



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
PROGRAMA SEMIPRESENCIAL DE INGENIERÍA  
AGRONÓMICA  
SEDE EL ÁNGEL - CARCHI



**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Componente práctico del examen de grado de carácter complejo,  
presentado al H. Consejo Directivo, como requisito previo a la obtención  
del título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TEMA:**

“Incidencia de la aplicación del carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) como enmienda química en suelos de las comunidades Canchaguano, El Capulí, La Delicia y Fernández Salvador, pertenecientes al Cantón Montúfar, Provincia del Carchi”.

**AUTOR:**

Jaime Floresmilo Males Fuertes

**ASESOR:**

Ing. Manuel Eraclio Aguilar Aguilar, MSc.

El Ángel - Espejo – Carchi

2019



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA**



**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Componente práctico del examen de grado de carácter complejo,  
presentado al H. Consejo Directivo, como requisito previo a la  
obtención del título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TEMA:**

“Incidencia de la aplicación del carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) como  
enmienda química en suelos de las comunidades Canchaguano, El  
Capulí, La Delicia y Fernández Salvador, pertenecientes al Cantón  
Montúfar, Provincia del Carchi”

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

  
Ing. Agr. Oscar Mora Castro, MAE

**PRESIDENTE**

  
Ing. Agr. Carlos Barros Veas, MSc, MSc.

**VOCAL**

  
Ing. Marlon López Izurieta, MSc

**VOCAL**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo fruto de mi perseverancia y empeño se lo dedico especialmente a mi esposa Aura Cangas Ortiz y a mis hijos María Belén, Emily Nicole y Joel Sebastián quienes fueron mi inspiración constante durante este largo camino y que, sin su apoyo y comprensión no habría logrado cumplir mi sueño anhelado de llegar a ser profesional, a ellos dedico mi esfuerzo y los logros alcanzados en familia.

Jaime Floresmilo Males Fuertes

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero dejar constancia de mi profundo agradecimiento a mis padres María Ofelia Fuertes y Floresmilo Males Cuasquer quienes con sus consejos y formación en valores siempre me dieron los ánimos necesarios para conseguir mis sueños y metas, también un agradecimiento a todos los profesores de la Universidad Técnica de Babahoyo por brindarnos sus conocimientos de manera profesional y desinteresada un agradecimiento especial al Ing. Manuel Eraclio Aguilar Aguilar quien fue mi tutor y guía durante el desarrollo de este trabajo.

Jaime Floresmilo Males Fuertes

## **CONSTANCIA DE RESPONSABILIDAD**

Yo Jaime Floresmilo Males Fuertes, C/C: 175873387-5, certifico ante las autoridades de la Universidad Técnica de Babahoyo que el contenido de mi trabajo de titulación cuyo tema es: “Incidencia de la aplicación del carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) como enmienda química en suelos de las comunidades Canchaguano, El Capulí, La Delicia y Fernández Salvador, pertenecientes al Cantón Montúfar, Provincia del Carchi”.

De lo presentado como requisito de graduación de la carrera Ingeniería Agronómica de la FACIAG, ha sido elaborado en base a la metodología de investigación vigente, consultas bibliográficas y lincográficas.

En consecuencia, asumo la responsabilidad sobre el cuidado de las fuentes bibliográficas que se incluyen dentro de este documento.

Jaime Floresmilo Males Fuertes  
C.C.: 175873387-5

# ÍNDICE

<b>ÍNDICE</b> .....	<b>vii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>x</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>xi</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Objetivos .....	3
1.1.1. General .....	3
1.1.2. Específicos .....	3
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>4</b>
2.1. Carbonato de calcio.....	4
2.1.1. Propiedades Físicas .....	5
2.1.2. Propiedades químicas.....	5
2.1.3. Formas del carbonato de calcio.....	6
2.2. Uso agrícola .....	7
2.3. Obtención del carbonato de calcio .....	8
2.4. Peligro y toxicidad del Carbonato de Calcio .....	9
2.5. Acidez del suelo .....	9
2.6. El encalado .....	10
2.7. Materiales de encalado.....	11
2.7.1. Cal agrícola o calcita.....	11
2.7.2. Dolomita.....	11
2.7.3. Óxido de magnesio.....	12
2.7.4. Magnesita .....	12
2.7.5. Yeso .....	12
2.7.6. Silicato de magnesio .....	12
2.7.7. Enmiendas complejas.....	13
2.8. Clasificación de la acidez.....	13
2.8.1. Acidez activa:.....	13
2.8.2. Acidez intercambiable: .....	13

2.8.3. Acidez no intercambiable: .....	14
2.8.4. Acidez potencial:.....	14
2.9. Reacciones de la cal en el suelo .....	14
2.10. Origen de los suelos andinos.....	15
2.11. El carbonato de calcio como fertilizante y fungicida.....	15
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>17</b>
3.1. Ubicación del trabajo dimensión práctica.....	17
3.2. Materiales.....	17
3.3. Equipos.....	17
3.4. Métodos y técnicas de investigación.....	18
3.4.1. Métodos.....	18
3.4.2. Técnicas .....	18
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>19</b>
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>23</b>
5.1. Conclusiones .....	23
5.2. Recomendaciones.....	24
<b>VI. Bibliografía .....</b>	<b>25</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Anexo 1: Análisis de suelo sectores Montúfar .....	28
Anexo 2: Ficha técnica de silicato de calcio ATRAPADOR .....	32
Anexo 2: Ficha técnica carbonato de calcio Calizas SAN ANTONIO .....	33
Anexo 3: Ficha técnica DOLOMITA .....	34
Anexo 4: Ficha técnica SILIC .....	35
Anexo 5: Imagen Satelital ubicación del cantón Montúfar .....	36
Anexo 6: Galería fotográfica .....	36

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1:</b> Resultados de los análisis de suelos de cuatro sitios de la zona de Montúfar, en el estudio de la incidencia en la aplicación del carbonato de calcio (CaCO <sub>3</sub> ) como enmienda química en suelos del cantón Montúfar, UTB, FACIAG, 2019.....	20
---	----

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Composición química del carbonato de calcio .....	4
Ilustración 2: Roca caliza pura.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 3: Cristales de carbonato de calcio.....	7



## RESUMEN

El presente trabajo es una investigación bibliográfica y de campo, con el fin de determinar el efecto de la aplicación del carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) como enmienda química en el suelo, considerando que el cantón Montufar de la provincia de Carchi, es una zona eminentemente agrícola;. Esta investigación permitió revisar sobre los elementos que conforman el suelo y sus diversas reacciones químicas que suceden en la solución del suelo, así como las diversas reacciones que genera la incorporación del carbonato de calcio en el suelo. Investigar los principales efectos y beneficios que brinda la aplicación de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) en los suelos. Para esta investigación se plantearon los siguientes objetivos: Identificar las características de los suelos ácidos y su efecto sobre los cultivos; Analizar los resultados de análisis de suelos de Montufar, con fines de mejorar sus condiciones químicas aplicando carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), se realizó muestreo de suelos en cuatro sitios: Canchaguano, La Delicia, Capulí y Fernández Salvador; se envió al laboratorio para un análisis completo de las necesidades de fertilidad. Con los resultados se calculó las necesidades de  $\text{CaCO}_3$  en cada sitio estudiado. Finalmente se llega a concluir que las necesidades de carbonato de calcio para los suelos de la zona de Montufar son de 1,1 TM/ha/año, con fines de mejorar las condiciones de fertilidad de los suelos y lograr subir la producción de las áreas cultivables del cantón; El carbonato de calcio tiene una función de regular la acides de los suelo, así como también de neutralizar la capacidad del Al 3. Con este estudio lograremos incrementar la productividad en los cultivos; porque se reactiva la microbiología del suelo haciendo que los suelos sean más productivos, esto se logra un mayor equilibrio fisiológico, nutritivamente balanceados en una buena carga mineral con contenidos sanos y nutritivos sin alterar la calidad de vida.

