



PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN DE CGIAR EN

**Cambio Climático,
Agricultura y
Seguridad Alimentaria**



TeSAC

Territorio Sostenible Adaptado al Clima



Centro Internacional de Agricultura Tropical
Desde 1967 Ciencia para cultivar el cambio

Fertilidad de los suelos en sistemas de pastos, café y cacao en el TeSAC Nicaragua

**Programa de Investigación de CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria
Centro Internacional de Agricultura Tropical**

Pablo Siles



PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN DE CGIAR EN

**Cambio Climático,
Agricultura y
Seguridad Alimentaria**



TeSAC

Territorio Sostenible Adaptado al Clima



CIAT

Centro Internacional de Agricultura Tropical
Desde 1967 Ciencia para cultivar el cambio

Tabla de contenidos

Contenido

Introducción.....	3
Nutrientes esenciales para las plantas	3
Evaluación de los elementos en el suelo por análisis de laboratorio	4
Resultados de análisis de suelos en cultivos de café, cacao y ganadería	5
Conclusiones y recomendaciones.....	11
Referencias	11
Anexos.....	12



PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN DE CGIAR EN
Cambio Climático,
Agricultura y
Seguridad Alimentaria



Introducción

El Programa de Investigación de CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS) está trabajando con plataformas territoriales para desarrollar intervenciones en 'Territorios Sostenibles Adaptados al Clima (TeSAC <https://ccafs.cgiar.org/es/territorios-sostenibles-adaptados-al-clima#.WuXh5eq5vIX>). Estas plataformas han establecido vínculos con diversos actores claves incluyendo productores, cooperativas ganaderas, institutos académicos y alcaldías. En Nicaragua (TeSAC Tuma- La Dalia <https://ccafs.cgiar.org/es/tesac-el-tuma-la-dalia-nicaragua#.WuXilOq5vi>) este representa una región de zonas húmedas de mediana altitud donde el café, cacao, granos básicos y la ganadería representan las principales actividades económicas. Ambas plataformas han permitido el desarrollo de grupos de innovación en torno a un manejo agroecológico de suelos en sistemas de café, cacao y ganadería. Además el modelo TESAC (en inglés: Climate-Smart Villages) es un modelo participativo replicable; permite hacer un escalamiento de conocimientos y prácticas en base de intercambios productor-ciencia y productor al productor (<https://ccafs.cgiar.org/what-are-climate-smart-villages#.WuYzIC5uaM8>).

Basados en la discusión con organizaciones en el TeSAC en Nicaragua, el manejo de fertilidad y nutrientes en sistemas agroforestales con café, cacao y ganadería ha emergido como un interés común y un vacío de investigación para el desarrollo. Esto debido especialmente a la falta de entrenamiento de técnicos en la interpretación de análisis de suelo y balance de nutrientes. Comúnmente la pérdida de fertilidad de suelos se identifica como una de las limitantes tanto de la producción agropecuaria como de la intensificación sostenible de la agricultura familiar. Esta es a la vez considerada una consecuencia de la degradación de los agro ecosistemas en zonas tropicales. Así esta investigación, se pretendía fortalecer la plataforma en TeSAC en Nicaragua en el manejo de la fertilidad de suelos en sistemas de producción de café, cacao y ganadería que después puedan ser diseminados a nivel territorial. Comprender el estatus de la fertilidad de suelos nos permite evaluar y manejar el suelo para un funcionamiento óptimo para un uso actual y sin degradación para el futuro. Además, nos permite monitorear cambios en la fertilidad y salud de suelos en general para identificar prácticas de manejo sostenible.

Nutrientes esenciales para las plantas

Los nutrientes más comunes usados por los productores en los cultivos son el Nitrógeno (N), el Fósforo (P) y el Potasio (K), que conocemos como N-P-K. Sin embargo, existen 17 elementos que son considerados esenciales para el crecimiento de los cultivos. Así, los cultivos para obtener rendimientos aceptables, como en el caso de Marañón, las plantas necesitan tener acceso a estos nutrientes.



PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN DE CGIAR EN

**Cambio Climático,
Agricultura y
Seguridad Alimentaria**



Centro Internacional de Agricultura Tropical
Desde 1967 *Ciencia para cultivar el cambio*

El Carbono (C), el Hidrógeno (H) y el Oxígeno (O) son los elementos más abundantes en la planta, son nutrientes no minerales, representan aproximadamente 96% de la materia seca, estos elementos son tomados del agua y el CO₂ del aire. Los restantes 14 elementos (N, P, K, S, Ca, Mg, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn y Ni) son clasificados como macronutrientes y micronutrientes basados en su relativa abundancia en la planta y representan en su conjunto aproximadamente el restante 4% de la biomasa. Estos nutrientes son absorbidos en general en forma mineral principalmente del suelo, aunque también pueden ser absorbidos de forma foliar.

