calcita y dolomita fundamentalmente se usan en el proceso de encalado de los suelos ácidos combinado con otras prácticas de manejo como

el uso de cultivos tolerantes a condiciones moderadas de acidez, la incorporación de residuos vegetales y el manejo integrado de los nutrimentos. De acuerdo a su pH se evidencia que el 80% corresponden a suelos ácidos, 16% a suelos neutros y 4% a suelos alcalinos.

Las reservas de los yacimientos de calcita y dolomita en Venezuela son de 741 MMT, la producción en el 204 fue de 480.000 ton, consumidas en su totalidad en el mercado local. La importación nacional es prácticamente cero. Los requerimientos de cal agrícola para el plan de siembra 2005 de acuerdo a la superficie estimada de siembra por el Ministerio de Agricultura y Tierras se estimó en 1.381.171 ton.

De acuerdo a Rojas et al. (1989) en Venezuela existen 1.002.066 ha de suelos ácidos con pH inferiores a 5.5 y que requerirían de aplicaciones de cal agrícola en el orden de 1. 381.171 TM. Se observa la diferencia notable entre el actual consumo y los requerimientos de los suelos con pH inferiores a 5.5. La caliza en Venezuela además del consumo agrícola tiene usos en la Siderúrgica, en construcción y en la cría de camarones.

En México, la calcita es un mineral muy abundante, su acumulación en el suelo es propiciada bajo climas árido y semiárido, los cuales cubren el 82% de la superficie del país, especialmente en el Norte.

Por lo anterior, las necesidades de encalado se circunscriben a los suelos ácidos con clima cálido húmedo del Sureste del país, que en total representan el 6.7% del territorio nacional. En esta zona dominan los suelos dedicados a la ganadería y los cubiertos de vegetación natural, por lo que la práctica de encalado no está muy extendida. El consumo de cal agrícola en el país no está bien determinado debido entre otras razones, a que parte de la cal que se aplica al campo es adquirida como cal hidratada para construcción; sin embargo es muy probable que no supere 20,000 ton año (Aguilar et al., 1994).

Respecto a Colombia, existen suficientes fuentes naturales de carbonatos, especialmente a lo largo de la Cordillera Oriental cuya explotación se realiza para usos industriales o agrícolas, dependiendo de la demanda. La producción nacional se estima en 45.000 toneladas / año. Colombia importa algún volumen de este material, pero los registros de comercio exterior muestran que en los últimos años se han reducido significativamente). La mayor parte de estas importaciones provienen de USA y las exportaciones tienen como destino el Ecuador. En lo relacionado con las enmiendas o acondicionadores inorgánicos, el mercado ha venido fluctuando entre las 63000 y las 89000 toneladas, siendo el mayor consumo el de las dolomitas (35%), seguido por el yeso (21%), las calizas (15%), las cales magnesianas (mezclas de silicatos de magnesio con yesos y/o carbonatos de calcio, 11%), las serpentinas (silicatos de magnesio, 5%) y en menor proporción el azufre (6%), las magnesitas (5%) y la cal apagada (1%). Cabe destacar que además del anterior, existe un mercado informal no cuantificado de calizas, cal viva, cal apagada y yeso que, salen directamente de las minas o los molinos a las fincas y no cuentan con seguimiento del ICA (mercado informal).

BIBLIOGRAFIA

Cochrane, T.; J. Salinas. Y P. Sánchez. 1980. An equation for liming acid mineral soils to compensate crops aluminium tolerance. Tropical Agriculture 57 (2): 133-140.

OYHANTÇABAL, P; SPORTURNO, J y HEIMAN, A. 2000: Rocas y minerales industriales de Uruguay en Rocas y Minerales Industriales de Iberoamerica, CYTED.

PONCE DE DE MAIO, M.B. 2000: Rocas y minerales industriales de Argentina en Rocas y Minerales Industriales de Iberoamerica, CYTED.

ARGENTINA

AENOR - Asociación Española de Normalización y Certificación

UNE 142-102 : 94 Fertilizantes y acondicionadores del suelo - Etiquetado.

