



DOI: 10.26820/reciamuc/4.(2).abril.2020.94-114

URL: <https://reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/483>

EDITORIAL: Saberes del Conocimiento

REVISTA: RECIAMUC

ISSN: 2588-073X

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Artículo de Revisión

CÓDIGO UNESCO: 2505 Geografía;

2505.03 Geografía de Los Recursos Naturales

PAGINAS: 94-114







Determinación y mapeación de la fertilidad mediante los sistemas de información geográfica (SIG), de los suelos cantón Machala provincia de el Oro

Determination and mapping of fertility using geographic information systems (GIS), in the Machala canton province of El Oro

Determinação e mapeamento da fertilidade usando sistemas de informação geográfica (SIG), na província de El Oro, no cantão de Machala

María Elena Yáñez Romero¹; Emilio Francisco Espinoza Scaldaferrri²; Freddy Alberto Pereira Guanuche³; Kenya Selene Ruiz Veintimilla⁴

RECIBIDO: 18/01/2020 **ACEPTADO:** 20/03/2020 **PUBLICADO:** 30/04/2020

1. Magister en Ingeniería Industrial y Productividad MSC; Ingeniera Química; Investigador Independiente; Machala, Ecuador; elenayanez@hotmail.com;  <https://orcid.org/0000-0002-0276-4421>
2. Ingeniero Agrónomo; Investigador Independiente; Machala, Ecuador; emilio.espinoza.s@hotmail.es;  <https://orcid.org/0000-0003-1726-2085>
3. Magister en Enseñanza de la Física; Diploma Superior en Docencia Universitaria; Doctor en Química Industrial; Químico Industrial; Universidad Técnica de Machala; Machala, Ecuador; fpereira@utmachala.edu.ec;  <https://orcid.org/0000-0001-6133-6390>
4. Doctora en Bioquímica y Farmacia; Bioquímico Farmacéutico; Universidad Técnica de Machala; Machala, Ecuador; kruiuz@utmachala.edu.ec;  <https://orcid.org/0000-0002-7922-9427>

CORRESPONDENCIA

María Elena Yáñez Romero

elenayanez@hotmail.com

Machala, Ecuador

RESUMEN

En la actualidad se están utilizando los Sistemas de información geográfica (SIG). La formación de una base de datos geográficos de los diferentes niveles en que están presentes los elementos indispensables para las plantas puede ayudar a la planificación, y a un mejor manejo de los suelos. Mediante el procesamiento y la interpretación de los resultados de los análisis se pudo conocer el estado de los suelos y con ayuda de los programas se pudo procesar para que estos pudieran ser visuales y mucho más explicativos. El área en estudio, políticamente se encuentra ubicada en la provincia de El Oro-Ecuador; el cantón tiene 353.6 km² de superficie, que equivale aproximadamente al 5,57 % de la superficie total de la provincia. Los protocolos para los análisis de suelos fueron: para la materia orgánica, Walkley y Black; para el análisis mecánico, Bouyucus; para la capacidad de intercambio catiónico, Formaldehído; para la conductividad eléctrica, el Conductómetro; para las bases cambiables Na⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, los macro y micronutrientes N, P, K, Ca, S, B, Fe, Cu, Zn, Mn, el espectrofotómetro de absorción atómica: y pH, conductómetro. Para los cálculos fertilización se usó el cuadro de recomendaciones y se consideró un cultivo en producción. Se obtuvo que: el material de origen del que está formado el suelo tiene en su interior una gran variedad de minerales. La roca madre que dio origen a los suelos es de tipo sedimentario detrítico. El material de origen de los suelos y los factores climáticos incidieron en la presencia de arenas, limos y arcillas en las clases texturales. La mayoría de los suelos tendieron a la neutralidad y a la basicidad. La materia orgánica fue pobre en el cantón. En el nitrógeno predomina el nivel muy bajo. Los macro y micronutrientes tuvieron una distribución irregular y de variadas concentraciones. La capacidad de intercambio catiónico aumentó en las zonas donde existió predominio de limos y arcillas. Los mapas obtenidos fueron: textura, capacidad de intercambio catiónico, conductividad eléctrica, materia orgánica, Na⁺ Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺ cambiables, pH, N, P, K, S, y complementariamente B, Fe, Cu, Zn, Mn..

Palabras clave: Sistemas de información geográfica, macro y micronutrientes, factores climáticos, cantón Machala.

ABSTRACT

Geographical Information Systems (GIS) are currently being used. The formation of a geographic database of the different levels in which the essential elements for plants are present can help planning and better soil management. By processing and interpreting the results of the analyzes, it was possible to know the state of the soils and with the help of the programs it was possible to process them so that they could be visual and much more explanatory. The area under study, politically, is located in the province of El Oro-Ecuador, the canton has 353.6 km² of surface, which is equivalent to approximately 5.57% of the total surface of the province. The protocols for soil analysis were: for organic matter, Walkley and Black; for mechanical analysis, Bouyucus; for cation exchange capacity, Formaldehyde; for electrical conductivity, the Conductometer; for changeable bases Na⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, the macro and micronutrients N, P, K, Ca, S, B, Fe, Cu, Zn, Mn, the atomic absorption spectrophotometer: and pH, conductometer. For the fertilization calculations, the table of recommendations was used and a production crop was considered. It was obtained that: the source material from which the soil is formed has a great variety of minerals inside. The bedrock that gave rise to the soils is detrital sedimentary type. The material of origin of the soils and the climatic factors influenced the presence of sands, silts and clays in the textural classes. Most of the soils tended to neutrality and basicity. Organic matter was poor in the canton. Very low level predominates in nitrogen. The macro and micronutrients had an irregular distribution and varied concentrations. The cation exchange capacity increased in areas where there was a predominance of silts and clays. The maps obtained were: texture, cation exchange capacity, electrical conductivity, organic matter, Na⁺ Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺ changeable, pH, N, P, K, S, and in addition B, Fe, Cu, Zn, Mn.

Keywords: Geographic information systems, macro and micronutrients, climatic factors, Machala canton.

RESUMO

Sistemas de informação geográfica (SIG) estão sendo usados atualmente. A formação de um banco de dados geográfico dos diferentes níveis nos quais os elementos essenciais das plantas estão presentes pode ajudar a planejar e melhorar o gerenciamento do solo. Ao processar e interpretar os resultados das análises, foi possível conhecer o estado dos solos e, com a ajuda dos programas, foi possível processá-los para que fossem visuais e muito mais explicativos. A área em estudo, politicamente, está localizada na província de El Oro-Ecuador, o cantão tem 353,6 km² de superfície, o que equivale a aproximadamente 5,57% da superfície total da província. Os protocolos de análise de solo foram: para matéria orgânica, Walkley e Black; para análise mecânica, Bouyucus; para capacidade de troca catiônica, formaldeído; para condutividade elétrica, o Condutômetro; para bases alteráveis Na⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, macro e micronutrientes N, P, K, Ca, S, B, Fe, Cu, Zn, Mn, espectrofotômetro de absorção atômica: e pH, condômetro. Para os cálculos de fertilização, foi utilizada a tabela de recomendações e considerada uma safra de produção. Foi obtido que: o material de origem do qual o solo é formado possui uma grande variedade de minerais no interior. O leito rochoso que deu origem aos solos é do tipo sedimentar detrítico. O material de origem dos solos e os fatores climáticos influenciaram a presença de areias, silte e argilas nas classes de textura. A maioria dos solos tendia à neutralidade e basicidade. A matéria orgânica era pobre no cantão. Um nível muito baixo predomina no nitrogênio. Os macro e micronutrientes apresentaram distribuição irregular e concentrações variadas. A capacidade de troca catiônica aumentou nas áreas onde houve predominância de silte e argila. Os mapas obtidos foram: textura, capacidade de troca catiônica, condutividade elétrica, matéria orgânica, Na⁺ Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺ mutável, pH, N, P, K, S e, além disso, B, Fe, Cu, Zn, Mn.

Palavras-chave: Sistemas de informação geográfica, macro e micronutrientes, fatores climáticos, cantão de Machala.

Introducción

Por suelo debe entenderse al sustrato formado a través del tiempo y por la interacción de los diferentes factores climáticos que actúan sobre la roca madre que es de donde proviene la capa arable a la cual va a dar origen. Dependiendo de este material parental se va a determinar las características, físicas y químicas futuras de la tierra, las cuales darán paso a la fácil o difícil transportación de los nutrimentos que las plantas necesitan.

El complejo del suelo es el responsable de la nutrición de las plantas ya que contiene en su interior los elementos que ellas necesitan. Éstos dependen directamente de las propiedades físicas y químicas de la tierra que estriba en el porcentaje de las fracciones de arena, limo y arcilla en que se encuentren presentes, además de la cantidad de materia orgánica, para su fijación en el suelo y así poder las raíces de las plantas tomarlos.

Para el conocimiento de las condiciones en la actualidad del estado de formación cartográfica se están utilizando los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Los SIG, así como los datos geográficos, la cartografía y el monitoreo del espacio temporal del uso de la tierra permiten profundizar el análisis integrado de la dinámica espacial temporal del uso de las tierras y de las medidas de sostenibilidad agrícola que pueden ser confrontados cartográficamente, y de forma digital, con la capacidad de producción de los recursos naturales involucrados.