**Palabras clave:** Carbonato, calcio, suelo, cultivables, compuesto químicos, factores complementarios.

## SUMMARY

The present work is a bibliographical investigation, in order to determine the effect of the application of calcium carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ) as chemical amendment in the soil, considering that the Montúfar canton of the province of Carchi, is an eminently agricultural area; where acid soils are found and with high organic matter contents. This investigation allowed us to review the elements that make up the soil and its various chemical reactions that occur in the soil solution, as well as the various reactions generated by the incorporation of calcium carbonate in the soil. In order to know the current status of the soils considered in the present study, soil sampling was carried out at four sites: Canchaguano, La Delicia, Capulí and Fernández Salvador; It was sent to the laboratory for a complete analysis of fertility needs. With the results, the  $\text{CaCO}_3$  needs were calculated in each site studied. Finally, it is concluded that the needs of calcium carbonate for the soils of the Montúfar area is 1.1Tn / ha / year, with the purpose of improving the fertility conditions of the soils and to increase the production of the arable areas of the canton. A plicate for the natural research.

**Keywords:** Carbonate, calcium, soil, cultivable, production, agricultural, compound, chemicals, conservation

## I. INTRODUCCIÓN

La cal agrícola es un mineral que se la conoce desde la antigüedad en su forma de caliza, no se puede asegurar si entre los diversos usos que se le daba, se en la producción agrícola, ya que no existen vestigios de esta práctica, la composición química fue descubierta por primera vez en 1755 por Black y en 1788 Werner distinguió el espato cálcico del aragonito y Klaproth reconoció que estos dos minerales tienen la misma composición química en 1824 (Noergia, 2019). Así mismo Mitscherlich reconoció en estos minerales un caso de diformismo, determinando G. Rose en 1839 las condiciones de su respectiva formación, es así que se recomienda la aplicación de este producto para mejorar regular la acides de los suelos y principalmente precipitar al aluminio reactivo  $Al_3$  y reemplaza las cargas de iones de hidrógeno.

El carbonato de calcio es un compuesto de fórmula  $CaCO_3$ , se halla muy esparcido en la naturaleza, presentándose en distintas formas y en diferentes grados de pureza, para obtener este compuesto es necesario que las calizas sean extremadamente puras en su forma natural, es decir con más del 98,5% de su composición en carbonato de calcio, para lograr utilizar el producto, las partículas de caliza se someten a un proceso de micronización o molienda fina, el resultado es un polvo blanco, inodoro, incoloro e insípido, que es insoluble en agua y alcohol y soluble en ácidos con desprendiendo de anhídrido carbónico. (COSMOS, s/f).

El clima y sobre todo los procesos geológicos son los principales factores para que en el Ecuador existan suelos con una gran diversidad de composiciones; así podemos encontrar suelos rojos tropicales típicos, suelos más jóvenes dominados por arcillas, suelos derivados de cenizas y otros materiales

volcánicos, muy utilizados para realizar procesos agrícola. Generalmente, los suelos viejos (que no se desarrollan sobre material volcánico) son ácidos, de baja fertilidad por lo general se los encuentra en la costa y en la región amazónica. (Calva, 2016).

El suelo de Montufar se caracteriza por presentar en gran parte suelos de gran calidad de aspecto grumoso y de color negro intenso, pero también existen suelos de baja calidad como la cangagua que no son aptos para cultivar de forma tradicional, los suelos que predominan presentan minerales arcillosos tipo halloysítico, de textura franco arenosa, sin embargo los análisis de suelos tomados en Montúfar se contraponen a estas aseveraciones ya que el suelo en realidad es de tipo franco a franco arcilloso en un régimen único con temperaturas entre 13°C y 21°C, son profundos, ricos en materia orgánica con pH que varía ligeramente de ácido a neutro, el material original de estos suelos constan de material vegetal poco descompuesto, mezclado con cantidades variables de material terroso. En las zonas de paramo y frías del Carchi existen suelos que son caracterizados por exhibir un horizonte superior orgánico de 30 a 40 cm de espesor con contenidos de materia orgánica de color pardo oscuro a negro, excelentes para realizar una agricultura productiva eficiente por la presencia de microorganismos que actúan para la fertilidad. (Prefectura del Carchi, 2015).

Aunque se afirma que el suelo del Carchi es muy rico en minerales y su pH (ligeramente ácido) es el óptimo para la mayoría de cultivos, por el desconocimiento de los agricultores ha hecho que existan desequilibrios en este último factor, por la aplicación indiscriminada de abonos y correctores sin mayor conocimiento de las necesidades nutricionales de las plantas y la disponibilidad del suelo, han hecho que existan suelos con pH muy bajo catalogados como suelos ácidos y eso solamente lo podemos definir realizando análisis físico-químicos en laboratorios especializados.

Ante esta problemática de encontrar cada vez más suelos ácidos se tiene que acudir a la aplicación de fórmulas correctoras de suelo, que por lo general todas llevan sales de calcio como principal compuesto, ya que su función de regulador del pH hace que el suelo se equilibre y recupere sus niveles óptimos de concentración de hidrogeno que está en los valores de 6,5 - 7 (ligeramente ácido a neutro).

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. General**

Determinar la incidencia de la aplicación del carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) como enmienda química al suelo.

### **1.1.2. Específicos**

- 1) Investigar los principales efectos y beneficios que brinda la aplicación de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) en los suelos.
- 2) Identificar las características de los suelos ácidos y su efecto sobre los cultivos.
- 3) Analizar los resultados de análisis de suelos de Montúfar, con fines de mejorar sus condiciones químicas aplicando carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ).

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Carbonato de calcio

Es un compuesto muy versátil que puede ser utilizado en muchas actividades humanas pasando por la construcción, “la producción de cauchos naturales y sintéticos, usados en pinturas de alta calidad, en la nutrición animal mejora el rendimiento de todo tipo de alimento para animales, clave para la producción de carne y huevos de calidad” (QUIMPAC ECUADOR S.A., s/f). Así mismo se indica que en la industria del plástico este producto es utilizado específicamente en PVC rígido y poliolefinas, así como en la industria del papel mejora la blancura y calidad de impresión de este, y el uso más generalizado en la agricultura por sus propiedad de reducir la acides de los suelos, es muy utilizado como enmienda química, este elemento se encuentra formado por: 12% de carbonato, 40,04% de calcio y 47,95% de oxígeno, su fórmula química es  $\text{CaCO}_3$ .



Fuente: (Colegio de Agrónomos Mexicanos, 2019)

### **2.1.1. Propiedades Físicas**

Como todo compuesto que existe en la naturaleza el carbonato de calcio tiene propiedades físicas que lo distinguen del resto entre las principales tenemos que: (Suin, 2019)

Masa molar: 100.087gr/mol

Punto de fusión: 1172K (899°C)

Punto de ebullición: 1612K (1339°C)

Solubilidad en agua: 0,0013 g/100ml (25°C) (COSMOS, s/f)

### **2.1.2. Propiedades químicas**

El carbonato de calcio tiene las siguientes propiedades:

Cal/Calcita- carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Mayormente insoluble en agua, pero su solubilidad se incrementa en condiciones acidas (contiene un máximo de 40% de Ca). (COSMOS, s/f)

#### **2.1.2.1. Dolomita**

Carbonato de calcio-magnesio [ $\text{Ca. Mg} (\text{CO}_3)_2$ ]. Mayormente insoluble en agua, pero su solubilidad se incrementa en condiciones acidas (contiene entre 2 a 13% de Mg). (IPNI, 2019).

Cal hidratada- hidróxido de calcio [ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ] relativamente insoluble en agua, forma una solución de pH mayor a 12.

Cal viva- oxido de calcio ( $\text{CaO}$ ). Reacciona con agua formando cal hidratada.

### **2.1.3. Formas del carbonato de calcio**

En la naturaleza las piedras calizas son la principal fuente de este compuesto, el carbonato de calcio se encuentra de forma abundante en la naturaleza adquiriendo diversas formas y grados de pureza combinado con rocas y es el principal componente de los esqueletos de muchos organismos, es la sal de calcio más abundante en la naturaleza. Los minerales que contienen carbonato de calcio son:

#### **2.1.3.1. Aragonito**

Forma cristalina de carbonato de calcio.

#### **2.1.3.2. Mármol**

Roca caliza altamente cristalizada por las condiciones de presión y temperatura.

#### **2.1.3.3. Piedra caliza**

Roca sedimentaria con mayor proporción que carbonato de calcio.

#### **2.1.3.4. Creta**

Roca sedimentaria de origen marino de grano muy fino. (COSMOS, s/f).



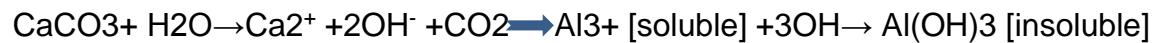


Ilustración 2: Cristales de carbonato de calcio  
Fuente: Galería imágenes de Google.

