



ELABORACIÓN DE UN ACONDICIONADOR PARA SUELOS DE BASE ORGÁNICA Y MINERAL⁴

Armando Torrente Trujillo
Profesor Titular Universidad Surcolombiana
armando.torrente@gmail.com

César Hernando Bolívar Herrera
Universidad Surcolombiana
cesarhernandobolivar@gmail.com

Víctor Hugo Pérez Gómez
Universidad Surcolombiana
rotciv05@gmail.com

Anderson Medina Dussan
Universidad Surcolombiana
andermed@outlook.com

Edgar Montealegre Cárdenas
Universidad Surcolombiana
ingemco@hotmail.com

Felipe A. Quimbaya Lasso
Universidad Surcolombiana
felipequimbaya@ingenieros.com

Grupo de Investigación Hidroingeniería y Desarrollo Agropecuario - GHIDA

Resumen: El proyecto consistió en la selección de un grupo de materias primas inorgánicas (Calizas, dolomitas y fosforitas), y orgánicas (cascarilla de café y arroz), con la adición de compuestos químicos como el bórax y el sulfato de cobre, que suplan necesidades bioquímicas de los suelos con baja productividad, con fines de obtener un producto acondicionador de suelos con amplio rango de aplicación por su composición, con un precio competitivo a las alternativas presentes en el mercado y con una versatilidad en las composiciones para poder atender necesidades específicas

Palabras clave: Acondicionador de suelos, materiales orgánico – minerales, enmiendas al suelo.

4. El presente artículo es producto de una investigación en curso. Se publica en el marco del plan de transferencia al SENA incorporado en el convenio 002 de 2014 entre la Universidad Surcolombiana e Infihuila (Corredor Tecnológico del Huila), con el objeto de ejecutar el proyecto de investigación aplicada, desarrollo tecnológico e innovación SIGP No 17714 denominado "Obtención de abonos orgánico–minerales como acondicionadores en suelos agrícolas". El proyecto, en ejecución, inició el 26 de septiembre de 2014 y finaliza el 25 de marzo de 2016. Es financiado con recursos de regalías, de la gobernación del Huila, del SENA y la empresa privada, y ejecutado por la Universidad Surcolombiana.

de suelos para uso agrícola. En primera instancia, se seleccionaron materias primas producidas en el Huila con el propósito de mejorar la competitividad del sector minero y reducir costos de producción; luego se caracterizaron físico-químicamente para determinar el aporte de nutrientes con disponibilidad para la incorporación en las plantas y, con base en las reacciones químicas de quelatación, en las que son asimilables elementos como el fósforo, el calcio y el magnesio, se diseñaron dos mezclas de carácter orgánico-mineral como acondicionadores de suelo con la adición a las mezclas de un producto de síntesis orgánica que mejora la retención de la humedad en el suelo, como elemento de innovación para competir en el mercado de los acondicionadores de suelos. Los acondicionadores de suelos, por lo general contienen materias primas orgánicas y minerales que, en conjunto, aportan las características necesarias para mantener el suelo óptimo. Rocas como la calcita (CaCO_3), la dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) y la fosforita ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) sirven como fuente de calcio, magnesio y fósforo; mientras que materias orgánicas, como la cascarilla de café y la cáscara de arroz, aportan, por medio de actividades enzimáticas, resistencia a la proliferación de hongos y bacterias.

DEVELOPMENT OF AN ORGANIC AND MINERAL BASED SOIL CONDITIONER

Abstract: The project involved the selection of a group of inorganic materials (limestones, dolomites and phosphates) and organic materials (coffee and rice husks), with the addition of chemical compounds such as borax and copper sulfate, that replace biochemical needs of soils with low productivity, in order to obtain a soil conditioner product with a wide application range by its composition, with a competitive price to alternatives on the market and versatility in the compositions to meet specific needs of soils for agricultural use. Firstly, raw materials produced in Huila were selected with the aim of improving the competitiveness of the mining sector and reduce production costs, then physico-chemical characteristics were identified to determine the nutrient availability for incorporation into plants. Based on the chemical reactions of chelation, on which there are elements capable of assimilation such as phosphorus, calcium and magnesium, two mixtures of organic-mineral character were designed as soil conditioners with the addition of product mixtures of organic synthesis that improves moisture retention in the soil, an element of innovation to compete in the market for soil conditioners. Soil conditioners usually contain organic and mineral materials that collectively provide the necessary characteristics to keep optimal soil. Rocks such as calcite (CaCO_3), dolomite ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) and phosphate ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) serve as a source of calcium, magnesium and phosphorus; while organic materials such as coffee husk and rice husk support a range of enzymatic activities, and resistance to the proliferation of fungi and bacteria.