La realización tuvo efecto en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, los procedimientos fueron elaborados por el autor a excepción de los que fueron contratados por no poder contar.

Materiales y métodos

El área en cuestión es el cantón Machala ubicado en la provincia de El Oro, región siete, Ecuador. Tiene una superficie de 339,54 km², que en relación con la provincia vendría a representar el 5,86 % de la extensión total.

El cantón Machala se encuentra entre las siguientes coordenadas geográficas:

Norte:

- 616433 UTM
- 9647407 UTM

Sur:

- 615342 UTM
- 9620572 UTM

Este:

- 629776 UTM
- 9638032 UTM

Oeste:

- 607653 UTM
- 9630343 UTM

Altitud: La altitud del cantón Machala va desde 0 hasta 5 msnm. La formación ecológica corresponde a cuatro zonas de vida: monte espinoso tropical (me-T), monte espinoso subtropical (me-sT), bosque seco tropical (bs-T), y bosque húmedo subtropical (bh-sT) según Holdridge, con una temperatura que fluctúa entre 22 y 28 °C, y una precipitación que va de 48,6 a 830,5 mm promedio anual.

El muestreo de suelo fue realizado por el autor y las muestras que reposan en el almacén del Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala.

Los factores a estudiarse fueron: textura y materia orgánica en %. Capacidad de intercambio catiónico en meq/100 g. Conductividad eléctrica en mms/cm. Na⁺, Ca⁺⁺,

Mg⁺⁺ y K⁺⁺ en me/100g. N, P, K, S, B, Fe, Cu, Zn, Mn en ug/ml.

Materia Orgánica, protocolo de Walkley Black

1) Materiales: un gramo de suelo, balón aforado de 100 ml, pipeta de 10 ml, vaso graduado de 20 ml, Erlenmeyer de 250 ml, Bureta y piceta.

2) Reactivos: dicromato de potasio 1N, ácido sulfúrico concentrado, agua destilada, ácido fosfórico al 85%, difenilamina y sulfato ferroso amoniacal 0,2 N.

3) Procedimiento:

- Pesar 1 gramo de suelo seco tamizado a 2 mm,
- Poner la muestra en un balón aforado de 100 ml,
- Medir exactamente en una pipeta de 10 ml Dicromato de Potasio 1N y agregarlo

sobre la muestra,

- Medir en un vaso graduado de 20 ml ácido sulfúrico concentrado y agregarlo cuidadosamente a la muestra a través de las paredes del balón,
- Agitar el balón y dejar en digestión durante 15 a 30 minutos,
- Aforar el balón con agua destilada y dejar enfriar. Restablecer exactamente el nivel de aforo cuando se haya enfriado la solución,
- Extraer 10 ml de la solución exactamente medido con una pipeta aforada y colocarla en un Erlenmeyer de 250 ml,
- Agregar en el Erlenmeyer 3 ml de Ácido Fosfórico al 85% y 6 gotas de Difenilamina,
- Titular el contenido del Erlenmeyer con Sulfato Ferroso Amoniacal 0,2 N hasta viraje verde claro; y,
- Determinar el gasto del sulfato medido en la bureta y calcular el porcentaje de materia orgánica de la siguiente manera:

$$\%C = \frac{(\text{gasto del dicromato} - \text{gasto del sulfato ferroso amoniacal}) \times 0,4}{\%MO}$$

$$= \%C \times 1,724$$

Interpretación del contenido de materia orgánica

- 0 - 1,9% muy bajo
- 2,0 - 2,9% bajo
- 3,0 - 4,9% medio
- 5,0 - 10,0% alto
- + 10,0% muy alto

Análisis mecánico, protocolo de Bouyoucus

1. Materiales: 50 g de suelo, dispersadora, varilla de vidrio, probeta de sedimentación e hidrómetro.
2. Reactivos: oxalato de sodio saturado, hidróxido de sodio 1 Normal y agua.
3. Procedimiento:

- Pesar 50 g de suelo secado al aire y tamizado 2 mm de diámetro(TFSA). Si el suelo es muy arenoso se pesan 100 gramos,
- Colocar la muestra pesada en el vaso de la dispersadora y agregar agua hasta la mitad de su capacidad,
- Agregar 5 ml de oxalato de sodio saturado y 5 ml de hidróxido de sodio 1 Normal y agitar con una varilla de vidrio,
- Instalar el vaso en la máquina y dispersar durante 5 minutos,
- Concluida la dispersión pasar la suspensión a la probeta de sedimentación empleando una piceta para remover todas las partículas,
- Agregar agua a la probeta hasta la línea de aforo 1130 ml si se emplean 50 g de suelo, ò 1250 si se utilizan 100 g . Debe

- tenerse la precaución de realizar el aforo con el hidrómetro dentro de suspensión,
- Agitar la probeta tapándolo con la palma de la mano y volteándolo sucesivamente de arriba para abajo hasta conseguir la remoción de todo el suelo sedimentado en el fondo,
 - Colocar la probeta sobre la mesa e introducir lentamente el hidrómetro. Se agregan unas gotas de alcohol amílico si hay formación de espuma,
 - Hacer la primera lectura del hidrómetro a los 40 segundos de iniciada la sedimentación, luego se medir con el termó-

- metro la temperatura de la suspensión,
- Efectuar una segunda lectura de la densidad medida por el hidrómetro a las dos horas de iniciada la sedimentación, registrar la temperatura,
- Efectuar la corrección de la densidad medida con el hidrómetro sumando o restando 0,11 por cada grado centígrado superior o inferior a 20 grados respectivamente; y,
- Registrar la primera lectura como A y la segunda como B y luego calcular los porcentajes de arena, limo y arcilla con las siguientes fórmulas:

$$\% \text{ de Arena} = 100 - \frac{A}{B} \times 100$$

$$\% \text{ de Arcilla} = \frac{B}{P} \times 100$$

$$\% \text{ de limo} = 100 - (\% \text{ de arena} + \% \text{ de arcilla})$$

Donde P es el peso de la muestra

Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), protocolo del Formaldehído

1) Materiales: 5 g de suelo, embudos, papel filtro, erlenmeyer de 250 ml, pipeta volumétricas de 25, 20 y 10 ml y bureta.

2) Reactivos: acetato de amonio 1 N, alcohol etílico, cloruro de sodio al 10 %, formol al 40 %, hidróxido de sodio 0,1N y fenolftaleína al 1 %.

3) Procedimiento:

- Pesarse 5 g de suelo,
- Lavar el suelo con 100 ml de agua destilada,
- Agregar 25 ml de acetato de amonio 1N pH 7.0,
- Agitar por espacio de 30 minutos y dejar reposar 15 minutos,
- Filtrar y pasar más acetato hasta completar 100 ml, recibir el filtrado en botellitas de polietileno y guardar el filtrado

para determinar Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺ y K⁺ cambiables,

- Lavar el suelo que queda en el embudo con 100 ml de alcohol etílico para eliminar el exceso de amonio en porciones de 20 ml por cinco ocasiones,
- Lavar el suelo con solución de cloruro de sodio al 10%, agregando porciones de 10 ml durante 5 veces,
- Agregar al filtrado de cloruro de sodio, 10 ml de formol al 40% neutralizado,
- Titular el contenido con hidróxido de sodio 0,1N, usando como indicador fenolftaleína al 1%; y,
- Hacer un blanco con agua destilada, cloruro de sodio y formol.

$$\begin{aligned} \text{C.I.C.} &= \text{gasto NaOH } 0,1\text{N} \times 2 \\ \text{C I C} &= \text{meq}/100\text{g de suelo} \end{aligned}$$

Conductividad Eléctrica, Protocolo del Conductómetro

- 1) Materiales: vaso, varilla de vidrio y conductómetro.
- 2) Reactivos: agua destilada.

3) Procedimiento:

- Pesar 50 g de suelo y los ubicarlos en un vaso con 150 ml de agua destilada,
- Batir durante media hora; y,
- Proceder a hacer la lectura con el conductómetro.

N, P, K, Ca, Mg, Na, S, B, Fe, Zn, Mn, Cl y Mo. Protocolo del Espectrofotómetro de Absorción Atómica

1) Materiales: espátula, varilla de vidrio, vaso de precipitación y suelo.

2) Reactivos: solución extractante, agua destilada y óxido de lantano.

3) Procedimiento:

- Medir 2,5 ml de suelo y luego agregar 25 ml de la solución extractante,
- Agitar durante 10 minutos y luego filtrar,
- Tomar 1 ml de alícuota del filtrado y luego agregar 9 ml de agua destilada,
- Añadir 15 ml de óxido de lantano al 1%,
- Hacer la curva de calibrado tomando como punto alto las soluciones patrones de 50 – 250 – 50 ug/ml de K, Ca, Mg respectivamente y como cero la solución extractante; y,
- Realizar las lecturas en el espectrofotómetro de absorción atómica.

Sodio, calcio, magnesio y potasio cambiables. Protocolo del Espectrofotómetro de Absorción Atómica

1) Materiales: espátula, varilla de vidrio, vaso de precipitación y suelo.

2) Reactivos: cloruro de potasio 1 N, agua destilada y óxido de lantano.