## 2.2. Uso agrícola

El principal uso de la cal agrícola es “elevar el pH de los suelos ácidos y reducir la concentración de aluminio (Al) en la solución del suelo, el crecimiento pobre de los cultivos en los suelos ácidos se debe principalmente al (Al) soluble, que es tóxico para el sistema radicular de muchas plantas.” (IPNI, 2019).

La cal reduce el aluminio soluble por dos reacciones:



La incorporación de la cal agrícola también es una fuente valiosa de calcio en algunos casos también de magnesio para la nutrición de plantas, también trae consigo otros efectos secundarios en el suelo como:

Mayor disponibilidad de fósforo (P).

Mejor fijación de nitrógeno (N) en las leguminosas.

Aumenta la mineralización de N y la nitrificación.

Mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Promoviendo una mejor fijación de nitrógeno por las leguminosas.

Aumenta la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

Reduce las toxicidades en el suelo.

Mejora la efectividad de algunos herbicidas.

Suministro de calcio, magnesio y otros minerales a los cultivos.

Mejor uso del agua, recuperación de nutrientes y el crecimiento de las plantas con un sistema radicular más saludable. (Todo sobre Agricultura, 2019)

### **2.3. Obtención del carbonato de calcio**

La totalidad del ( $\text{CaCO}_3$ ) carbonato de calcio utilizado en las diferentes industrias es obtenida mediante su extracción con la minería así mismo, el carbonato de calcio se puede obtener a partir del óxido de calcio, al cual se le añade agua para formar hidróxido de calcio y posteriormente, se le adiciona dióxido de carbono para precipitar el carbonato de calcio. (COSMOS, s/f).

El carbonato de calcio se encuentra principalmente en dos diferentes tipos de piedras: sedimentarias y metamórficas, donde el calcio es el elemento principal y con mayor proporción, también se pueden encontrar en pequeñas cantidades otros elementos como magnesio, hierro y manganeso que afectan la dureza y blancura del mineral, es decir que entre más blanca sea la roca contenedora tiene una mayor concentración de calcio.

La obtención de carbonato de calcio en la minería se puede llevar a cabo por el siguiente proceso.

#### **2.3.1. Extracción**

Paso que implica desde el descapote hasta el rezagado.

#### **2.3.2. Trituración**

Los trozos se ponen en quebradoras para reducir su tamaño y facilitar la etapa de molienda.

#### **2.3.3. Molienda**

Se introduce el producto triturado a molinos para reducir a un más el tamaño del grano del carbonato de calcio hasta polvo y preparar la granulometría solicitado por el usuario.

#### **2.3.4. Clasificación**

El producto obtenido se separa por tamaño de partícula y se remueven sustancias extrañas.

#### **2.3.5. Envase y embalaje**

El carbonato de calcio se envasa a través de una tolva de envase. (COSMOS, s/f)

### **2.4. Peligro y toxicidad del Carbonato de Calcio**

Naturalmente el carbonato de calcio según (COSMOS, s/f), no es tóxico, tampoco es inflamable, lógicamente no es combustible no es combustible cuando se realizan combinaciones químicas en laboratorio o naturalmente libera dióxido de carbono u óxido de calcio compuestos que pueden irritar la piel, ojos y vías respiratorias por ser un polvo, la concentración alta de polvo puede provocar molestias como tos, estornudos e irritación nasal, el  $\text{CaCO}_3$  puede reaccionar violentamente con ácidos y flúor no está clasificado como peligroso. Es químicamente estable en condiciones normales de presión y temperatura.

### **2.5. Acidez del suelo**

Según Adams, 1984 citado por Calva (2016). “la acidez del suelo está determinada en gran medida por la presencia de hierro (Fe) y aluminio ( $\text{Al}^{+3}$ ), solubles y por la cantidad y composición de la materia orgánica (MO) presente y su papel en el aporte de iones de cambio y las reacciones de hidrólisis.

Estos elementos pueden estar presentes en gran medida en el suelo por la aplicación sin control de enmiendas o abonos que son muy altos en contenidos de nitrógeno y amonio.

- La acidificación del suelo se manifiesta de diferentes maneras:
- Disminución de pH del suelo.
- Reducción del porcentaje de saturación de bases (SB) en el complejo de cambio.
- Desequilibrios de elementos nutritivos en la proximidad de las raíces.
- Disminución de la capacidad de neutralizar ácidos del medio edáfico. (Van Breemen, 1983), citado por (Calva, 2016).

El uso intensivo del suelo también es un factor muy importante para agravar el proceso de acidificación si se cuenta con un mal drenaje cuando tienen un nivel freático elevado, en especial todos aquellos que han estado anegados durante largo periodo de tiempo, la contaminación con lixiviados procedentes de actividades minerales e industriales y la deposición acida húmeda o seca. (Zapata, 2004) citado por (Calva, 2016).

La acides afecta de diferentes maneras a las características químicas y biológicas del suelo y por ende afecta el crecimiento de las plantas, reduce la disponibilidad de algunos nutrientes como Ca, K, Mg, y P y promueve la presencia de elementos tóxicos para las plantas como el Al y el Mn. (Díaz, 2016).

## **2.6. El encalado**

Es la actividad de incorporar carbonato de calcio al suelo que, junto con la siembra de especies tolerantes a la acides, son prácticas más apropiadas y económicas para corregir los problemas de acides, sin embargo, es común encontrar diferentes criterios para decidir la ampliación de los materiales de

encalado, por esta razón, es necesario conocer el efecto de estos materiales en las propiedades del suelo y el crecimiento de los cultivos. (Palacios, 2012). Así mismo cabe recalcar que un sobre encalado en suelos ricos en calcio, puede generar antagonismos entre nutrientes especialmente con el fósforo dando lugar a la formación de fosfatos de calcio insolubles, que consecuentemente en este caso limitaría la disponibilidad de estos nutrientes.

A medida que los suelos envejecen se pierden bases ( $K^+$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$  y  $Na^+$ ) y aumenta la proporción de Al y Fe en el suelo. La mayor proporción de óxidos de Fe es responsable de las coloraciones rojizas, amarillentas o anaranjadas de los suelos altamente meteorizados. La meteorización se acelera bajo condiciones de humedad y temperaturas altas, por esa razón muchos de los suelos tropicales son ácidos. (Calva, 2016).

## **2.7. Materiales de encalado**

Para llevar a cabo la actividad de encalado se puede utilizar diferentes compuestos en solitario o en mezcla con otros según la necesidad del suelo; siendo así que tenemos los siguientes compuestos con los cuales se puede realizar un encalado:

### **2.7.1. Cal agrícola o calcita**

El carbonato de calcio o cal agrícola es el material más utilizado para encalar los suelos.

### **2.7.2. Dolomita**

El carbonato doble de calcio y magnesio o dolomita ( $CaCO_3 \cdot MgCO_3$ ) es una molécula de doble carbonato de buena efectividad para controlar ácidos,

reacciona más lentamente en el suelo que la calcita, pero tiene la ventaja de suministrar Mg, elemento que es importante en la nutrición de los cultivos.

### **2.7.3. Óxido de magnesio**

El óxido de magnesio (MgO) es un material con mayor capacidad de neutralizar la acides que la de otros materiales, pero por su poca solubilidad en agua debe molerse finamente para que controle adecuadamente la acides del suelo, además, es una excelente fuente de magnesio.

### **2.7.4. Magnesita**

Es un producto a base de carbonato de magnesio (MgCO<sub>3</sub>) que es también una excelente fuente de Mg.

### **2.7.5. Yeso**

El yeso o sulfato de calcio (CaSO<sub>4</sub>) es una enmienda de lenta reacción que proporciona Ca y S que mejora el sistema radicular, además de ser un corrector de la acides del subsuelo y de prevenir el encostramiento superficial. La aplicación del yeso no cambia el pH pero si elimina Al<sup>+3</sup> toxico. (Palacios, 2012).

### **2.7.6. Silicato de magnesio**

El silicato de magnesio o serpentina ( Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>) corrige el pH y disminuye el Al<sup>+3</sup> por la reacción del anión silicato( SiO<sub>4</sub>) que actúa como el anión CaCO<sub>3</sub>. (QUIMPAC ECUADOR S.A., s/f).