Keywords: Soil conditioner, organic materials - minerals, soil amendments.

Introducción

Los suelos agrícolas se deterioran y pierden fertilidad como consecuencia de la explotación de cultivos, por lo que es necesario corregir sus carencias mediante la aplicación de productos fertilizantes y acondicionadores. Los componentes de estos productos son nutrientes minerales y, en algunos casos, compuestos orgánicos que se presentan como enlaces de carbono en la estructura, como lo indican las fichas técnicas del producto mineral.

Una deficiencia en el aporte de nutrientes inhibe el crecimiento vegetal, y un exceso puede descontrolar el crecimiento y ocasionar contaminación de aguas subterráneas por escorrentía de nutrientes (Marín, 1974). Los productos fertilizantes y acondicionadores deberían utilizarse solamente para corregir los factores limitantes de los cultivos, por lo que estos productos deben cubrir todas las necesidades para el buen desarrollo del potencial productivo y para amortiguar cualquier efecto negativo (Blanco Sandoval, 2006). Cuando se habla de abonar un suelo se hace desde el punto de vista de la aportación de nutrientes para las plantas y de la mejora de su estructura como sistema edáfico capaz de retener nutrientes (Moreno Pérez et al., 2011).

Se propone la formulación de un producto de base orgánica y mineral que sirva como acondicionador de suelos para mejorar propiedades como el pH, producto de la acidificación del suelo y la pérdida de nutrientes esenciales (elementos menores y bases intercambiables), y otras que favorezcan la retención de humedad.

Para lo anterior, se cuenta con materias primas minerales extraídas en la región como calcitas, dolomitas y fosforitas que aportan calcio, magnesio y fósforo. La materia orgánica será aportada por remanente despulpado de café que podrá ser aplicado como producto transformado en compost o secado y aplicado directamente. Otro residuo aplicable a la mezcla es la cascarilla de arroz calcinado y pulverizado que aportaría dióxido de sílice (Prada & Cortés, 2010), el cual genera una actividad enzimática astringente que impide la acumulación de hongos o bacterias medianamente perjudiciales. Para generar una mezcla que logre un efecto acondicionador de suelos con contenidos bajos en nutrientes se hace necesaria la aplicación de elementos químicos que le permitan a la

planta absorber iones metálicos en suspensión, lo que requeriría de compuestos químicos altamente solubles en agua (Jaramillo J., 2002).

Materiales y métodos

Las materias primas como la roca fosfórica, la roca dolomita y las calizas, fueron caracterizadas en el laboratorio de análisis de suelos para uso agrícola de la Universidad Surcolombiana de Neiva, mediante metodologías normalizadas aplicables en Colombia (NTC 5167), y con todos los materiales y reactivos químicos requeridos para aplicar adecuadamente dichas metodologías, con el fin de determinar el contenido de elementos como calcio, magnesio, y fósforo, entre otros, para así determinar su aporte a las tres mezclas producidas.

Adicionalmente se adquirió un polímero hidroretenedor biodegradable, elemento de síntesis orgánica que no fue caracterizado y cuya función es la de mantener una reserva de agua que facilite los procesos biológicos para la transformación de las materias constituyentes de la mezcla acondicionadora de suelos y la solubilidad de las sustancias aportantes al suelo.

La metodología aplicada consistió en la realización de tres formulaciones para mezclas en estado sólido que proporcionaran al suelo los elementos necesarios de acondicionamiento para ser cultivados con cualquier tipo de cultivo que se pueda implementar por condiciones ambientales; el producto llevaría adicionalmente materia orgánica, para facilitar la metabolización según se requiriera.