3) Procedimiento:

- Medir 2,5 ml de suelo y se le agregan 25 ml de solución de cloruro de potasio 1 N luego se debe agitar 10 minutos y filtrar,
- Tomar una alícuota de 1 ml del filtrado y enseguida se agrega 9 ml de agua destilada,
- Añadir 15 ml de solución de óxido de

lantano al 1%,

- Hacer la curva de calibrado tomando como punto alto la solución patrón de 250 y 50 ug/ml de Ca y Mg, respectivamente y como cero la solución extractora, realizar las mismas diluciones del segundo literal,
- Realizar las lecturas en el espectrofotómetro de absorción atómica,
- Preparar una solución patrón que contenga 12.500 ug/ml de Ca y otra de 5.000 ug/ml de Mg, para esto se necesita pesar 45,85 g de cloruro de calcio dihidratado y 41,80 g de cloruro de magnesio hexahidratado y disolver por separado en la solución extractora de 1N de cloruro de potasio hasta el volumen de 1 litro.
- Luego de la solución de 12.500 ug/ml de Ca tomar 20 ml y de la solución de 5.000 ug/ml de Mg tomar 10 ml y colocar juntos en un frasco volumétrico de 1.000 ml y aforar con la solución extractora 1N de cloruro de potasio para obtener concentraciones finales de 250 ug/ml y 50 ug/ml de Ca y Mg respectivamente; y,
- La solución de Lantano al 1% es la misma que se usa para la determinación de K.

Los pasos a seguir para determinar las recomendaciones de fertilización son los siguientes:

1.) Interpretación de análisis de suelo según el cuadro 1.

N= 30 ug/ml
P₂O₅= 21 ug/ml
K₂O= 199 ug/ml

Tabla 1. Interpretación de los principales nutrientes del suelo del Sur del Ecuador

Nutriente	Unidad de expresión	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
CO	%	<1,16	1,16- 2,32	2,32- 3,48	3,48- 4,64	>4,64
MO	%	<2,00	2,00- 4,00	4,00- 6,00	6,00 - 8,00	>8,00
N Total	%	<0,1	0,10- 0,20	0,20- 0,40	0,40- 0,60	>0,60
N	ug/ml	<20,00	20,00- 40,00	40,00- 60,00	60,00- 80,00	>80,00
P ₂ O ₅	ug/ml	<10,00	10,00- 20,00	20,00- 30,00	30,00- 40,00	>40,00
K ₂ O	ug/ml	<50,00	50,00- 100,0	100,0- 200,0	200,0- 250,0	>250,0
CIC	me/100g	<9,00	9,00- 18,00	18,00- 27,00	27,00- 36,00	>36,00
Ca ⁺⁺	me/100g	<2,00	2,00- 4,00	4,00 – 6,00	6,00- 8,00	>8,00
Mg ⁺⁺	me/100g	<0,60	0,60- 1,20	1,20- 1,80	1,80- 2,40	>2,40
K ⁺	me/100g	<0,20	0,20- 0,40	0,40- 0,60	0,60- 0,80	>0,80
Na ⁺	me/100g	<0,50	0,50- 1,00	1,00- 1,50	1,50- 2,00	>2,00
B	ug/ml	<0,30	0,30- 0,60	0,60- 0,90	0,90- 1,20	>1,20
Cu	ug/ml	<1,50	1,50- 3,00	3,00- 4,50	4,50- 6,00	>6,00
Zn	ug/ml	<2,00	2,00- 4,00	4,00- 6,00	6,00- 8,00	>8,00
Fe	ug/ml	<15,00	15,00- 30,00	30,00- 45,00	45,00- 60,00	>60,00
Mn	ug/ml	<3,70	3,70- 7,4	7,4 – 11,10	11,10- 14,80	>14,80
S	ug/ml	<25,00	25,00- 50,00	50,00- 75,00	75,00- 100,0	>100,0
Al ⁺⁺⁺	me/100g	<0,30	0,30- 0,60	0,60- 0,90	0,90- 1,20	>1,20
CEES	mms/cm	<2,00	2,00- 4,00	4,00- 6,00	6,00- 8,00	>8,00

Fuente: Autores 2020

Tabla 2. Recomendación de fertilización para el cultivar banano, para una población aproximada de 1500 plantas/ha

Interpretación del análisis de suelo	N	P ₂ O ₅ Kg/Ha	K ₂ O
Muy bajo	300	200	320
Bajo	240	160	250
Medio	180	120	180
Alto	120	80	120
Muy alto	60	40	50

Fuente: Autores 2020

- N = bajo = 240 kg/ha
- P₂O₅ = medio = 120 kg/ha
- K₂O = alto = 120 kg/ha

3.) Realizar, una primera corrección, en base a los datos originales del análisis de suelos, así:

N= bajo, de 20 - 30 - 40 ug/ml, como el dato original es 30 ug/ml, está en el medio entonces no se requiere corrección, por lo que la recomendación queda en 240 kg/ha. Cabe recalcar que si el dato original estuviera más cerca del límite superior que del medio entonces se le disminuiría 15 kg/ha a la recomendación, y si estuviera más cerca del límite inferior se le adicionaría la misma cantidad a la recomendación.

P₂O₅ = medio, de 20 - 25 - 30 ug/ml, como el dato original es de 21 ug/ml, se aproxima a 20 ug/ml, es necesario incrementar 10 kg/ha, a la recomendación que es de 120 kg/ha + 10 kg/ha = 130 kg/ha. Esto en respuesta al criterio de incrementar o disminuir así: se la recomendación es menor a 100 kg/ha, se aumenta o disminuye 5 kg/ha. Si la recomendación es de entre 100 y 200 kg/ha, se aumenta o disminuye en 10 kg/ha. Si la recomendación es entre 200 y 300 kg/ha, se aumenta o disminuye en 15 kg/ha. Si la recomendación se encuentra entre 300 y 400 kg/ha, se aumenta o disminuye en 20

kg/ha.

K₂O = alto, de 150 - 175 - 200 ug/ml, como el dato original es de 199 ug/ml, se aproxima a 200 ug/ml, es necesario disminuir en 10 kg/ha, a la recomendación que es de 120 kg/ha – 10 kg/ha = 110 kg/ha.

4.) Realizar una segunda corrección, en base a las características globales, en las que se efectúa el cultivar, como: riego, secano, textura, suelo extremadamente ácido, suelo extremadamente alcalino, precio de los fertilizantes, facilidad o dificultado para conseguir los fertilizantes, vías de comunicación que influyen en el transporte de los insumos y de las cosechas, precio de la producción en el mercado; y, otros más, así:

- Recomendación original: 240-120-120
- Recomendación en base a la primera corrección: 240-130-110
- Recomendación en base a la segunda corrección que es favorable, se incrementa la dosificación, con el criterio indicado en el punto 3, y queda:
 - 240+15= 255
 - 130+10= 140
 - 110+10= 120

5.) Establecer un nivel máximo, y mínimo, que se entregan al usuario, así:

Máximo:

- 255+15= 270
- 140+10= 150
- 120+10= 130

Mínimo:

- 255-15= 240
- 140-10= 130
- 120-10= 110

Por consiguiente los niveles quedan así:

- Máximo: 270 – 150 – 130
- Mínimo: 240 – 130 – 110

6.) El técnico o usuario, luego de un último estudio detallado en función de las características del punto 4, decide cual de los niveles aplicar al campo. Para el presente caso, por ser positivos se escoge el nivel máximo: 270 – 150 – 130.

En todas las recomendaciones hechas en

esta investigación se ha considerado características positivas.

Las recomendaciones de encalado se han hecho en función del pH para lo cual se aplicarán 4000 kg/ha de cal de pureza 85 %, y finura que el 65 % atraviese el tamiz de 2 mm, para elevar una unidad de pH.

La elaboración de los mapas de textura, capacidad de intercambio catiónico, conductividad eléctrica, fertilidad, pH, materia orgánica, y bases cambiables, se los realizó en el programa ArcGis 9.2, para lo cual se hace primero una base de datos en una hoja de Excel, cuidando que al guardar el archivo se haga en formato compatible 97-2003 el cual es detectable en el programa pues los posteriores no los lee.