UNE 142-401 : 94 Fertilizantes y acondicionadores del suelo - Fertilizantes sólidos

UNE 142-402 : 94 Fertilizantes y acondicionadores del suelo - Presentación de los protocolos de las tomas de muestras.

UNE 142-403 : 94 Fertilizantes y acondicionadores del suelo - Muestras finales - Disposiciones prácticas.

ANGELELLI, V.; SCHALAMUK, I. Y ARROSPIDE, A. 1976: Los yacimientos no metalíferos y rocas de aplicación de la Región Patagonia-Comahue. Ministerio de Economía, Secretaría de Minería, Anales XVII, Buenos Aires, Argentina.

ASTM - American Society for Testing and Materials
C 602: 90- Standard Specification for Agricultural Liming Materials.
C 50-86: 91 - Standard Methods of Sampling, Inspection, Packing and Marking of Lime and Limestone Products.
C 25 : 92 - Standard Test Methods for Chemicals Analysis of Limestone, Quicklime and Hydrated Lime.

ATLAS DE SUELOS DE LA REPÚBLICA ARGENTINA. Escala 1:500.000 y 1:1.000.000. Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca. INTA, CNIA. Tomos 1y 2.

CRUZATE, G. Y CASAS, R. 2003. Necesidades de Nutrientes en la Agricultura Argentina. Presentación en la Jornada Internacional Uso de minerales para una Agricultura Sustentable. CYTED-Cámara Argentina de Productores Mineros. Pergamino, 11 - 12/09/03.

DOMINGUEZ, E y SCHALAMUK, I. 1999: Recursos minerales de las sierras septentrionales, Buenos Aires en Recursos Minerales de la República Argentina, IGRM, SEGEMAR, ales35:183-190.

ESPEJO, P. 1999: Calizas y dolomías del departamento Valcheta, IGRM, SEGEMAR, Delegación Gral. Roca

GAMBAUDO, S. 2003. La Acidez del Suelo en la Región Pampeana. pp: 193-216. EN: Nielson, H y R. Sarudiansky (Ed.). Fertilizantes y Enmiendas de Origen Mineral. Ediciones Panorama Minero. 283p

GIORGI, R. Cálculos realizados en base al Atlas de Suelos de la Rep. Argentina. (Comunicación personal).

HARBEN, P. 1995: The industrial Minerals HandyBook II, 2° Ed.

HERRMANN, C y MENOYO, E. 1999: Yacimientos de calizas y dolomías de la precordilla, San J y Mendoza. Recursos Minerales de la República Argentina, SEGEMAR, Anales 35: 697-712, Buenos Aires.

IRAM. 1997. Instituto Argentino de Normalización. Norma 22451. Materiales Calcáreos para Uso Agropecuario. Requisitos y Métodos de Ensayo.Buenos Aires, Argentina. 18p.

LORENZ, W. 1999: Mineral Raw Materials, Part II, BGR, Tübingen, German.

MICHELENA, C; R. MON Y R. IRURTIA. 1997. Los suelos ácidos de la Argentina. Presentación en las Segundas Jornadas Nacionales de Encalado. Universidad Nacional de Córdoba-Universidad Tecnológica Nacional. Vaquerías (Córdoba), 13-14/11/97.

PONCE DE DE MAIO, M. B. 2000: Rocas y Minerales Industriales de Argentina en Rocas y Minerales Industriales de Iberoamérica, CYTED, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid.

RAMOS, V. 1999: Las provincias geológicas del territorio argentino en Geología Argentina, IGRM, SEGEMAR, Anales 29 (3): 41-96, Bs. As.

SCHALAMUK, I, FERNANDEZ, R. Y ETCHEVERRY, R. 1983: Los yacimientos minerales no metalíferos y rocas de aplicación de la Región NOA. Ministerio de Economía, Subsecretaría de Minería, Anales XX, Buenos Aires, Argentina.

SFRAGULLA, J.; JEREZ, D. Y BONALUMIN, A. 1999: Mármoles y otras rocas carbonáticas de Córdoba. En Recursos Minerales de la República Argentina, IGRM, SEGEMAR, Anales 35:271-295, Buenos Aires.