Se experimentó inicialmente con mezclas basadas en las propiedades fisicoquímicas de los suelos principalmente acidificados por la pérdida de nutrientes, aprovechando el aporte de carbonato de calcio de los materiales minerales, generando un incremento en el pH de 5,5 hasta 6,5 como mínimo, para lograr puntos de neutralización que facilitarían los procesos bioquímicos que se presentan en la fase intercambiable del suelo por la acción de los microorganismos y la presencia de agua; esta facilita la formación de quelatos que son sustancias que se forman a partir de los elementos nutrientes para la planta, que son de fácil asimilación por las raíces de la misma.

Viabilidad económica en la selección de materias primas para el acondicionador de suelos: Para la selección de la mezcla óptima es necesario determinar el costo de los insumos, para calcular un posible precio de venta. Las composiciones probables de mezcla orgánica pueden oscilar de acuerdo a la Tabla 1.

Caracterización físico química de los componentes de la mezcla para acondicionadores de suelos: Características como la composición química y física, contenido de humedad, porcentaje de cenizas, poder calorífico y densidad aparente, son necesarias para un estudio de balance de materia, el cual nos indica la producción de óxidos y sulfatos a partir de material orgánico o mineral. De cada una de las materias primas se determinan los porcentajes obtenidos de los compuestos activos en la forma química que asimila la planta.

Tabla 1. Posible formulación, contraste costo de producto

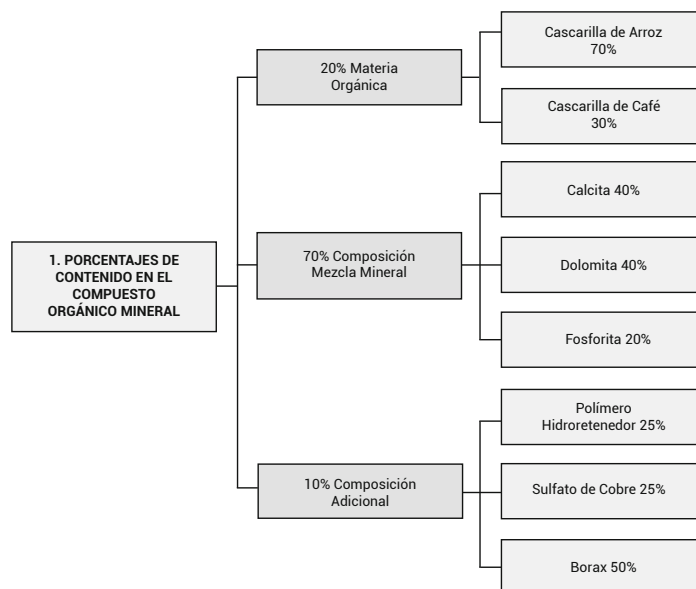
Producto	Cantidad (g)	Precio (\$) compra/ kg	Fórmula química	% de nutriente aportado
Bórax	10	2.100	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	Na(0,4%), B(0,38%)
Cascarilla de arroz	50	3.000	No aplica	P_2O_5 (1,82%)
Cascarilla de café	50	2.000	No aplica	N(0,39%) Ca(18,9%)
Sulfato de cobre	200	20.000	CuSO_4	Cu(39,81%) S(20,09%)
Cal dolomita	600	3.000	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	Ca(21,73%) Mg(13,18%) C(13,03%)
Sulfato de potasio	20	35.000	K_2SO_4	K(44,87%) S(18,40%)
Sulfato de zinc	50	50.000	ZnSO_4	Zn(40,51%) S(19,86%)
Fosforita	20	3.000	$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$	Ca(39,74%) P(18,43%)
Total de compuesto	1000	118.100		

Fuente: Construcción propia.