Resultados y Discusión

Mapas de los niveles de los elementos de la zona en investigación

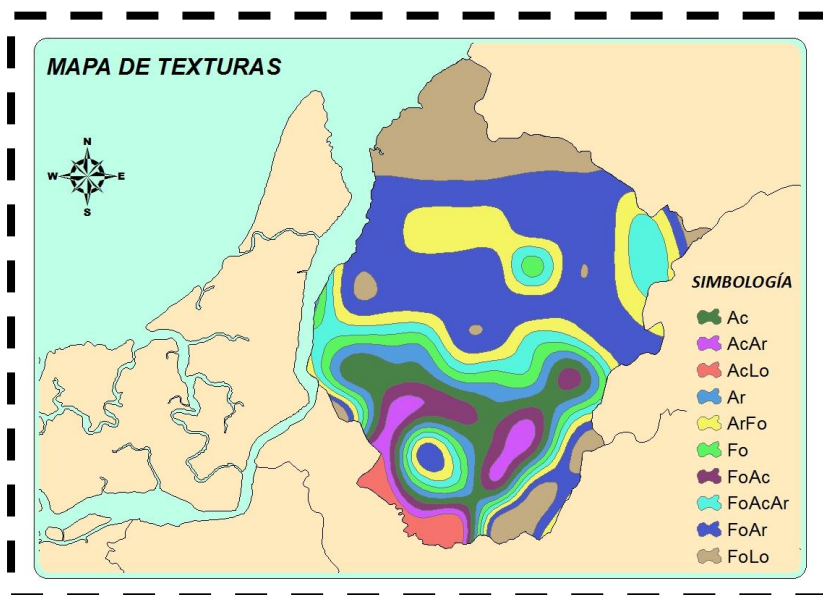


Figura 1. Mapa de las clases texturales y su distribución en el cantón Machala. 2010

Fuente: Los Autores

Nota: La variedad de texturas en el cantón se deben a que como los suelos son de tipo sedimentario, estos han pasado por un tiempo prolongado en procesos de edafización y las partículas se han desprendido de las rocas originarias. Además los granos de suelo se han ido descomponiendo con el tiempo hasta dar lugar a partículas más pequeñas como los

limos y las arcillas. Además se debe acotar que al parecer las arcillas existentes en el suelo son de tipo 2:1, como la monmorillonita, vermiculita, beidelita, etc, puesto que tenemos poca presencia de estas en muchos sitios pero sin embargo la capacidad de intercambio catiónico es alta y no se relaciona con la determinada materia orgánica puesto que es baja también.

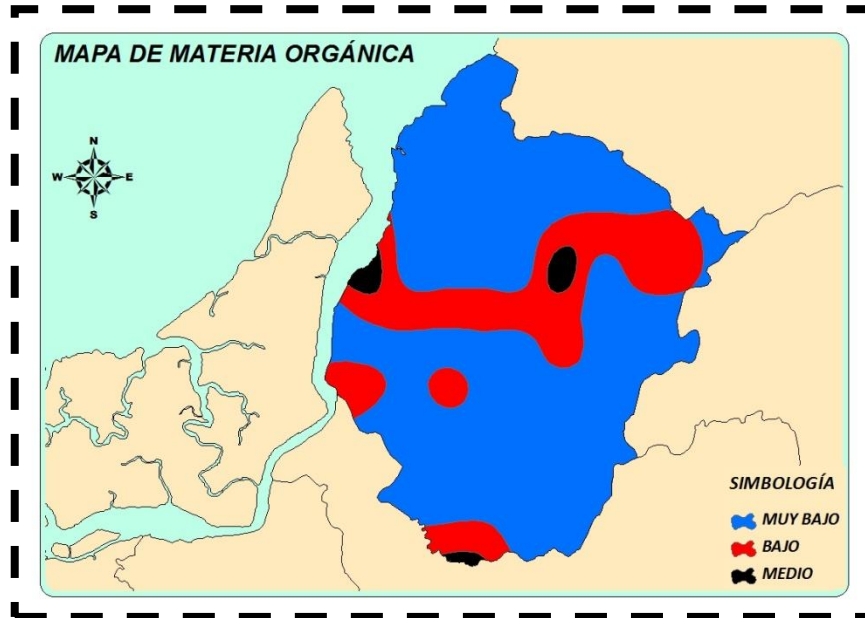


Figura 2. Mapa de los niveles de la materia orgánica y su distribución en el cantón Machala. 2010

Fuente: Los Autores

Nota: La poca existencia de materia orgánica se debe a la alta temperatura y humedad que existe en nuestro cantón ya que estos propician la descomposición de ésta y se descompone tan rápido que el suelo no tiene tiempo de retenerla. Esto puede ocasionar una baja en la capacidad de intercambio catiónico, aunque en estos suelos esta condición es recompensada por la textura. También se puede apreciar lo que refleja una baja de nitrógeno en general en la que se puede dar cuenta también que guarda relación directa con este elemento pues las figuras son casi idénticas.

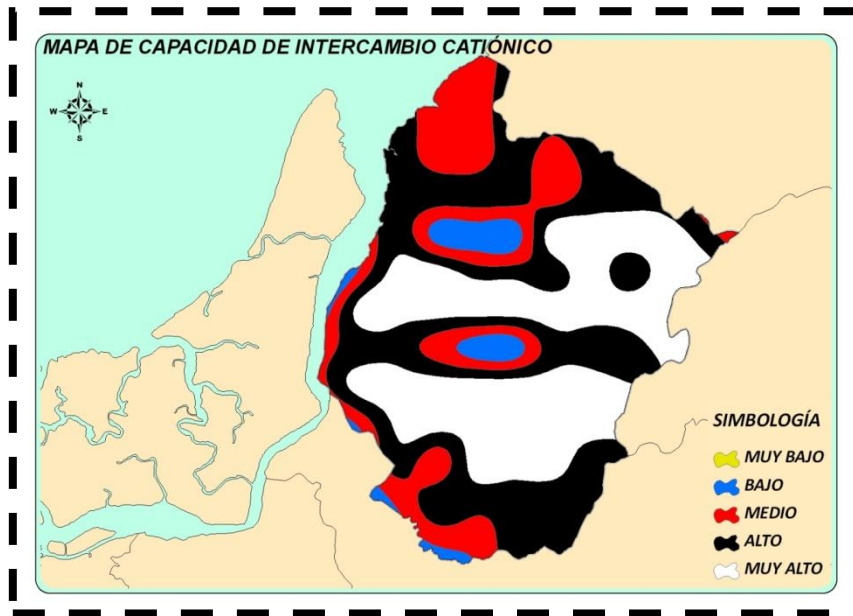


Figura 3. Mapa de los niveles de la CIC del cantón Machala. 2010

Fuente: Los Autores

Nota: La capacidad de intercambio catiónico está relacionada directamente con el tamaño de las partículas del suelo, la aparición de arcillas en la textura favorece este coeficiente como se puede dar cuenta al comparar esta figura con la de texturas. Se puede agregar también que tiene relación con la cantidad de materia orgánica existente en el suelo pero en los suelos del cantón Machala no favorece tanto este factor. Además se alcanza a deducir que el hecho de que la roca de origen sea sedimentaria ayuda mucho ya que así ha sido más fácil para los diversos factores geográficos y climáticos descomponer estas rocas y convertirlos en arenas, limos y arcillas en su mayoría.

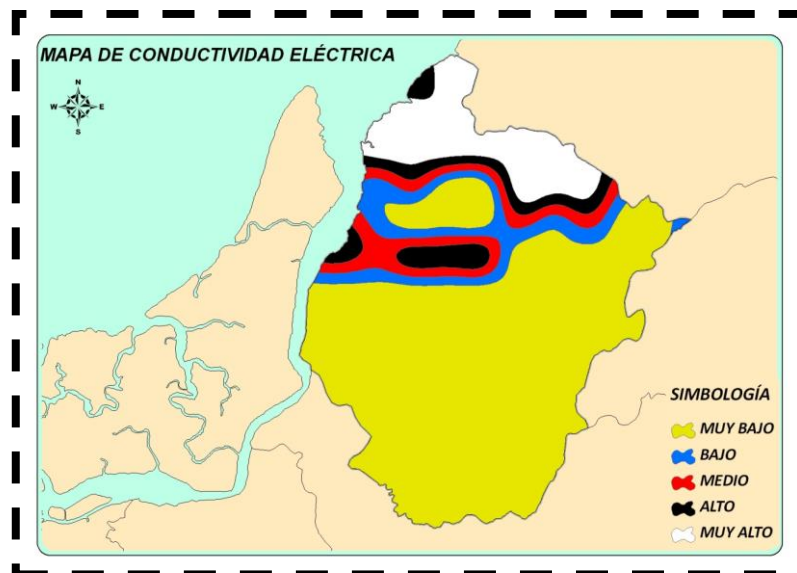


Figura 4. Mapa de los niveles de la conductividad eléctrica del cantón Machala. 2010

Fuente: Los Autores

Nota: Tal vez la particularidad de esta figura se deba a la presencia de corrientes subte-

rráneas que afecten a la conductividad del suelo, o probablemente se deba a la existencia de camaroneras en esas áreas, o posiblemente una mayor presencia de entradas de agua o esteros desde el mar en esta parte del cantón.