SUAYTER, L. Y URDANETA, A. 1974: Estudio y evaluación de los depósitos calcáreos y yeso de la sierra de La

Ramadita y zonas adyacentes. Bol. Minero de la Dirección Prov. De Tucumán, Año I, N° 1.

SUAYTER, L. Y URDANETA, A. 1979: Peñas Azules. Estudio geológico del yacimiento. Dir. Prov. Min. De Tucumán. Bol. Minero N° 2, p. 6-15, Tucumán.

BOLIVIA

COQUEUGNIOT, A. Y JUNCO, J. (A). 2003 Mapas de suelos del Trópico de Cochabamba e identificación de restricciones edáficas para cultivos de banano, palmito, piña y pastos. www.inpofos.org.

COQUEUGNIOT Y JUNCO (B). 2003 Los suelos del Trópico de Cochabamba (Bolivia): Identificación de restricciones edáficas para cultivos de banano, palmito, piña y pastos.EN: www.inpofos.org. julio 2005.

http://www.bolivianet.com/mineria/

MAMANI ALIZARES, E y BEJARANO, E 2000: Rocas y minerales industriales de Bolivia en Rocas y Minerales Industriales de Iberoamerica, CYTED.

BRASIL

ABRACAL - Associação Brasileira dos Produtores de Calcário Agrícola, 2001. Consumo Aparente de Calcário Agrícola no Brasil, 2000.

ABRACAL - Associação Brasileira dos Produtores de Calcário Agrícola, 2000. Comercialização de Calcário Agrícola - Brasil 2000.

AGNELLO, V. N., 2002. Limestone and dolomite in South África, Notas pessoais

AGRONELLI - AGRICULTURA AVANÇADA, 2002. Gesso Agrícola.

(http://www.agronelli.com.br)

ALBUQUERQUE, G. S., 2001. Fertilizantes na Iberoamérica, Palestra proferida durante a reunião da Rede Temática sobre Fertilizantes em Iberoamérica, 2001

BECKER, F. C., 1996. Calcários Agrícolas, Palestra proferida durante o I Workshop do Programa de Avaliação Geológica-Econômica de Insumos Minerais para Agricultura no Brasil - PIMA, Relatório Final, CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Rio de Janeiro, 1996

BRUVEL, F. 1999. Limestone, Department of Mines and Energy of Australia (http://www.nrm.qld.gov.au/resourcenet/mines/commodities/pdf/lime.pdf)

CALCAREOUS SOILS. Land and Plant Nutrition Management Service, ProSoil - Problem Soils Database, FAO (http://www.fao.org)

CEPA/SC - Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina,1997

CHRISTIE, T. et al. 2000. Limestone, marble and dolomite, Mineral Commodity Report 21, Institute of Geological and Nuclear Sciences Ltd., Nova Zelândia,

(www.med.govt.nz/crown_minerals/minerals/ docs/comreports/report21_limestone.pdf)

COELHO, F. S. & VERLENGRA, F. 1973. Fertilidade do Solo, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. 384 p

CORRÊA, P. R. S. & FILHO, O. M., 2001. Síntese das necessidade de Calcário para Solos dos Estados da Bahia e Sergipe, Superintendência Regional de Salvador, CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Salvador - 2001

COSTA, B. M. da, 2000. Uso do Calcário em Pastagens, Departamento de Zootecnia, Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2000

DEPARTMENT OF MINERALS AND ENERGY, 2001. Environmental Management Plan, Republic of South Africa, 2001 (Compiled in terms of section 11(2) of the National Environmental Management Act, 1998 - Act nr. 107 of 1998)

DRAHOVZAL, J. A., 2001. Limestone. KGS - Kentuchy Geological Survey, University of Kentucky, Lexington, USA, 2001.