### **2.7.7. Enmiendas complejas**

Según Molina (2014), menciona que las enmiendas complejas son mezclas físicas de dos o más enmiendas dando al material características especiales para la corrección de la acidez. Las mezclas más comunes son la dolomita con yeso en diferentes proporciones, el carbonato de calcio con óxido o hidróxido de calcio y/o magnesio.

## **2.8. Clasificación de la acidez**

La acidez del suelo se clasifica en las siguientes formas (Espinosa y Molina, 1999; Zapata, 2004), citados por (Díaz, 2016).

### **2.8.1. Acidez activa**

En la acidez activa está representada por el  $H^+$  disociado en la solución del suelo y que proviene de diferentes fuentes.

### **2.8.2. Acidez intercambiable:**

La acidez intercambiable es aquella producida por  $H^+$  retenido por enlaces iónicos en la molécula que portan acidez al suelo, por disociación de los grupos ácidos de la materia orgánica y por hidrólisis causada por cationes metálicos como el  $Al^{+3}$  que pueden ser extraídos del complejo de cambio con soluciones de sales neutras no tamponadas como:  $KCl$ ,  $CaCl_2$ ,  $NaCl$  y  $CuCl_2$ . La acidez intercambiable se determina mediante la extracción de  $Al^{+3}$  y  $H^+$  del suelo con una sal neutra no tamponada, generalmente  $KCl$  1N y se expresa en  $cmol (+) / Kg$ . Se considera que contienen de acidez intercambiable mayores que  $0.5 cmol (+) / Kg$  suelen ser problemáticos para los cultivos. (Espinosa y Molina, 1999; Osorio, 2012) citados por Días (2016).

### **2.8.3. Acidez no intercambiable:**

La acidez no intercambiable es el  $H^+$  proveniente de los enlaces covalentes en la superficie de minerales arcillosos de carga variable.

### **2.8.4. Acidez potencial:**

La acidez potencial es la suma de la acidez intercambiable más la acidez no intercambiable.

## **2.9. Reacciones de la cal en el suelo**

Los mecanismos de reacción de los materiales de encalado permiten neutralizar los iones  $H^+$  en la solución del suelo por medio de los iones  $OH^-$  producidos cuando el material entra en contacto con el agua del suelo, es decir, el carbonato es efectivo solamente cuando existe humedad en el suelo. Los óxidos reaccionan inmediatamente con el agua del suelo transformándose en hidróxidos y neutralizando la acidez a través de su  $OH^-$  (base fuerte) siendo más efectivo a corto plazo, pero difícil de manejar. Los materiales a base de carbonatos y silicatos neutralizan la acidez a través de hidrólisis (reacción con el agua) de los iones  $CO_3^{2-}$  y  $SiO_3^{2-}$  que son bases débiles. (Espinosa y Molina, 1999; Osorio, 2012) citados por (Díaz, 2016).

De acuerdo con el autor entonces tenemos que los mecanismos de acción son:

- Disolución de cal e hidrólisis
- Intercambio de Al por Ca
- Neutralización.



## **2.10. Origen de los suelos andinos**

Según Calvache (2019) las cenizas volcánicas constituyen el material de origen predominante en gran parte de la serranía ecuatoriana, las constantes erupciones sufridas en los diferentes periodos eruptivos especialmente del cuaternario las cenizas de la actividad volcánica más los factores climáticos y altura dan las características especiales a cada tipo de suelo y definen las diferencias, considerando su edad, tamaño y permeabilidad.

“Los suelos de los páramos del Ecuador se han desarrollado esencialmente sobre los depósitos piroclásticos resultantes de las erupciones de los numerosos edificios volcánicos de la llamada avenida de los volcanes” (Sociedad Ecuatoriana del Suelo, 1999). En definitiva, todos los autores coinciden en el origen volcánico de suelo interandino lo que hace que tengan altas capacidades de retención de agua (del 60 al 200 %) y a menudo importantes acumulaciones de materia orgánica.

## **2.11. El carbonato de calcio como fertilizante y fungicida**

Fertilizante es un tipo de sustancia la cual contiene iones de minerales, de fácil absorción por las raíces de las plantas, para mantener o incrementar el contenido de estos elementos en el suelo, “como ion fertilizante aplicado al suelo, el carbonato de calcio es fuente para cubrir la demanda de calcio post emergencia de los cultivos. Como ion aplicado por la vía foliar complementa la fertilización al suelo.” (Colegio de Agrónomos Mexicanos, 2019). Y se Mejora el rebrote de plantas tratadas.

Las condiciones de alta humedad, frio y un bajo nivel de transpiración pueden causar deficiencia de calcio, el aumento de la salinidad del suelo también podría causar deficiencia de calcio, ya disminuye la absorción del agua por la planta, la

deficiencia de calcio es generalmente causada debido a una baja disponibilidad de calcio o debido a un estrés hídrico que generan bajas tasas de transpiración. (Colegio de Agrónomos Mexicanos, 2019).

El carbonato de calcio ayuda a proteger la planta contra las enfermedades de numerosos hongos y bacterias que secretan enzimas que deterioran la pared celular de los vegetales, investigaciones demostraron que un nivel suficiente de calcio puede reducir significativamente la actividad de estas enzimas y proteger las células de la planta de invasión de patógenos, en el control de bacterias actúa como bacteriostático y oxigenador metabólico, inhibe la germinación de esporas, y actúa contra bacterias gran positivas. (Suin, 2019).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Ubicación del trabajo dimensión práctica**

La investigación se realizó en LAS COMUNIDADES DE Canchaguano, El Capulí, La Delicia y Fernández Salvador pertenecientes al cantón Montúfar, provincia del Carchi que se encuentra en las siguientes coordenadas geográficas 0°37´ latitud norte, - 77°50´ longitud oeste, el cantón una población según el censo del 2010 de 30,511 habitantes que se dedican a la agricultura principalmente como: cultivo de la papa, cereales, hortalizas y pastos para la actividad ganadera esta zona geográfica va desde los 2900 a 3200 msnm, con una temperatura promedio de 13 grados centígrados, y cuenta con una superficie de 344,51 km<sup>2</sup>. (Prefectura del Carchi, 2015). Los cultivos de papa en los suelos de este cantón tienden a ser más ácidos y así lo demuestra un sinnúmero de análisis realizados a tierras cultivadas.

#### **3.2. Materiales**

Los materiales utilizados a lo largo de la presente investigación fueron:

1 cuaderno académico que sirvió para toma apuntes informativos

1 carpeta plástica

1 lápiz

2 esferos

2 fichas técnicas de carbonato de calcio comercializados

#### **3.3. Equipos**

Los equipos que se utilizaron durante el desarrollo del presente trabajo fueron:

Laptop para procesar la información y elaboración del trabajo, Cámara fotográfica, Impresora, GPS.

### **3.4. Métodos y técnicas de investigación**

Para poder sintetizar toda la información documental obtenida se procedió a elaborar una metodología misma que se expone a continuación:

#### **3.4.1. Métodos**

El método más adecuado para el manejo de información documental es el analítico cualitativo, mediante el cual analizamos las características de la información para obtener resultados que podrán ser comparados sistemáticamente, también se utilizó el método de la observación directa la cual consiste en realizar visitas de campo a recolectar información plasmada en material fotográfico (Amador Suin, 2019).

#### **3.4.2. Técnicas**

Para el presente trabajo desarrollado en su totalidad en el cantón Montúfar se utilizaron técnicas que ayuden a recolectar información real y relevante para poder cumplir con los objetivos planteados, por eso se recurrió al uso de análisis de muestras suelos de diferentes sitios del cantón para obtener bases reales sobre las cuales sentamos los resultados obtenidos.

## IV. RESULTADOS

En la presente investigación se consulta diversos aspectos teóricos del carbonato de calcio, para tener la mayor información verificable sobre sus características y efectos en la aplicación al suelo, donde se puede determinar que es un gran regulador de la acidez y aporta con otros beneficios en favor del suelo y los cultivos como es la aportación de elementos químicos.

Los suelos de Canchaguano, El Capulí, La Delicia y Fernández Salvador pertenecientes al Cantón Montúfar están sometidos a proceso de degradación por la práctica del monocultivo, mayoritariamente por el cultivo de papa, donde se aplican grandes cantidades de fertilizantes compuestos de diversas sales, adicionalmente no se realiza rotación de cultivos y se complementa con el laboreo permanente, pasando maquinaria pesada, sin considerar el contenido de humedad del suelo que dañan de manera importante la estructura del suelo llegando compactar y saturar con determinados minerales, provocando la escasez de otros.