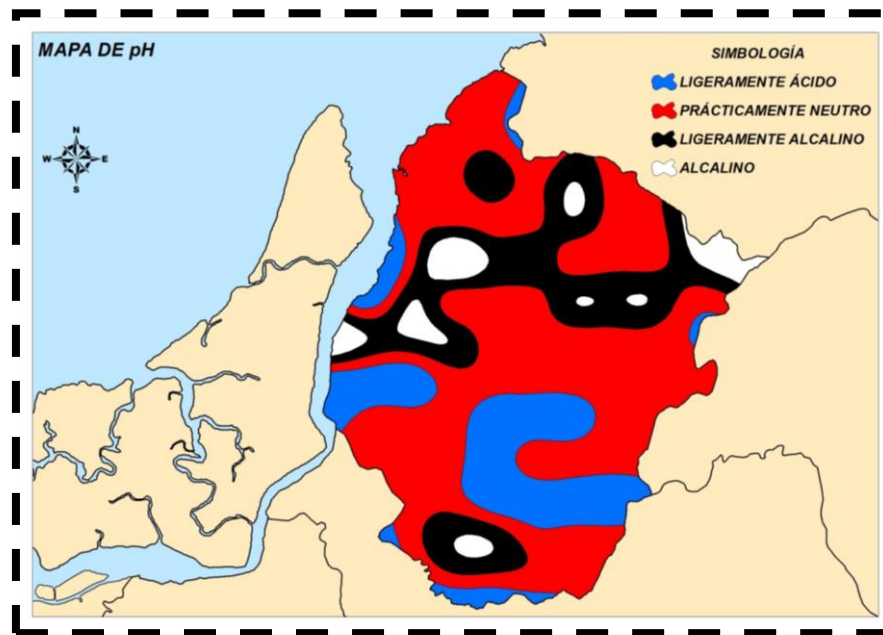


Figura 5. Mapa de los niveles de pH del cantón Machala. 2010

Fuente: Los Autores

Nota: El pH de la mayoría de los suelos es prácticamente neutro tal vez se deba a las dos épocas climáticas que se tiene: lluviosa y seca. El calor de la época lluviosa favorece al lavaje de las bases y la presencia de iones H^+ , por otra parte en la época seca, como la evapotranspiración excede a la precipitación las bases ascienden cerca de la superficie, manteniéndose el suelo prácticamente neutro.

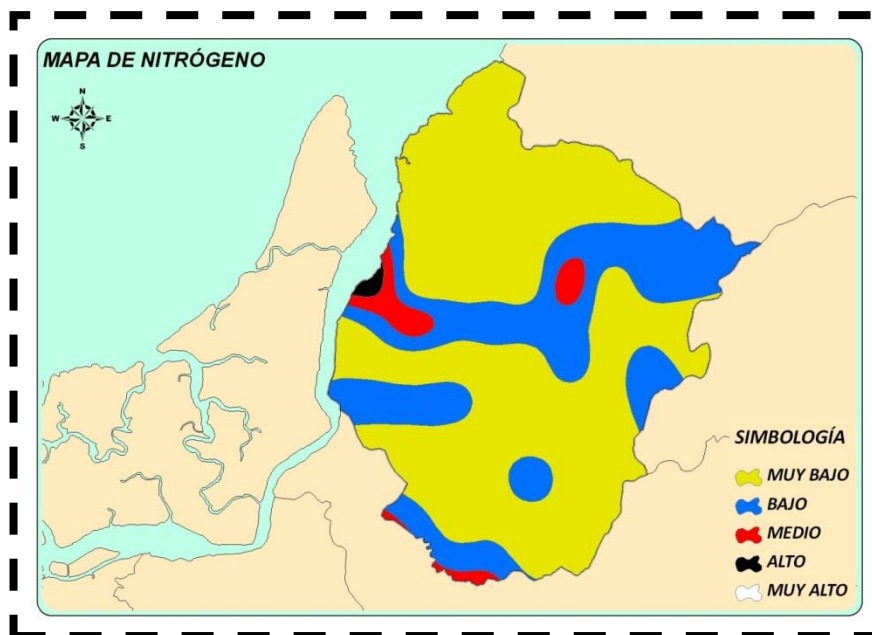


Figura 6. Mapa de los niveles de nitrógeno y su distribución en el cantón Machala. 2010

Fuente: Los Autores

Nota: Las concentraciones bajas de nitrógeno en la mayor parte del cantón se debe a la alta temperatura que en promedio que existe, por lo que la materia orgánica se descompone demasiado rápido y no le da tiempo al suelo para retener el nitrógeno. Esto causará que exista una mayor fertilización al momento de sembrar un cultivo y por ende mayores gastos en los productos que se cosechen.

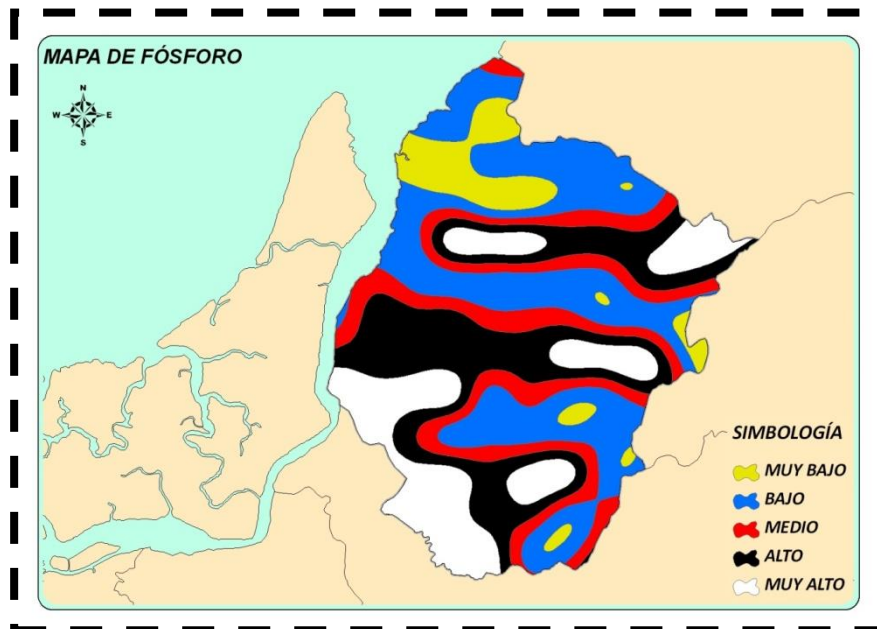


Figura 7. Mapa de los niveles de fósforo del cantón Machala. 2010

Fuente: Los Autores

Nota: Posiblemente la presencia de este elemento en los diferentes niveles que se observan se deba a la existencia de minerales como la apatita que lo contienen, además a la fertilización constante de este elemento por los cultivos que se han desarrollado desde hace muchos años en el cantón, o tal vez a los sedimentos de algunas rocas fosfatadas que fueron arrastradas por el agua y depositadas en diferentes lugares. La consecuencia de esto es que en algunos lugares las plantas crezcan con deficiencias radiculares además de elevar los costos de fertilización y por ende los de producción.

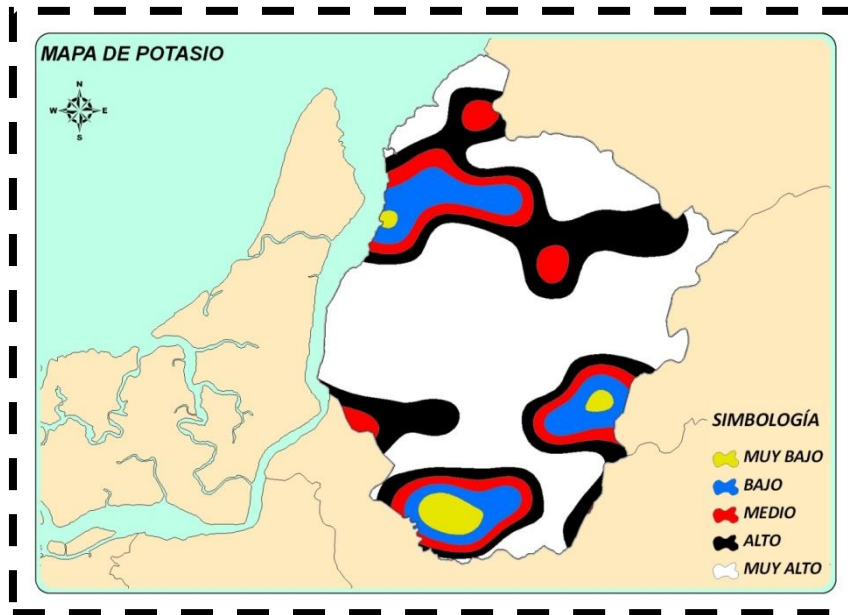


Figura 8. Mapa de los niveles de potasio del cantón Machala. 2010

Fuente: Los Autores

Nota: Quizá los diferentes niveles de este elemento se deba la presencia de minerales como: carnalita, polihalita y silvina que lo contienen y que han sido arrastrados desde distancias grandes por el agua y debido a la meteorización de estos se han dado origen a las variables concentraciones, las consecuencias de esto es que pueda existir un antagonismo al momento de que la planta absorba los nutrientes del suelo.