Los balances de materia de cada una de las propuestas permiten conocer la cantidad de cada componente de la mezcla total (materia orgánica, mineral, aditivos). Esto con el fin de conocer la cantidad adecuada a mezclar para cumplir con las especificaciones. A continuación se

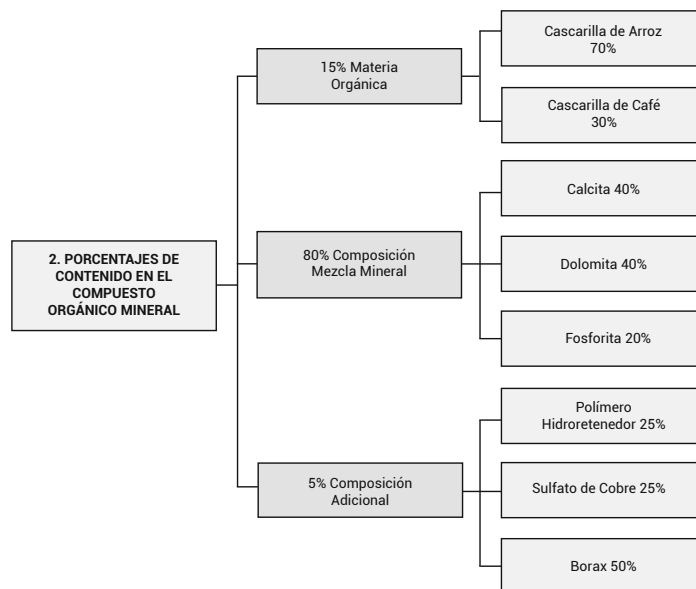
observan las gráficas de composición de las tres formulaciones propuestas.

Gráfica 1. Primera propuesta de composición de producto



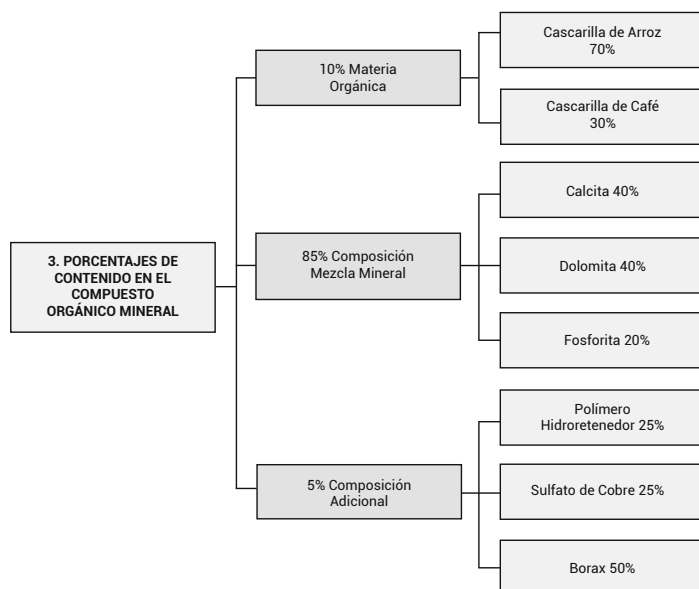
Fuente: Construcción propia

Gráfica 2. Segunda propuesta de composición de producto



Fuente: construcción propia

Gráfica 3. Tercera propuesta de composición de producto



Fuente: Construcción propia

Diferencia de calcita, dolomita y fosforita: En las tablas 2, 3, 4 y 5 se observan los resultados de cálculos de balance de materia de las tres posibles propuestas variando el porcentaje de materia orgánica en relación con la base mineral según lo propuesto anteriormente:

Tabla 2. Contraste entre el gramaje con relación a una muestra de 1000 g

COMPONENTE	CALCITA (40%) g	DOLOMITA (40%) g	FOSFORITA (20%) g
PROPUESTA 1 (20%)	280	280	140
PROPUESTA 2 (25%)	320	320	160
PROPUESTA 3 (30%)	340	340	170

Fuente: Construcción propia

Tabla 3. Diferencias entre propuesta 1 – propuesta 2

COMPONENTE	CALCITA (40%) g	DOLOMITA (40%) g	FOSFORITA (20%) g
PROPUESTA 1 (20%)	280	280	140
PROPUESTA 2 (25%)	320	320	160
DIFERENCIAS	40	40	20

Fuente: Construcción propia

Tabla 4. Diferencias entre propuesta 1 – propuesta 3

COMPONENTE	CALCITA (40%) g	DOLOMITA (40%) g	FOSFORITA (20%) g
PROPUESTA 1 (20%)	280	280	140
PROPUESTA 3 (30%)	340	340	170
DIFERENCIAS	60	60	30