Cada especie vegetal crece mejor en un rango de pH determinado y las aplicaciones de cal agrícola están orientadas a alcanzar esos valores. Aquí buscamos que al realizar el aporte de carbonato al suelo, se alcance valores entre 6.5 a 7; sin embargo, este criterio puede ser inadecuado para muchos suelos de Montúfar en los cuales la alta capacidad buffer de la materia orgánica presente en el suelo, impide que la acción de carbonato de calcio  $\text{CaCO}_3$  sea muy eficiente para elevar el pH.

Esto se debe a la presencia de coloides orgánicos y minerales de carga variable dependiente del pH como sucede en estos suelos catalogados como Andisoles, Oxisoles y Ultisoles. En otras palabras, a pesar de las aplicaciones de carbonato

de calcio, el pH tiende a mantener un valor constante, o al menos los cambios son muy pequeños. Sin embargo, el aluminio  $Al^3$  intercambiable es uno de los mayores responsables de la acides de estos suelos, parece lógico pensar que los requerimientos de cal de los suelos de Montúfar se determinan por la acides intercambiable.

Con el fin de analizar las necesidades de los suelos de Montúfar, para recuperar su fertilidad, se presenta los resultados de análisis de suelo de diferentes sitios de la zona de estudio.

**Cuadro 1:** Resultados de los análisis de suelos de cuatro sitios de la zona de Montúfar, en el estudio de la incidencia en la aplicación del carbonato de calcio ( $CaCO_3$ ) como enmienda química en suelos del cantón Montúfar, UTB, FACIAG, 2019.

Elemento	Und.	Canchaguano.	Capulí	La Delicia	Fernández S.
N	Ppm	57.67	53.49	30.64	57.59
P	Ppm	27.64	16.93	15.74	29.3
K	meq/100ml	0.60	0.22	0.34	0.97
Ca	meq/100ml	11.28	10.02	11.64	6.71
Mg	meq/100ml	1.65	0.76	0.81	1.14
pH	Grados	6	4.86	5.11	5.36
<b>Acides Int.</b>	<b>meq/100ml</b>	<b>1.28</b>	<b>0.54</b>	<b>1.33</b>	<b>1,35</b>
Mo	%	17.16	12.2	9.93	13.64
Ce	mS/cm	0.463	0.132	0.120	0.605
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	<b>Tn/ha</b>	<b>1,20</b>	<b>0,50</b>	<b>1,33</b>	<b>1,35</b>

De acuerdo a los resultados de los análisis y basado en las recomendaciones de Espinosa y Molina, 1999; Osorio, 2012 citados por Días (2016), podemos

aseverar que la acides intercambiable en la que interviene el Aluminio  $Al^3$ , es el parámetro a tomar en consideración para establecer un plan de enmiendas a base de sales de calcio. Es así que, se ha tomado como referencia este indicador para aplicar la siguiente ecuación que permite calcular las necesidades de  $CaCO_3$  =  $(Al+H)*1000ml/45 Kg$  (Amador Suin, 2019).

La reacción química en el suelo es:

$CaCO_3+H_2O \rightarrow Ca^{2+}+2OH^-+CO_2 \rightleftharpoons Al^{3+}[soluble]+3OH^- \rightleftharpoons Al(OH)_3 [insoluble]$ , como lo manifiesta (IPNI, 2019).

Cuando el carbonato de calcio entra en contacto con el agua enriquecida con dióxido de carbono, da lugar a una reacción química formando hidrocarbonato de calcio fácilmente soluble en agua permitiendo que esta pueda neutralizar al aluminio reactivo  $Al^3$ , basado en el análisis de suelo y aplicando la ecuación, los suelos de Canchaguano, tienen necesidad de 1.2 Tn/ha de cal agrícola, los suelos de El Capulí, requieren aplicar 0,5 Tn/ha, mientras que los suelos de la comunidad La Delicia requieren de 1,33 Tn/ha y finalmente los suelos de la comunidad de Fernández Salvador, requieren de 1.35 Tn/ha de carbonato de calcio.

Así también de acuerdo a los resultados de los análisis, se llega a determinar que las incidencias de la aplicación del carbonato de calcio ( $CaCO_3$ ) u otras fuentes de sales de calcio como enmienda química en suelos de la zona de Montúfar, son positivas por lo siguiente:

Mejora el pH de suelo, por lo cual mejora la calidad de los cultivos; el carbonato al subir el pH, provoca la precipitación del  $Al^3$  en el suelo, este aluminio es perjudicial para el sistema radicular de las plantas, al transformarse en insoluble, no está presente en la solución del suelo, mejorando los cultivos, además del aporte al suelo de calcio de fácil absorción.

Estabiliza la composición del suelo; el calcio liberado en el suelo mejora la agregación del suelo evitando la erosión causada por el agua o el viento, además estabiliza la porosidad, aumentando su capacidad de almacenamiento del agua elevando los procesos de absorción del agua y nutrientes de la planta, optimizando la eficiencia de las fertilizaciones.



## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

Los suelos de la zona La Delicia son ácidos, así como los del Capulí y Fernández Salvador que son medradamente ácidos y los de Canchaguano ligeramente ácidos, por lo cual todos los suelos de Montúfar han sufrido procesos de degradación, por diferentes circunstancias, por lo que requieren aplicaciones de sales de calcio o magnesio especialmente.

Al tener estas comunidades suelos con pH ácidos, tiene problemas de toxicidad por el Aluminio soluble en la solución del suelo, lo cual reduce la capacidad productiva de los cultivos, ya que este  $Al^3$  reduce la absorción de los nutrientes del suelo por las raíces de las plantas, degradando la eficiencia de las fertilizaciones.

Por sus altos contenidos de materia orgánica, los suelos de esta zona requieren aportaciones de 1.1 Ton/ha de  $CaCO_3$ , por año, que puede ser: carbonato de calcio y magnesio (cal dolomita), carbonato de calcio o silicatos de calcio.

Es necesario realizar una investigación sobre correcciones de pH de los suelos de la zona, en condiciones de laboratorio con materiales disponibles en el mercado, donde se apliquen modelos experimentales y en base a esto se haga un modelo de trazabilidad de los suelos de Montúfar y la zona Norte del país, en los que se pueda determinar con exactitud planes de enmiendas más adecuado para mejorar estos suelos.

## 5.2. Recomendaciones

Todos los agricultores de estas comunidades, Canchaguano, El Capulí, La Delicia y Fernández Salvador, antes de aplicar fertilizantes, deben realizar un análisis de suelos en laboratorios especializados, con el fin de conocer las necesidades de corrección de las condiciones químicas de los mismos, con el fin de garantizar que el recurso suelo esté debidamente manejado y protegido.

Con el objetivo de lograr un efecto rápido y efectivo del Carbonato de Calcio en el suelo se recomienda aplicar: cal dolomita, óxido de magnesio, magnesita o silicato de magnesio con una finura superior a una malla 40, en época de mayor humedad en el suelo, es decir antes de la temporada lluviosa.

- ✓ La aplicación de correctores de pH del suelo se debe aplicar una vez por año, previamente debe realizarse un análisis de suelos, y en base a estos resultados establecer de manera individual un plan de enmiendas y fertilización.
  
- ✓ Se debe realizar charlas de capacitación a los agricultores sobre los problemas de degradación y las complicidades de la acidificación de los suelos, para que conozcan todas las consecuencias de esta en la producción de los cultivos, así mismo las bondades de la aplicación de fuentes de calcio y magnesio en los suelos degradados y de qué forma esto ayuda a optimizar recursos.