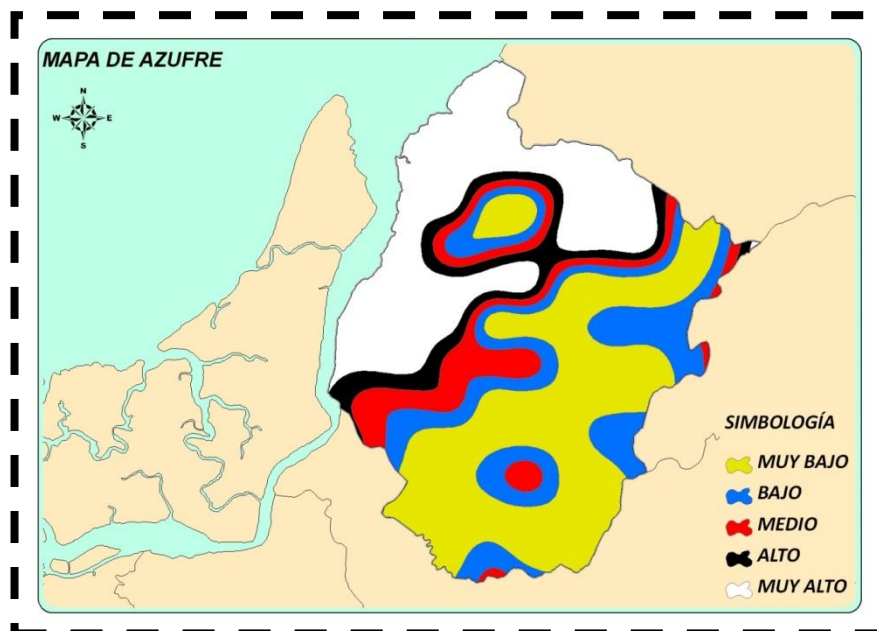


Figura 9. Mapa de los niveles de azufre del cantón Machala. 2010

Fuente: Los Autores

Nota: El azufre es un elemento muy abundante en la corteza terrestre, se encuentra en grandes cantidades combinado en forma de sulfuros (pirita, galena) y de sulfatos (aljez), los cuales fueron arrastrados por sedimento desde las montañas a través de las aguas del

Jubones cuando se formó la llanura. Se puede ver que en la parte sur del cantón la concentración es baja, por lo que ocasiona un mayor gasto en cuanto a este elemento pues hay que adherirlo a los programas de fertilización.

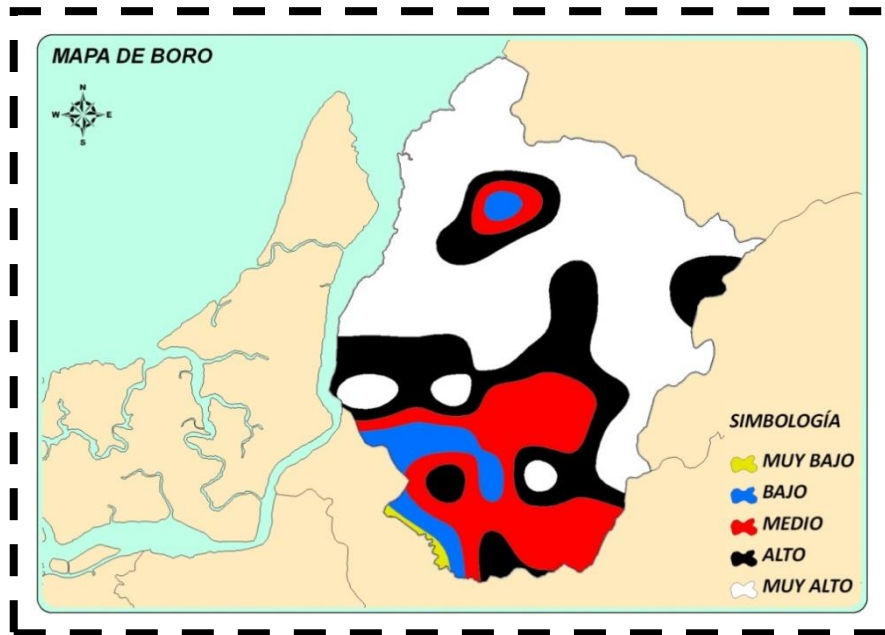


Figura 10. Mapa de los niveles de boro del cantón Machala. 2010

Fuente: Los Autores

Nota: Aunque su formación a nivel atómico es más difícil que la de los demás elementos existe en raciones se encuentran en la parte norte del cantón. Las mayores fuentes de boro son depósitos de boratos evaporíticos, como el bórax y, con menos importancia, la colemanita; también precipita como ácido ortobórico H_3BO_3 alrededor de algunas fuentes y humos volcánicos, dando sasolitas, las cuales fueron arrastradas por el agua desde las montañas andinas de donde tiene origen todo el material sedimentario que conforman los suelos del cantón Machala.

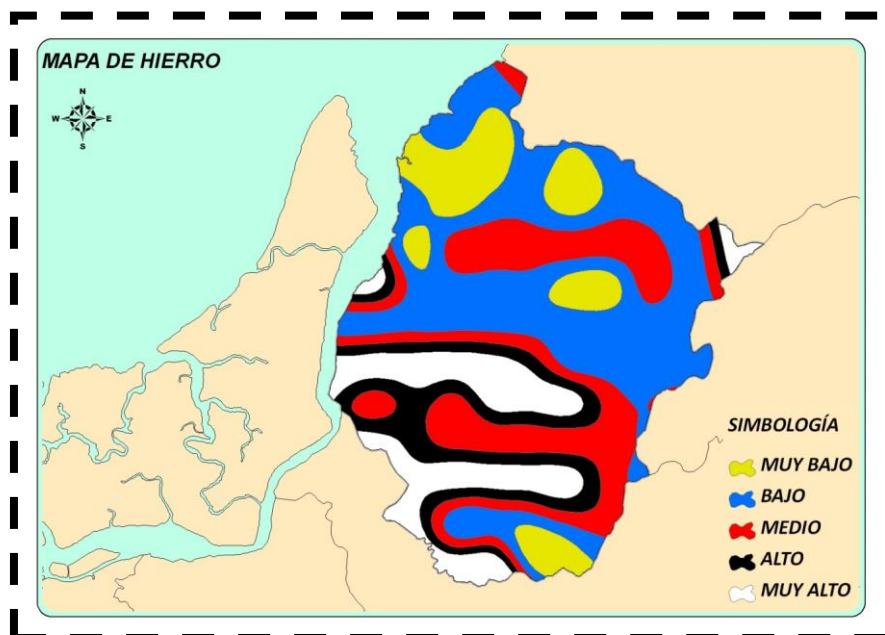


Figura 11. Mapa de los niveles de hierro del cantón Machala. 2010

Fuente: Los Autores

Nota: Es el principal metal que compone el núcleo de la Tierra hasta con un 70%, y está presente en el magma volcánico, también se encuentra formando parte de numerosos minerales, entre los que destacan la hematita (Fe_2O_3), la magnetita (Fe_3O_4), la limonita ($\text{FeO}(\text{OH})$), la siderita (FeCO_3), la pirita (FeS_2), la ilmenita (FeTiO_3), etc, los cuales probablemente fueron arrastrados por el agua desde las montañas andinas en la formación de la llanura con el pasar del tiempo. Afortunadamente no existen excesos en cuanto a este elemento en el suelo, pues esto sería una seria amenaza para los cultivos.

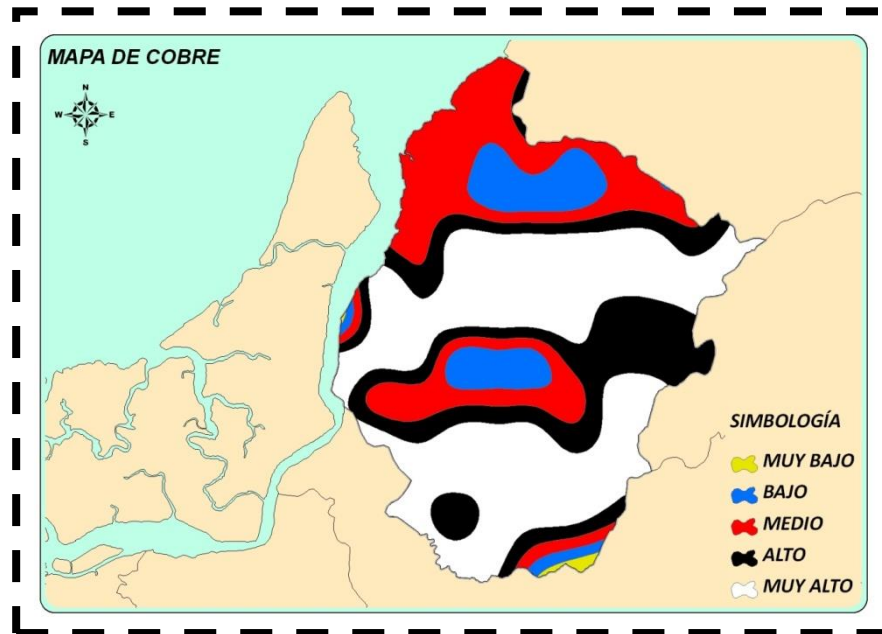


Figura 12. Mapa de los niveles de boro del cantón Machala. 2010

Fuente: Los Autores

Nota: Posiblemente la presencia de este elemento se deba a la meteorización de algunos minerales que contienen cobre en su estructura, como: la calcopirita (CuFeS_2), la cuprita (Cu_2O) la azurita ($\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$), la malaquita ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$), la covellina (CuS) y la calcosina (Cu_2S), que fueron arrastrados en los sedimentos que transportó el río Jubones cuando ocurrió el proceso de formación de los suelos durante miles de años. Los excesos y deficiencias de este elemento pueden dar origen a diferentes niveles de intoxicación en la planta aunque se puede observa que la categoría muy alto ocupa gran parte de la superficie y eso puede dar origen a una serie de problemas.