DUVAL, J. 2000. 149 Limestone and Dolomite, Department of Minerals and Energy, Republic of South Africa (http://www.dme.gov.za)

DUVAL, J. et al. 2000. 125 Industrial Minerals - Overview, Department of Minerals and Energy , Republic of South Africa (http://www.dme.gov.za)

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1999. Recomendações Técnicas para a Cultura de Soja no Paraná - Safra 2000/2001

EBDA/CBPM - Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola S.A./Companhia Baiana de Pesquisa Mineral - Calcário agrícola: diagnóstico da oferta e da demanda no Estado da Bahia. Salvador: 1998 - 73p.il. (EBDA. Documentos, 8).

FAVERET, P. et al. 1997. AGROINDUSTRIA - Calcário, (Informe Setorial no 12, novembro/97 - BNDES/FINAME - BNDESPAR

FEALQ - Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", Estudo Nacional do Calcário Agrícola, Universidade de São Paulo - USP, 1983

FERREIRA, C.R.R.P.T. & VEGRO, C.L.R. 2001. CALCÁRIO AGRÍCOLA: consumo nacional em alta. Instituto de Economia Agrícola do Estado de São Paulo

FERREIRA, C.R.R.P.T. & VEGRO, C.L.R. 2001. CALCÁRIO AGRÍCOLA: perspectivas de aumento nas vendas à citricultura em 2001. Instituto de Economia Agrícola do Estado de São Paulo

FONSECA, M. R. C. B. da, 2002. Tecnologia Ambiental para o Desenvolvimento Sustentável em Polo Produtor da Cal. Municípios de Santa Maria do Cambucá (PE), Vertente do Lério (PE), Santa Cecília (PB) e Umbuzeiro (PB) - Projeto Básico, Paraíba - 2002

FRANCO, B. de A. & SOUZA JÚNIOR, L. C. de, 2000. Estudo do Mercado de Calcário para Fins Agrícolas no Estado de Pernambuco, Superintendência Regional de Recife, CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2000

GOEDERT, W.J. & LOBATO, E., 1988. In: XXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Campinas-SP, pg. 101-108, 1988

GOMES, A. P. 1996. Programa de Avaliação Geológica-Econômica de Insumos Minerais para Agricultura no Brasil - PIMA, I Workshop, Relatório Final, CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Rio de Janeiro, 1996

GUIMARÃES, J. E. P. 1978. Calcários e Dolomitos no Brasil - Usos e Mercados. Associação Brasileira dos Produtores de Cal.

INDUSTRIAL MINERALS OF VICTORIA, Limestone

JUNIOR, L. C. de S., 2001. Estudo dos Níveis de Necessidade de Calcário nos Estados de Pernambuco, Alagoas, Paraná e Rio Grande do Norte, Superintendência Regional de Recife, CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Recife - 2001

JUSTO, L. J. E. C. 1996. Programa de Avaliação Geológica-Econômica de Insumos Minerais para Agricultura no Brasil - PIMA, I Workshop, Relatório Final, CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Rio de Janeiro, 1996

LAZCANO-FERRAT, I., 2000. Calagricola:Conceptos Basicos para la Produccion de Cultivos, 2000

MALAVOLTA, E. 1989. ABC da Adubação, São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1989. 292p

MILLER, M. M. 2000. Lime, U.S. Geological Survey Minerals Yearbook - 2000

MONT´ALVERNE, A. A, F. 1981. Calcários: Considerações Gerais e Aplicações Tecnológicas, Recife, Universidade Federal de Pernambuco.

NEWMAN, H. R., 2000. The Mineral Industry of France, United States Geological Survey - USGS

(http://www.minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country/9414097.pdf)

NOGUEIRA, L. 2002 . Acidez do Solo: saiba como corrigir.

(http://www.garden.com.br/jardim)

PEREIRA, C. de M. & CAVALCANTI, R. N., 2003 . Calcário Agrícola - Caracterização da produção e consumo em São Paulo, Revista Brasil Mineral, Ano XIX - No 212, Dezembro/Janeiro 2003.

RESENDE, N. das G. de A. da M., 2001. Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais nos Estados do Pará e Amapá, Superintendência Regional de Belém, CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Belém - 2001

ROCHES CARBONATES , MINÉRAUX INDÚSTRIELS. Ministère de la Agriculture, France,

(http://www.drire-lr.org/publications/ressources/roche.html- 10k)

RURAL Business - Correção e Manutenção da Fertilidade do Solo

(http://www.ruralbusiness.com.Br)

SÁ, C. M. G. de, & MARCONDES, A. 1985. Calcário para Corretivo de Solo em Goiás - Diagnóstico e Alternativas

para Abastecimento. Goiânia, METAGO.