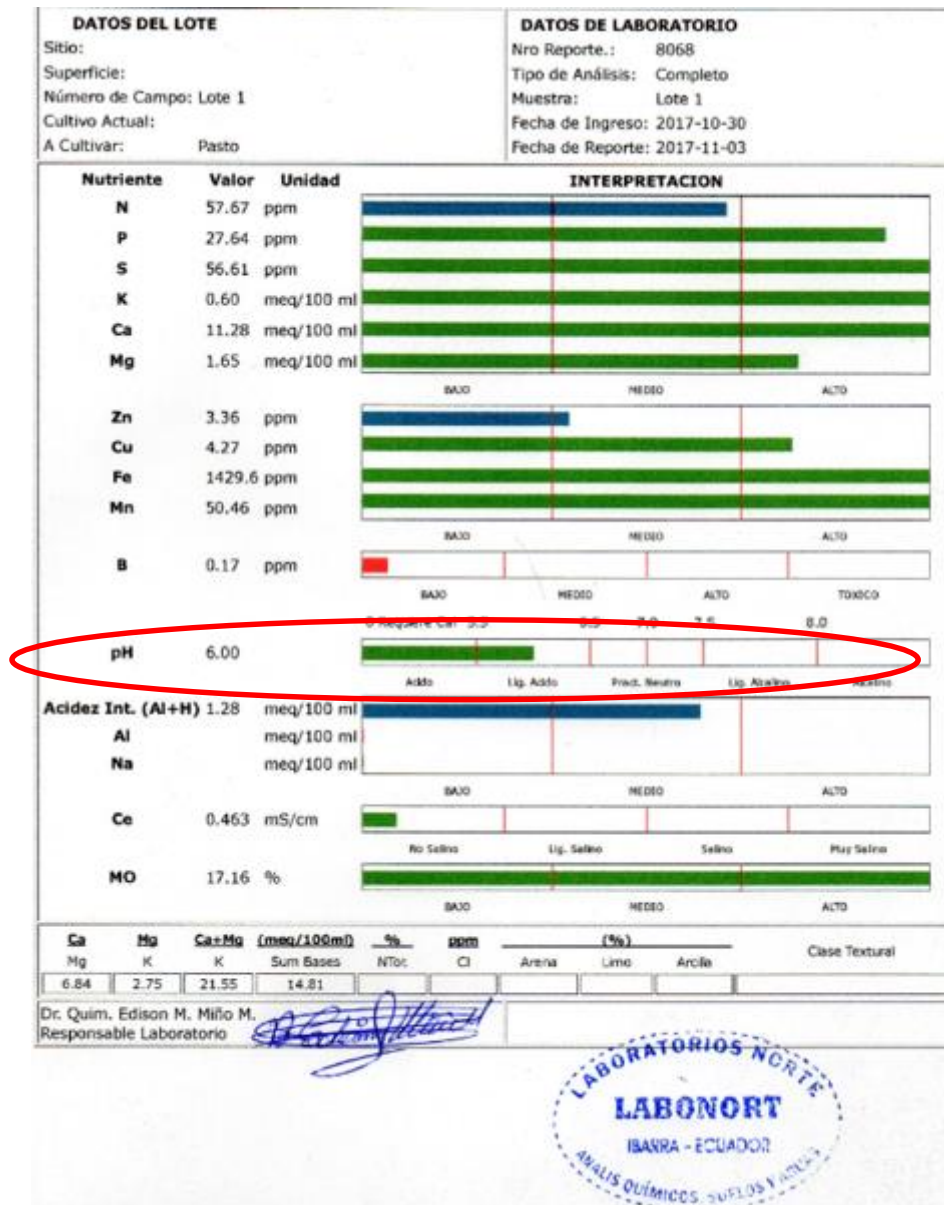
## VI. Bibliografía

- Amador Suin. (16 de 06 de 2019). Metodos de valoracion de suelos y plan de enmiendas. (J. Males, Entrevistador)
- Calva, C. (03 de diciembre de 2016). *EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE CUATRO MATERIALES DE ENCALADO EN CONTROL DE LA ACIDEZ DE UN SUELO ÁCIDO DE LORETO, ORELLANA*. Quito: s/e.
- Colegio de Agrónomos Mexicanos. (2019). *Usos agrícolas del carbonato de calcio*. México: Colegio Mexicano de Agrónomos.
- COSMOS. (s/f de s/f de s/f). *Carbonato de Calcio*. Recuperado el 05 de julio de 2019, de Descripción general del carbonato de calcio: <https://carbonato-de-calcio.com/>
- Díaz, J. (14 de diciembre de 2016). *DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE NUEVE*. Quito: s/e.
- IPNI. (14 de junio de 2019). Fuentes de nutrientes específicos. *Carbonato de calcio*, s/p.
- Noergia. (14 de junio de 2019). *Carbonato de calcio*. Obtenido de <https://www.carbonatocalcico.es/que-e/>
- Palacios, N. (10 de junio de 2012). *USO DE TRES MEJORADORES DE RETENCIÓN DE NUTRIENTES EN EL SUELO*. Ambato: s/e.
- Podwojewski, P. (25 de julio de 1999). <http://horizon.documentation.ird.fr>. Obtenido de [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/pleins\\_textes\\_7/b\\_fdi\\_51-52/010019247.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/b_fdi_51-52/010019247.pdf)
- Prefectura del Carchi. (14 de junio de 2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la provincia del carchi*. Tulcán: s/e.
- QUIMPAC ECUADOR S.A. (s/f de s/f de s/f). *QUIMPAC ECUADOR S.A*. Recuperado el 05 de 07 de 2019, de Carbonato de calcio: <http://www.quimpac.com.ec/portfolio-item/carbonato-de-calcio/>
- Suin, K. (12 de 06 de 2019). Efecto del carbonato de calcio en los cultivos andinos. (J. Males, Entrevistador)

Todo sobre Agricultura. (17 de febrero de 2019). *Beneficio de la cal agrícola*. Recuperado el 05 de julio de 2019, de Beneficio de la cal agrícola: <https://www.todosobreactricultura.com/agricultura/beneficios-de-la-cal-agricola/>

## **APÉNDICE**

# Anexo 1: Análisis de suelo sectores Montufar



Análisis de suelo 1 Canchaguano Lote 1 suelo ácido  
Fuente: Labonort

DATOS DEL LOTE			DATOS DE LABORATORIO		
Sitio:	Finca la Florida		Nro Reporte.:	8371	
Superficie:			Tipo de Análisis:	Completo	
Número de Campo:	005		Muestra:	Suelo 005	
Cultivo Actual:			Fecha de Ingreso:	2018-04-09	
A Cultivar:	Pasto		Fecha de Reporte:	2018-04-12	

Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION
N	30.64	ppm	
P	15.74	ppm	
S	24.68	ppm	
K	0.34	meq/100 ml	
Ca	11.64	meq/100 ml	
Mg	0.81	meq/100 ml	
Zn	6.26	ppm	
Cu	3.72	ppm	
Fe	1421.2	ppm	
Mn	45.89	ppm	
B	0.42	ppm	
pH	5.11		
Acidez Int. (Al+H)	0.33	meq/100 ml	
Al		meq/100 ml	
Na		meq/100 ml	
Ce	0.120	mS/cm	
MO	9.93	%	

Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	(%)		
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arene	Limo	Arcilla
14.37	2.38	36.62	13.12					

Dr. Quim. Edison M. Miño M.  
Responsable Laboratorio



Análisis de suelo 2 Finca la Florida suelo ácido  
Fuente: Labonort

DATOS DEL LOTE		DATOS DE LABORATORIO	
Sitio:		Nro Reporte.:	8582
Superficie:		Tipo de Análisis:	Completo
Número de Campo:	Lote1	Muestra:	Lote1
Cultivo Actual:		Fecha de Ingreso:	2018-08-27
A Cultivar:	Papa	Fecha de Reporte:	2018-08-29

Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION
<b>N</b>	57.59	ppm	
<b>P</b>	29.30	ppm	
<b>S</b>	34.81	ppm	
<b>K</b>	0.97	meq/100 ml	
<b>Ca</b>	6.71	meq/100 ml	
<b>Mg</b>	1.14	meq/100 ml	
BAJO                      MEDIO                      ALTO			
<b>Zn</b>	4.59	ppm	
<b>Cu</b>	2.30	ppm	
<b>Fe</b>	936.9	ppm	
<b>Mn</b>	33.70	ppm	
BAJO                      MEDIO                      ALTO			
<b>B</b>	0.11	ppm	
BAJO                      MEDIO                      ALTO                      TOXICO			
<b>pH</b>	5.36		
0 Requiere Cal 5.5                      6.5                      7.0                      7.5                      8.0			
Acido                      Lig. Acido                      Pract. Neutro                      Lig. Alcalino                      Alcalino			
<b>Acidez Int. (Al+H)</b>		meq/100 ml	
<b>Al</b>		meq/100 ml	
<b>Na</b>		meq/100 ml	
BAJO                      MEDIO                      ALTO			
<b>Ce</b>	0.605	mS/cm	
No Salino                      Lig. Salino                      Salino                      Muy Salino			
<b>MO</b>	13.64	%	
BAJO                      MEDIO                      ALTO			

Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	Carga Catiónica (%)			Clase Textural
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
5.89	1.18	8.09	8.82						

Dr. Quim. Edison M. Miño M.  
Responsable Laboratorio *Edison M. Miño M.*



Análisis de suelo 3 Fernández S. lote 1 suelo ácido  
Fuente: Labonort



DATOS DEL LOTE			DATOS DE LABORATORIO		
Sitio:	Finca la Playita		Nro Reporte.:	8370	
Superficie:			Tipo de Análisis:	Completo	
Número de Campo:	006		Muestra:	Suelo 066	
Cultivo Actual:			Fecha de Ingreso:	2018-04-09	
A Cultivar:	Pasto		Fecha de Reporte:	2018-04-12	

Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION
N	53.49	ppm	
P	16.93	ppm	
S	31.78	ppm	
K	0.22	meq/100 ml	
Ca	10.02	meq/100 ml	
Mg	0.76	meq/100 ml	
Zn	6.88	ppm	
Cu	7.57	ppm	
Fe	2084.4	ppm	
Mn	70.84	ppm	
B	0.36	ppm	
pH	4.86		
Acidez Int. (Al+H)	0.54	meq/100 ml	
Al		meq/100 ml	
Na		meq/100 ml	
Ce	0.132	mS/cm	
MO	12.20	%	

Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	(%)	Clase Textural	
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla
13.18	3.45	49.00	11.54					

r. Quim. Edison M. Miño M.  
Responsable Laboratorio



Análisis de suelo 4 Finca Playita suelo ácido  
Fuente: Labonort

## Anexo 2: Ficha técnica de silicato de calcio ATRAPADOR

	<b>LA COLINA CÍA. LTDA.</b>	Código: LC-FT-350
	<b>Ficha Técnica</b>	Fecha: feb-17
	Atrapador	Hoja 1 de 2

### DATOS DEL PRODUCTO

Nombre Comercial	: Atrapador
Fuente	: Silicios No Disponibles
Fórmula	: $X(YO_2)_n \cdot mH_2O$
	Con X: Na, Ca, Ba, Sr, K, Mg, Li
	Y: Si, Al




### CARGA MINERAL

Nutriente	Concentración
Silicio (SiO <sub>2</sub> )	: 76.21%
Calcio (CaO)	: 5%
Magnesio (MgO)	: 1%
Potasio (K <sub>2</sub> O)	: 0.04%

### PROPIEDADES FÍSICO - QUÍMICAS


Granulometría	: Malla 10, 16, 40, 100 A.S.T.M.
Color	: Gris verdoso
pH	: 8 - 10
C.I.C.	: 75.20 meq/100g
Densidad	: 2.2 - 2.4 g/cm <sup>3</sup>
Porosidad aparente	: 2.18 - 2.24 g/cm <sup>3</sup>
Dureza MOHS	: 2.5 - 3.0

### INFORMACIÓN ADICIONAL

<b>Descripción</b>	Míneral 100% natural de origen volcánico que actúa como un absorbente rápido de nutrientes al mezclarlo con un fertilizante químico o un abono orgánico y los va liberando de manera lenta a medida que la planta los requiera, provocando una mejora visible a la calidad del cultivo.
<b>Mecanismo de acción</b>	El interior del ATRAPADOR está formado por cavernas y canales que lo convierten en un cristal hueco con un gran porcentaje de capacidad volumétrica para almacenar agua y gases, la cual por procesos de intercambio catiónico, cederá racionadamente a las plantas; posee además, polaridad negativa que le permite atraer a todo tipo de cationes, existiendo especial selectividad por K <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , Ca <sup>+2</sup> , Mg <sup>+2</sup> , y otros esenciales en la nutrición de los cultivos.
<b>Aplicación</b>	Edáfica
<b>Beneficios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene la capacidad de retener el agua y reducir hasta un 35% su uso, proporcionando un grado de humedad adecuado para el crecimiento y desarrollo de los cultivos.</li> <li>• Incrementa la capacidad de intercambio catiónico del suelo.</li> <li>• Su permanencia en el suelo es prologada debido a que no es degradable.</li> <li>• Ayuda a equilibrar el pH del suelo, reduciendo su acidez y los excesos de Hierro y Aluminio.</li> <li>• Es un mejorador de la eficiencia de los fertilizantes químicos y orgánicos.</li> </ul>

Planta: Km. 68 Vía a la Costa. Progreso – Guayas. Oficina: Juan Luis Vives y Av. Primero de Mayo. Cuenca-Ecuador.  
 Telf: +593 9 93057243 / +593 7 2889069 - 7 2889072  
 E-mail: ventas@lacolina.com.ec  
 www.lacolina.com.ec

## Anexo 2: Ficha técnica carbonato de calcio Calizas SAN ANTONIO

	<b>LA COLINA CÍA. LTDA.</b>	Código: LC-FT-015
	<b>Ficha Técnica</b>	Fecha: oct-17
	Calizas San Antonio	Hoja 1 de 2

### DATOS DEL PRODUCTO

Nombre Comercial	: Calizas San Antonio
Fuente	: Calcio
Nombre Genérico	: Carbonato de Calcio, Cal Agrícola
Fórmula	: CaCO <sub>3</sub>



### CARGA MINERAL

Nutriente	Concentración
Carbonato de Calcio (CaCO <sub>3</sub> )	: 98% ±2
Calcio (Ca)	: 38% ±2

### PROPIEDADES FÍSICO - QUÍMICAS


Granulometría	: Malla 40 y 100 A.S.T.M.
Color	: Crema a Amarillo Crema
pH	: 8 - 10
C.I.C.	: 0.5 meq/100g
Valor de neutralización (acidez)	: 98% ± 2
Peso molecular	: 100 g/mol

### INFORMACIÓN ADICIONAL

<b>Descripción</b>	Calizas San Antonio tiene una pureza del 98% y es procesada en nuestra planta de trituración y molienda hasta obtener una granulometría adecuada para la agricultura con el propósito de elevar el pH de los suelos ácidos y reducir la concentración de Aluminio (Al) en la solución del suelo y así incrementar el rendimiento de los cultivos.
<b>Mecanismo de acción</b>	El crecimiento pobre de los cultivos en los suelos ácidos se debe principalmente al Al soluble, que es tóxico para el sistema radical de muchas plantas. Calizas San Antonio reduce el Al soluble por dos reacciones: 1) $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{+2} + 2\text{OH}^- + \text{CO}_2$ 2) $\text{Al}^{+3} [\text{soluble}] + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 [\text{insoluble}]$ Además el ion H <sup>+</sup> , elemento tóxico que contribuye a la acidez es reemplazado por el el ion Ca <sup>+2</sup> del CaCO <sub>3</sub> . El agregado de Calizas San Antonio también es una fuente valiosa de Ca y Mg para la nutrición de las plantas.
<b>Aplicación</b>	Edáfica
<b>Beneficios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumenta la resistencia natural de las plantas a muchas enfermedades y plagas.</li> <li>• Mejor fijación de nitrógeno (N) de las leguminosas.</li> <li>• Aumenta la mineralización de Nitrógeno y la nitrificación.</li> <li>• Mejor uso del agua, recuperación de nutrientes y el crecimiento de las plantas con un sistema radicular más saludable.</li> <li>• Calizas San Antonio es la alternativa más eficaz y económica para corregir suelos ácidos.</li> <li>• Regula las propiedades químicas del suelo:                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- Incrementa la absorción de nutrientes para las plantas.</li> <li>- Influye sobre la CIC, la misma que es menor en suelos ácidos que en los básicos.</li> </ul> </li> <li>• Regula las propiedades biológicas del suelo: las plantas y los microorganismos del suelo crecen mejor en un pH próximo a la neutralidad.</li> </ul>

Planta: Km. 68 Vía a la Costa, Progreso – Guayas. Oficina: Juan Luis Vives y Av. Primero de Mayo, Cuenca-Ecuador.  
 Telf.: +593 9 93057243 / +593 7 2889069 - 7 2889072  
 E-mail: ventas@lacolina.com.ec  
 www.lacolina.com.ec