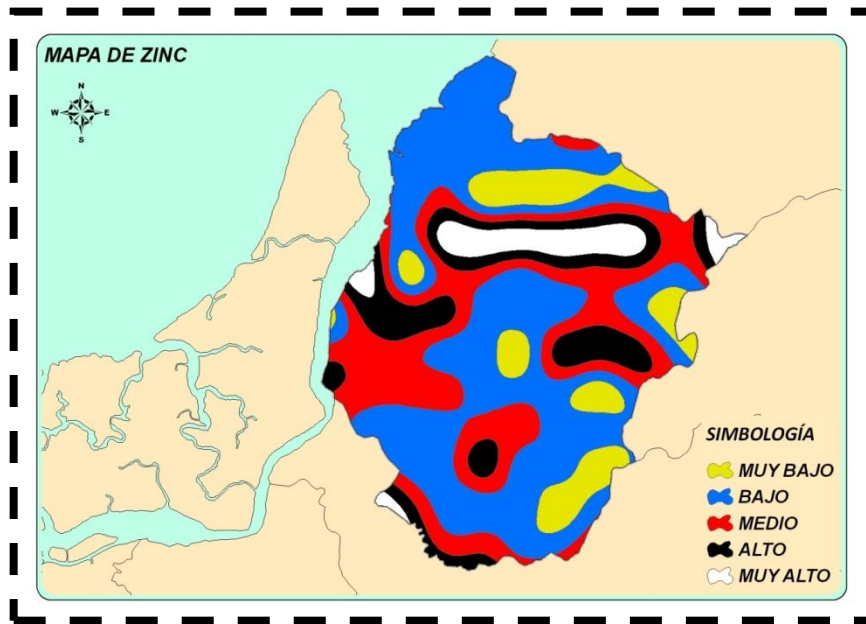


Figura 13. Mapa de los niveles de zinc del cantón Machala. 2010

Fuente: Los Autores

Nota: El zinc viene de algunos minerales que contienen sulfatos y otras sales y además viene ligado en su estructura a el hierro por lo que puede ser de fácil liberación en un medio húmedo y caliente como el del cantón Machala, además se puede apreciar que no hay demasiada presencia de manera excesiva pero si baja por lo que se deduce que no es un elemento que se encuentre muy arraigado en la naturaleza de la roca sedimentaria. La poca existencia de este elemento puede dar como resultado varios problemas en las plantas desde diferentes coloraciones hasta tejidos necróticos lo cual merma la producción y reduciría las ganancias.

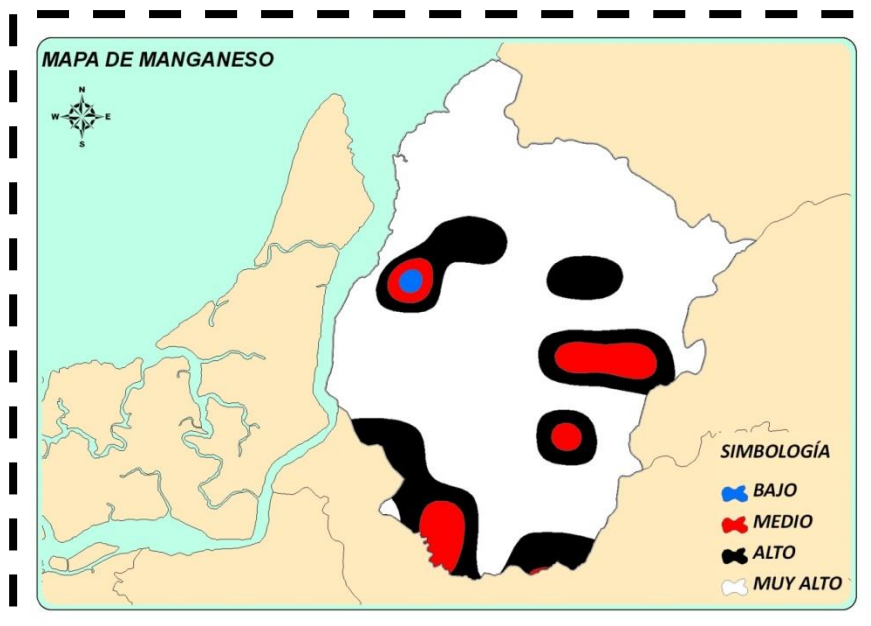


Figura 14. Mapa de los niveles de manganeso del cantón Machala. 2010

Fuente: Los Autores

Nota: Probablemente este elemento se deba a la presencia en los suelos de minerales como Pirolusita (MnO_2), Psilomelana ($MnO_2 \cdot H_2O$), Manganita ($MnO(OH)$), Braunita ($3Mn_2O_3 \cdot MnSiO_3$), Rodonita ($MnSiO_3$), Rodocrosita ($MnCO_3$), Hübnerita ($MnWO_4$), que durante mucho tiempo han sido arrastrados en sedimentos por las aguas del río Jubones y que se han depositado en capas detríticas en los suelos del cantón Machala. La excesiva presencia de este elemento como se lo puede notar en la figura puede dar como resultado intoxicación en los cultivos y por ende una baja en la producción.

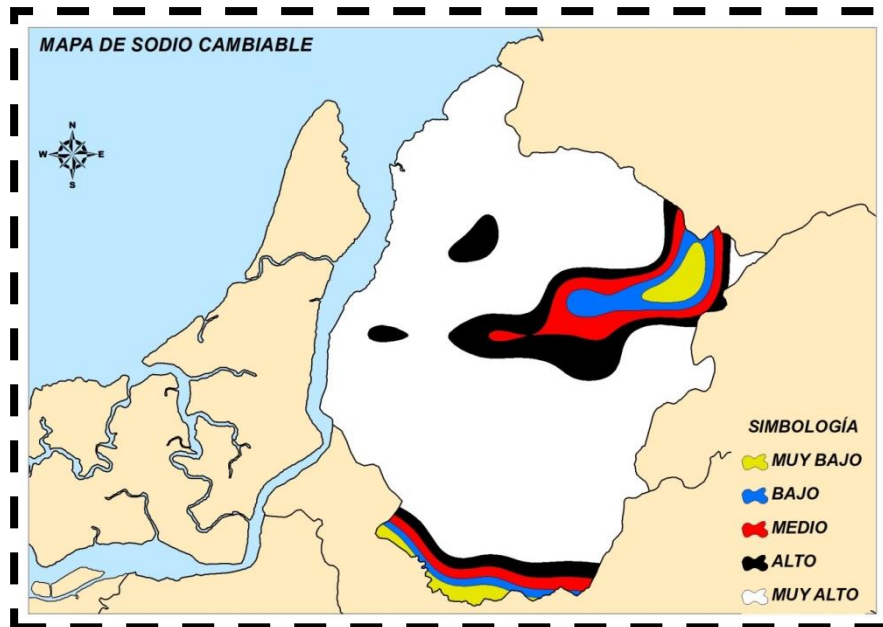


Figura 15. Mapa de los niveles de sodio cambiabile del cantón Machala. 2010

Fuente: Los Autores

Nota: Las bases presentan una presencia muy marcada en las figuras, puesto que han dominado por lo menos en un 75% de la superficie total del cantón con el nivel muy alto, las razones de esta presencia edafológica se da por la cercanía a la costa de los suelos y por la influencia de las corrientes subterráneas por su cercanía al mar y por la poca altitud del cantón. Las consecuencias de esto es que existe una tendencia a la basicidad y por ende un bloqueo de ciertos nutrimentos y antagonismos con otros que se inhiben o bloquean con la masiva presencia de estos.

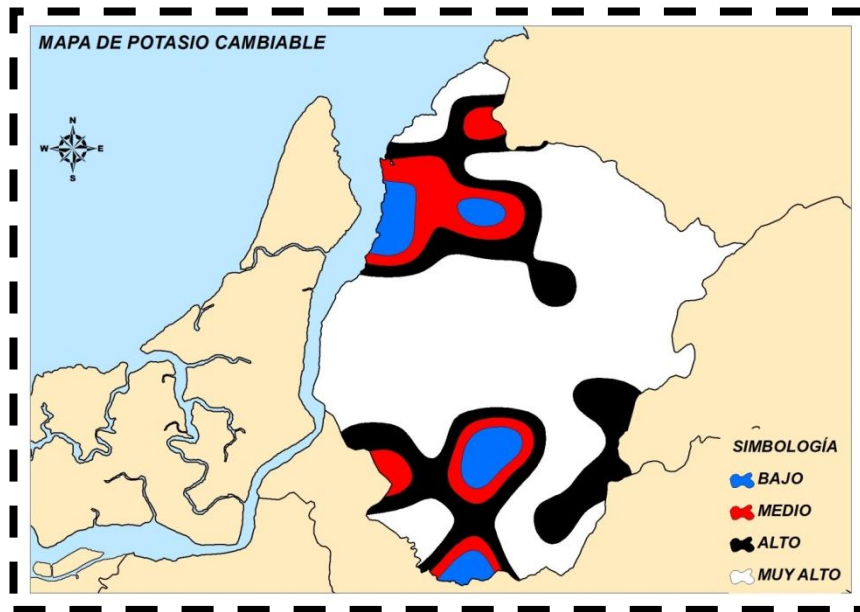


Figura 16. Mapa de los niveles de potasio cambiante del cantón Machala. 2010

Fuente: Los Autores

Nota: Las bases presentan una presencia muy marcada en las figuras, puesto que han dominado por lo menos en un 75% de la superficie total del cantón con el nivel muy alto, las razones de esta presencia edafológica se da por la cercanía a la costa de los suelos y por la influencia de las corrientes subterráneas por su cercanía al mar y por la poca altitud del cantón. Las consecuencias de esto es que existe una tendencia a la basicidad y por ende un bloqueo de ciertos nutrimentos y antagonismos con otros que se inhiben o bloquean con la masiva presencia de estos.