Fuente: Construcción propia

Tabla 5. Diferencias entre propuesta 2 – propuesta 3

COMPONENTE	CALCITA (40%) g	DOLOMITA (40%) g	FOSFORITA (20%) g
PROPUESTA 2 (25%)	320	320	160
PROPUESTA 3 (30%)	340	340	170
DIFERENCIAS	20	20	10

Fuente: Construcción propia

Tabla 6. Diferencias de materia orgánica (ceniza de cascarilla de arroz)

CASCARILLA DE ARROZ		CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	
Componente	%	Componente	%
Carbono	39,1	Ceniza de Sílice (SiO ₂)	94,1
Hidrógeno	5,2	Óxido de Calcio (CaO)	0,55
Nitrógeno	0,6	Óxido de magnesio (MgO)	0,95
Oxígeno	37,2	Óxido de Potasio (K ₂ O)	2,10
Azufre	0,1	Óxido de Sodio (Na ₂ O)	0,11
Cenizas	17,8	Sulfato	0,06
		Cloro	0,05
		Óxido de titanio (TiO ₂)	0,05
		Óxido de aluminio (Al ₂ O ₃)	0,12
		Otros componentes (P ₂ O ₅ , F ₂ O ₃)	1,82
Total	100,0	Total	100,0

Fuente: Agronomía Colombiana (1991)

Teniendo en cuenta esta composición, y conociendo los porcentajes de cascarilla de arroz y cascarilla de café en cada una de las propuestas, mediante balances de materia, podrá encontrarse la composición total de la muestra de 1000 g para cada uno de los casos (Tabla 7).

Tabla 7. Elementos nutrientes con base en óxidos obtenidos por cada una de las propuestas

COMPONENTE	SiO ₂ (g)	CaO (g)	MgO (g)	K ₂ O (g)	Na ₂ O (g)	SO ₄ (g)
PROPUESTA 1 (20%)	131,74	0,77	1,33	2,94	0,154	0,084
PROPUESTA 2 (25%)	98,805	0,5775	0,9975	2,205	0,1155	0,063
PROPUESTA 3 (30%)	65,87	0,385	0,665	1,47	0,077	0,042

COMPONENTE	Cl (g)	TiO ₂ (g)	Al ₂ O ₃ (g)	P ₂ O ₅ (g)	F ₂ O ₃ (g)
PROPUESTA 1 (20%)	0,07	0,07	0,168	1,274	1,274
PROPUESTA 2 (25%)	0,0525	0,0525	0,126	0,9555	0,9555
PROPUESTA 3 (30%)	0,035	0,035	0,084	0,637	0,637

Fuente: Construcción propia

En las tablas 8, 9 y 10, se comparan las cantidades de los diferentes componentes respecto a cada una de las fórmulas propuestas.

Tabla 8. Diferencia entre propuesta 1 – propuesta 2

COMPONENTE	SiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₄
PROPUESTA 1 (20%)	131,74	0,77	1,33	2,94	0,154	0,084
PROPUESTA 2 (25%)	98,805	0,5775	0,9975	2,205	0,1155	0,063
DIFERENCIA (g)	32,935	0,1925	0,3325	0,735	0,0385	0,021

COMPONENTE	Cl (g)	TiO ₂ (g)	Al ₂ O ₃ (g)	P ₂ O ₅ (g)	F ₂ O ₃ (g)
PROPUESTA 1 (20%)	0,07	0,07	0,168	1,274	1,274
PROPUESTA 2 (25%)	0,0525	0,0525	0,126	0,9555	0,9555
DIFERENCIA (g)	0,0175	0,0175	0,042	0,3185	0,3185

Fuente: Construcción propia

Tabla 9. Diferencia entre propuesta 1 – propuesta 3

COMPONENTE	SiO ₂ (g)	CaO (g)	MgO (g)	K ₂ O (g)	Na ₂ O (g)	SO ₄ (g)
PROPUESTA 1 (20%)	131,74	0,77	1,33	2,94	0,154	0,084
PROPUESTA 3 (30%)	65,87	0,385	0,665	1,47	0,077	0,042
DIFERENCIA (g)	65,87	0,385	0,665	1,47	0,077	0,042