## Anexo 3: Ficha técnica DOLOMITA

	<b>LA COLINA CÍA. LTDA.</b>	Código: LC-FT-150
	<b>Ficha Técnica</b>	Fecha: nov-18
	Dolomina	Hoja 1 de 2

### DATOS DEL PRODUCTO

Nombre Comercial	: Dolomina
Fuente	: Magnesio
Nombre Genérico	: Cal Dolomita, Dolomita
Fórmula	: $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2 + \text{SiO}_2$




### CARGA MINERAL

Dolomina	5Mg	8Mg	12Mg	17Mg	18Mg	20Mg	23Mg	25Mg	31Mg	40Mg
Calcio (CaO)	: 50%	: 49%	: 46%	: 43%	: 43%	: 42%	: 40%	: 39%	: 36%	: 30%
Magnesio (MgO)	: 5%	: 8%	: 12%	: 17%	: 18%	: 20%	: 23%	: 25%	: 31%	: 40%
Silicio (Si)	: 3.7%	: 4.2%	: 4.2%	: 4.2%	: 4.2%	: 4.2%	: 4.2%	: 4.2%	: 4.2%	: 4.7%

*Nota: Se puede formular Dolomina a la concentración deseada de Magnesio.*

### PROPIEDADES FÍSICO - QUÍMICAS


Granulometría	: Malla 100 A.S.T.M.
Color	: Beige
pH	: 8 - 10
C.I.C.	: 1 - 5 meq/100g
Valor de neutralización	: 109%

### INFORMACIÓN ADICIONAL

<b>Descripción</b>	Mineral que es producto de rocas eruptivas y sedimentos calizos de alta pureza que son utilizadas como enmienda en la agricultura para corregir deficiencias de Magnesio (amarilleamiento de las hojas) en el suelo y corregir la acidez de los suelos. Nutre a la planta con Calcio y Magnesio y Silicio, mejorando la productividad del suelo.
<b>Mecanismo de acción</b>	El crecimiento pobre de los cultivos en los suelos ácidos se debe principalmente al Al soluble, que es tóxico para el sistema radical de muchas plantas. Dolomina reduce el Al soluble por dos reacciones: 1) $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + 2\text{OH}^- + \text{CO}_2$ 2) $\text{Al}^{+3} [\text{soluble}] + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 [\text{insoluble}]$ El agregado de Dolomina también es una fuente valiosa que suministra Ca, Mg y Si para la nutrición de las plantas.
<b>Aplicación</b>	Edáfica
<b>Beneficios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eleva el pH del suelo.</li> <li>• Permite una mejor asimilación de nutrientes.</li> <li>• Aporta Magnesio, uno de los componentes más importante de la clorofila e indispensable para la salud del hombre, plantas y animales.</li> <li>• Material inorgánico, enriquecido con Silicio el mismo que facilita la transportación de nutrientes desde el suelo hacia los lugares fotosintéticos y de almacenamiento.</li> </ul>

Planta: Km. 68 Vía a la Costa. Progreso – Guayas. Oficina: Juan Luis Vives y Av. Primero de Mayo. Cuenca-Ecuador.  
Telf.: +593 9 93057243 / +593 7 2889069 - 7 2889072  
E-mail: ventas@lacolina.com.ec  
www.lacolina.com.ec

## Anexo 4: Ficha técnica SILIC

	<b>LA COLINA CÍA. LTDA.</b>	Código: LC-FT-305
	<b>Ficha Técnica</b>	Fecha: ago-17
	<b>Silic</b>	Hoja 1 de 2

### DATOS DEL PRODUCTO

Nombre Comercial	: Silic
Fuente	: Silicios Disponibles
Fórmula	: $\text{SiO}_2 + \text{CaO}$



### CARGA MINERAL

<b>Nutriente</b>	<b>Concentración</b>
Silicio ( $\text{SiO}_2$ )	: 60%
Calcio ( $\text{CaO}$ )	: 40%



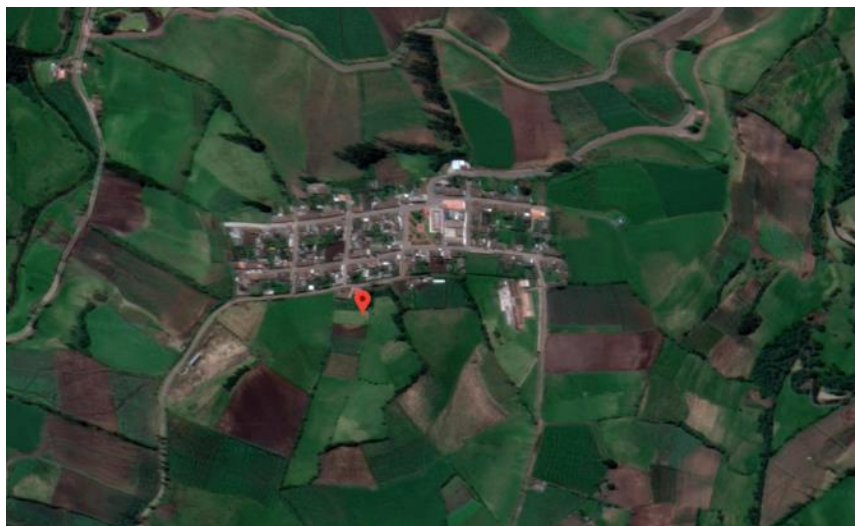
### PROPIEDADES FÍSICO - QUÍMICAS

Granulometría	: Malla 100 y 200 A.S.T.M.
Color	: Beige
pH	: 8.0
C.I.C.	: 35.60 meq/100g

### INFORMACIÓN ADICIONAL

<b>Descripción</b>	Es un producto mineral no biológico que contribuye a la nutrición de los cultivos con Silicio y Calcio. Por ser microparticulado posee un alto poder de adsorción (Capacidad de Intercambio Catiónico), ideal para mejorar las características de las mezclas orgánicas y mezclas físicas de fertilizantes, disminuyendo las pérdidas por volatilización de Nitrógeno Amoniacal en el suelo.
<b>Mecanismo de acción</b>	El Silicio se acumula en las células de la epidermis de las plantas y actúa como barrera contra la penetración de hongos, actuando como una barrera contra la invasión de parásitos y patógenos.
<b>Aplicación</b>	Edáfica
<b>Beneficios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contribuye a la nutrición con Silicio y Calcio.</li> <li>• Disminuye la toxicidad por metales pesados (As, Cd, Hg, Cr, Ni, Pb).</li> <li>• Previene la compactación de los suelos.</li> <li>• Aumenta la capa cuticular y la resistencia a los patógenos e insectos chupadores.</li> <li>• Aumenta la resistencia de los cultivos a altas y bajas temperaturas.</li> <li>• Aumenta los grados BRIX de los frutos.</li> <li>• Ayuda a regular los desajustes nutricionales (exceso de Nitrógeno, deficiencia o exceso de Fósforo).</li> <li>• Disminuye la salinidad de los suelos, reduciendo el flujo de sodio hacia la planta.</li> <li>• Mejora el macollamiento.</li> <li>• Es un fitosanitario que ayuda a mantener y potencializar la salud del sistema suelo - agua.</li> <li>• Aporta silicio de forma continua al suelo, promoviendo la colonización de las raíces por algas, líquenes y microorganismos simbióticos como bacterias y micorrizas que ayudan a la fijación de nitrógeno atmosférico y solubilizan los demás nutrientes.</li> <li>• Posee un alto poder de adsorción (capacidad de intercambio catiónico).</li> <li>• Mayor eficiencia de absorción de Nitrógeno y Potasio.</li> </ul>

**Anexo 5:** Imagen Satelital ubicación del cantón Montúfar



**Fuente:** Google Earth 2019.

**Anexo 6:** Galería fotográfica



**Fotografías 1,2,3,4,5,6** Imágenes de la acción del carbonato de calcio como fertilizante y fungicida.



**Fotografía 7.** Carbonato de calcio de uso agrícola molido, polvo semifino M20



**Fotografía 8.** Carbonato de calcio de uso agrícola polvo fino M40, con concentraciones de calcio de 38% procedente de roca metamórfica.



**Fotografía 9.** Carbonato de calcio de uso agrícola polvo granulado M20



**Fotografía 10.** Carbonato de calcio de uso agrícola, M16



**Fotografía 11.** Roca caliza en estado natural