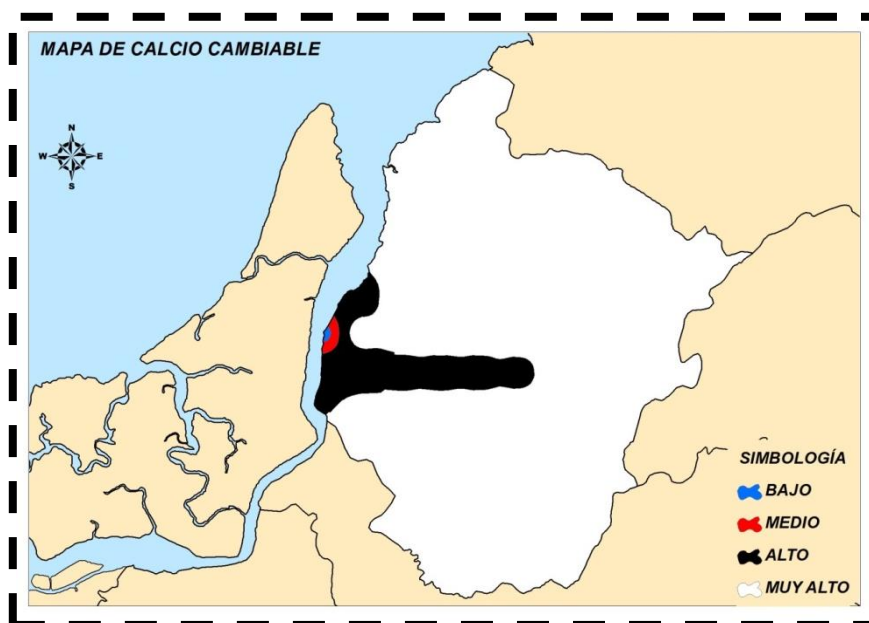


Figura 17. Mapa de los niveles de calcio cambiante del cantón Machala. 2010

Fuente: Los Autores

Nota: Las bases presentan una presencia muy marcada en las figuras, puesto que han

dominado por lo menos en un 75% de la superficie total del cantón con el nivel muy alto, las razones de esta presencia edafológica se da por la cercanía a la costa de los suelos y por la influencia de las corrientes subterráneas por su cercanía al mar y por la poca altitud del cantón. Las consecuencias de esto es que existe una tendencia a la basicidad y por ende un bloqueo de ciertos nutrimentos y antagonismos con otros que se inhiben o bloquean con la masiva presencia de estos.

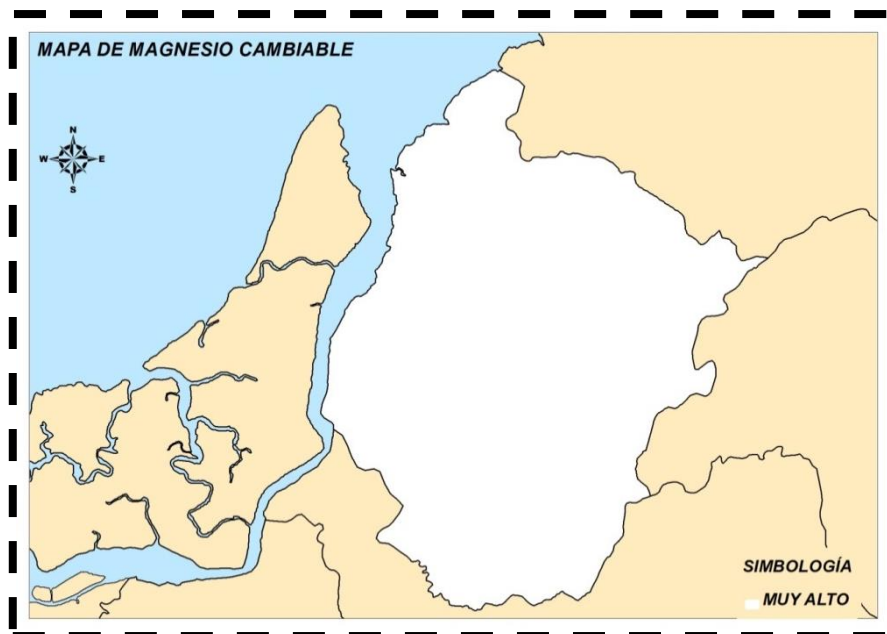


Figura 18. Mapa de los niveles de magnesio cambiante del cantón Machala. 2010

Fuente: Los Autores

Nota: Las bases presentan una presencia muy marcada en las figuras, puesto que han dominado por lo menos en un 75% de la superficie total del cantón con el nivel muy alto, las razones de esta presencia edafológica se da por la cercanía a la costa de los suelos y por la influencia de las corrientes subterráneas por su cercanía al mar y por la poca altitud del cantón. Las consecuencias de esto es que existe una tendencia a la basicidad y por ende un bloqueo de ciertos nutrimentos y antagonismos con otros que se inhiben o bloquean con la masiva presencia de estos.

Conclusiones

- El material de origen del que está formado el suelo tiene en su interior una gran variedad de minerales.
- La roca madre que dio origen a los suelos es de tipo sedimentario detrítico.
- El material de origen de los suelos y los factores climáticos incidieron en la presencia de arenas, limos y arcillas en las clases texturales.
- La mayoría de los suelos tienden a la neutralidad y a la basicidad.
- En los elementos cambiables hay predominio del nivel muy alto.
- La capacidad de intercambio catiónico aumenta en las zonas donde existen predominio de limos y arcillas.
- La materia orgánica es pobre en el cantón.
- En el nitrógeno predomina el nivel muy bajo.
- Los macronutrientes tuvieron una distribución irregular y de variadas concentraciones.
- Los micronutrientes tuvieron una distribución irregular y de variadas concentraciones.

- Todos los elementos tuvieron origen mineral, a excepción del nitrógeno.
- La enmienda en el suelo es necesaria.
- Los mapas fueron elaborados de manera satisfactoria.
- Existen arcillas de buena calidad en los suelos.

Bibliografía

- BONNER, J Y GALSTON, A. 1973. Principios de la fisiología. Aguilar. Madrid, España. p. 60-62, 128-130.
- BUCKMAN H, Y BRADY N. 1987. Naturaleza y propiedades del suelo. UTHEA. México, Mex. p. 11,12, 394, 395.
- COLEMAN, N Y CREY, O. 1993. The Sportencus alteration of hidrogen clay. Suil ser.
- CÓRDOVA, C. 1976. Fisiología vegetal. Blume. Barcelona, España. p. 165

- DEMOLON, A. 1997. Dinámica del suelo. Ed. Omega. Es. Barcelona. p. 386-387.
- DONAHUE, R. 1991. Introducción a los suelos y al crecimiento de la planta. Datsot. Madrid. p.214
- IÑIGUEZ, M. 1999. Manejo y conservación de suelos. Cosmos. Loja. P. 123
- _____ 2007. Fertilidad, fertilizantes y fertilización de suelo, Universitaria. Loja. p. 152-292
- MAZLIAK, P. 1976. Fisiología vegetal nutrición y metabolismo. Omega. Barcelona, España. p. 302-305
- MELA, P. 1963. Tratado de edafología y sus distintas aplicaciones. Agrociencia. Zaragoza, España. p. 33-41, 130-132, 141-145.
- MILTHORPE, F Y MOORBY, J. 1982. Introducción a la fisiología de los cultivos. Hemisferio Sur. Buenos Aires. p. 13-24
- SALISBURY, R Y ROSS, C. 2000. Fisiología de las plantas. Paraninfo. Madrid. p. 187-196



RECONOCIMIENTO-NOCOMERCIAL-COMPARTIRIGUAL
CC BY-NC-SA

ESTA LICENCIA PERMITE A OTROS ENTREMESCLAR, AJUSTAR Y
CONSTRUIR A PARTIR DE SU OBRA CON FINES NO COMERCIALES, SIEMPRE
Y CUANDO LE RECONOZCAN LA AUTORÍA Y SUS NUEVAS CREACIONES
ESTÉN BAJO UNA LICENCIA CON LOS MISMOS TÉRMINOS.

CITAR ESTE ARTICULO:

Yánez Romero, M., Espinoza Scaldaferrí, E., Pereira Guanuche, F., & Ruiz Veintimilla, K. (2020). Determinación y mapificación de la fertilidad mediante los sistemas de información geográfica (SIG), de los suelos cantón Machala provincia de el Oro. RECIAMUC, 4(2), 94-114. doi:10.26820/reciamuc/4.(2). abril.2020.94-114