COMPONENTE	Cl (g)	TiO ₂ (g)	Al ₂ O ₃ (g)	P ₂ O ₅ (g)	F ₂ O ₃ (g)
PROPUESTA 1 (20%)	0,07	0,07	0,168	1,274	1,274
PROPUESTA 3 (30%)	0,035	0,035	0,084	0,637	0,637
DIFERENCIA (g)	0,035	0,035	0,084	0,637	0,637

Fuente: Construcción propia

Tabla 10. Diferencia entre propuesta 2 – propuesta 3

COMPONENTE	SiO ₂ (g)	CaO (g)	MgO (g)	K ₂ O (g)	Na ₂ O (g)	SO ₄ (g)
PROPUESTA 2 (25%)	98,805	0,5775	0,9975	2,205	0,1155	0,063
PROPUESTA 3 (30%)	65,87	0,385	0,665	1,47	0,077	0,042
DIFERENCIA (g)	32,935	0,1925	0,3325	0,735	0,0385	0,021

COMPONENTE	Cl (g)	TiO ₂ (g)	Al ₂ O ₃ (g)	P ₂ O ₅ (g)	F ₂ O ₃ (g)
PROPUESTA 2 (25%)	0,0525	0,0525	0,126	0,9555	0,9555
PROPUESTA 3 (30%)	0,035	0,035	0,084	0,637	0,637
DIFERENCIA (g)	0,0175	0,0175	0,042	0,3185	0,3185

Fuente: Construcción propia

Conclusiones

- De las posibles formulaciones se seleccionan la propuesta 1 (20% de materia orgánica) y 2 (15% de materia orgánica) debido a su mayor aporte de material orgánico.
- El aporte de carbonatos de las dos propuestas podría generar en algunas situaciones específicas la alcalinización del suelo, lo que inhibiría la acción de los elementos químicos adicionados como el bórax y el sulfato de cobre, cuya función es la de aportar elementos menores al suelo con un grado elevado de disponibilidad de asimilación para la planta.
- Estos compuestos químicos se deberían adicionar al suelo después de la acción de corrección y acondicionamiento de las fórmulas propuestas para la fase experimental de acuerdo al cultivo.
- En cuanto a las mezclas propuestas, se manejaría cada una de las materias primas pulverizadas, esto facilita la acción de mezclado en planta reduciendo procesos unitarios y maquinaria requerida para la operación, reduciendo los costos de implementación.

- Las formulaciones generadas deberán ser probadas en cuanto a la efectividad de forma práctica mediante un diseño de experimentos en campo con un cultivo base específico para determinar rendimiento y dosificación, y así pensar en la presentación final del producto.
- El estado de las materias primas y de las mezclas sólidas propuestas, garantiza la durabilidad en su composición en un periodo teórico de cuatro a seis meses, lo que permite que la posible planta de proceso no requiera de una instalación o una infraestructura demasiado tecnificada, lo cual asegura el stock de inventario de producto y materias primas.

Bibliografía

Agronomía Colombiana. (1991). Composición de la cascarilla de arroz. *Agronomía colombiana*, volumen 8 número 2: 322-335 .

Blanco Sandoval, J. O. (2006). *Acondicionadores y mejoradores del suelo*. Bogotá: Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria – PRO-NATTA, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

Jaramillo J., D. F. (2002). *Introducción a la Ciencia del Suelo*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

Marín, M. G. (1974). Acidez y Encalamiento. *Boletín Didáctico ICA No.3 Tibaitatá, Bogotá, 24p.*

Moreno Pérez, R., García Martín, T., Storch de Gracia y Asensio, J. M., Muñoz Hernández, M., Yáñez Conde, E., & Pérez Arellano, E. (2011). Fertilización y corrección edáfica de suelos agrícolas con productos orgánicos. *Tecnología y Desarrollo: Revista de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente*, Vol. IX.

Prada, A., & Cortés, C. E. (2010). La descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral. *Orinoquía 14 sup (1)*, 155-170.