Souza, D.M.G de y E. Lobato. 2002. En: Correcao de acidez do solo. Ed: Souza, D.de y E. Lobato. Correcao do Solo e Adubacao. Planaltina-DF. pp. 81-96

TEPORDEI, V. V. et al. 2000. Stone, Crushed. United States Mineral Resources, Professional Paper, U. S. Geological Survey Minerals Yearbook - 2000

TOWNER, R. 2002. Notas pessoais, Minerals Division, Geoscience Australia

USGS - UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY, 2000. Crushed Stone Statistics and Information, USGS Minerals Information (http://minerals.usgs.gov)

VAGT, V. 1997. Lime. Minerals and Metals Sector, Natural Resources Canada, Canadian Minerals Yearbook, 1997

VAN RAIJ, B. 1991. Fertilidade do Solo e Adubacao. Edit. Agronómica Ceres. Asociación Brasileña para la Investigación del Potasio y del Fósforo. San Pablo. 343 p.

YAMADA, T. 2004. The Cerrado of Brasil: a succes story of production on acid soils. Conferencia y Exibición de Fertilizantes Cono Sur, British Sulphur 2004. Punta del Este, Uruguay. Mimeo, 5p.

YUNCONG, L., 2000. Calcareous Soils In Miami-Dade County, University of Florida, Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences

(http://edis.ifas.ufl.edu)

COLOMBIA

CASTRO, D. 2005. Los suelos de Colombia. EN:

http://www..sogeocol.com.co/documentos/05loss.pdf. - julio 2005

http://web.minambiente.gov.co/biogeo/menu/biodiversidad/ecosistemas/geomapa.GIF

http://minerals.er.usgs.gov/minerals/pubs/commodity

JARAMILLO, D. 2004. El recurso suelo y la competitividad del sector agrario colombiano. Cátedra Pedro Gómez, Universidad Nacional de Colombia. EN: http//eris.unalmed.edu.co/jiagudel. Agosto 2005.

MAYA SANCHEZ, M; CARDENAS,C y FORERO, C 2000: Las rocas y minerales industriales de Colombia en Rocas y Minerales Industriales en Iberoamerica, CYTED.

SICARD, T. Y L. RODRÍGUEZ SÁNCHEZ. 2001. Ciencia, Tecnología y ambiente en la agricultura colombiana - Diagnóstico. Seminario Permanente sobre Problemas Agrarios y Rurales. Bogotá. En: http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/IDEA/2007223/lecciones/lect10_1.htlm agosto 2005

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICO. 2003. Mercado de los Insumos Minerales para la Producción de Fertilizantes. Subdirección de Planeación Minera. Bogotá. Informe Preliminar. 17p.

COSTA RICA

CARBALLO, L. Y E. MOLINA 1993. Caracterización física y química de materiales de encalado en Costa Rica. Agronomía Costarricense 17(2): 105-110.

DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA DE COSTA RICA. 1991. Aspectos técnicos sobre 45 cultivos agrícolas de Costa Rica. Caña de Azucar. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José. En: http://www.mag.go.cr/bibioteca_virtual_ciencia/tec_Ca%C3%B1a.pdf. julio 2005.

MAINO ROJAS, B. 2003. Manejo de la acidez del suelo. Instituto del Café de Costa Rica. Oficina Regional Pérez Zeledón. Boletín Informativo. Año 3, Nº 1: 4-7.

RODRÍGUEZ, A. Y A. PANIAGUA. 2005. La reforestación de Tectona grandis (Teca): necesidades nutricionales en los suelos de la Región de Huetar Norte de Costa Rica. En: http://www.una.ac.cr/inis/teca/articulos/factores/Amelia1.pdf. Agosto 2005.

CUBA

CITMA. 2003 Programa Nacional de lucha contra la desertificación y la sequía en la República de Cuba. Ministerio de Ciencia y Tecnología y Medio Ambiente. Agencia Medio Ambiente. La Habana, pp 38- 57.

COMISIÓN NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE. Plan Nacional de Conservación de Suelos. Comisión Nacional del Medio Ambiente y Ministerio de Agriculotura de Chile. Mimeo, 243p.

CHILE

CAMPILLO, R. Y SADZAWKA, A. 1993. Problemática de la acidez de lo suelos de la IX Región. II Manejo del encalado y sus implicancias. IPA Carillanca 12 (3): 8-12.

SANTIBAÑEZ, F.; ACEVEDO,E.; PERALTA,M.; DE LA FUENTE, A.; ARIAS, J.; MANTEROLA, H.; CHATEAUNEUF, R.; HERMOSILLA, W.; DE LA MAZA, C. Y RODRIGUEZ, M. 1996. Escenarios de crecimiento del sector agrario y posibles cambios en el uso del suelo. En: Sustenabilidad Ambiental del Crecimiento Económico Chileno. Ed: O. Sunkel. Santiafo, Chile.

SANTIBAÑEZ, F. Y URIBE, C. 1999. Origen, viabilidad y aspectos agroclimáticos de las sequías en Chile. En: Las Sequías en Chile. Causas, consecuencias y mitigación. Ed: A. Norero y C. Bonilla. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago.

SUÁREZ, D. 1996. La acidez de los suelos en Chile. Presentación en las Segundas Jornadas Nacionales de Corrección y Mejoramiento de Suelos con Encalado. Universidad Nacional de Córdoba -Universidad Tecnológica Nacional. Vaquerías, Córdoba 10 -12/09/1996.

MÉXICO

AGUILAR, S.A.; G. ALCÁNTAR Y J.D. ETCHEVERS. 1994. Acidez del suelo y encalado en México. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. 56 p.

ANÓNIMO. 2002. Panorama de materias primas e intermedios para fertilizantes en México. Fertilizantes América Latina 7(1): 21-27.

ARAIZA M.S. 2004. La industria y el mercado de fertilizantes en México a diez años de la privatización y globalización. XV Conferencia Fertilizantes América Latina. San José, Costa Rica.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGROLOGÍA. 1973. Unidades de suelos de la República Mexicana de acuerdo al sistema FAO-UNESCO. Tercer intento. S.A.R.H.

Páginas Web de consulta sobre minerales en México

www.economia.gob.mx/min. Secretaría de Economía. Agosto 2005.

www.coremisgm.gob.mx. Servicio Geológico Mexicano (antes Consejo de Recursos Minerales). Agosto 2005.

VICTORIA MORALES, A y BAEZ LOPEZ, J.A. 2000:Rocas y minerales industriales de México en Rocas y Minerales Industriales de Iberoamerica, CYTED

PERÚ

http://www.ingemmet.gob.pe

http://www.minem.gob.pe

MINISTERIO DE AGRICULTURA DE PERÚ. 2003. Formulación de una metodología para la recuperación de suelos degradados en zonas de cultivo de coca. Informe Final. Programa para el desarrollo de la Amazonía. 95p.

PERALES CALDERON,f.; GAGLUIFFI, P y QUIÑÓNEZ, J.2000: Rocas y minerales industriales de Perú en Rocas y Minerales Industriales de Iberoamerica, CYTED.

URUGUAY

DE SANTA ANA, H; VEROSLAVSKY, G; SÁNCHEZ, L; ROSSINI, C; AUBET, N; LOUREIRO, J. 2000. Caracterización Geológica y Minera de los Recursos Calcáreos para la Industria del Cemento en el Uruguay. Informe Final Proyecto CONICYT 3011 - Fondo Clemente Estable. 304 pp.-

DIRECCIÓN NACIONAL DE MINERÍA Y GEOLOGÍA 1980. Código de minería.

DIRECCIÓN NACIONAL DE MINERÍA Y GEOLOGÍA. Estadísticas Año 1979 a 2004: Información de Producción Minera, Volúmenes y Valores. Ministerio de Industria, Energía y Minería. Uruguay.