Evaluación de los elementos en el suelo por análisis de laboratorio

Los resultados de los análisis del suelo superficial (ubicado entre los 0 y 20 centímetros de profundidad), de materia orgánica (MO), pH del suelo (pH-Agua), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio intercambiable (Ca), Magnesio intercambiable (Mg), Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Manganeseo (Mn), se presentan en la sección siguiente los territorios en los que se ha trabajado. Para evaluar la condición de la fertilidad de los suelos se utiliza una guía para la interpretación de análisis de suelos (Tabla 1). Existen otras para la interpretación de los nutrientes en el suelo, pero las diferencias son mínimas siempre y cuando se utilicen las mismas soluciones extractantes.

Para el contenido de los nutrientes, se aplica la siguiente interpretación general:

Niveles Bajos. El suelo muestra bajos niveles disponibles del nutriente, este corresponde con bajos rendimientos relativos; por lo tanto, hay altas probabilidades de respuesta en los rendimientos a la aplicación de ese nutriente en la fertilización.

Niveles Medios. Los suelos con un contenido medio de nutriente presentan una probabilidad media de incremento en los rendimientos con la aplicación del elemento por la fertilización.

Niveles Altos. Los suelos con alto nivel disponible del nutriente presentarán una menor respuesta de los rendimientos con la aplicación de ese nutriente en los fertilizantes. Así, la probabilidad de respuesta a la fertilización incrementa con una reducción en los niveles del elemento en el suelo.

Mientras la disponibilidad de nutrientes es solamente un factor que influencia el crecimiento de los cultivos, la probabilidad de respuesta a los nutrientes aplicados aumenta con niveles más bajos encontrados en los análisis de suelos.

Tabla 1. Niveles críticos para los nutrientes como guía a la interpretación de los análisis de suelos. Esta tabla toma en cuenta los datos presentados por Kass (1996).

Parámetro de suelo	Unidades	Nivel de elementos		
		Bajo	Medio	Alto
pH		<5.0	5.0-6.5	>6.5
MO	%	2.0	2.0-4.5	>4.5
P	ppm (mg/Kg de suelo)	<10	10-40	>40
K	meq /100gr	<0.2	0.2-1.5	>1.5
Ca	meq /100gr	<4.0	4.0-20	>20
Mg	meq /100gr	<1.0	1.0-10	>10
Mn	ppm (mg/Kg de suelo)	<5.0	5-50	>50
Zn	ppm (mg/Kg de suelo)	<3	3-15	>15
Cu	ppm (mg/Kg de suelo)	<1.0	1-20	>20
Fe	ppm (mg/Kg de suelo)	10	10-50	>50
Relaciones de cationes		Desbalance	Balance	Desbalance
Ca/Mg		<2	2-5	>5
Mg/K		<2.5	2.5-15	>15
(Ca+Mg) /K		<10	10-40	<40
Ca/K		<5	5-25	>25

Observación. El método de extracción para el pH es 1:2.5, para MO es K₂Cr₂O₇1Nf, para el P, Zn y Mn es 2.5:25 Olsen, para el K, Ca, Mg, Fe y Cu es 2.5:25 KCl 1N, ppm (partes por millón), meq/100 gr (miliequivalente en 100 gramos de suelo).

Resultados de análisis de suelos en cultivos de café, cacao y ganadería

El pH se encuentra en general en valores medios (entre valores de 5.5 a 7, con algunos datos extremos que llegan a 7.5). Ninguna de las muestras en el territorio (110 muestras de suelos) presentaron valores bajos de pH (valores por debajo de 5). Las muestras con valores más bajos de pH se encontraron en los sistemas de café. La acidez intercambiable y la saturación de acidez está relacionada con el pH del suelo, en general se muestran suelos con baja acidez intercambiable y saturación de acidez, siendo los sistemas de café con mayor acidez intercambiable. Algunos de estos suelos muestran que necesitan aplicaciones de cal por presentar acidez intercambiable mayor a 1.0 meq/100 gr de suelo, al menos 20 muestras (de 110 muestras en total) mostraron alto requerimientos de cal principalmente en sistemas

de café. El pH del suelo afecta la solubilidad y disponibilidad de los nutrientes del suelo en general, de esta forma un pH bajo se relaciona con bajos contenidos de Ca, Mg y K, mientras que un pH alto disminuye la disponibilidad de algunos elementos menores principalmente Zn, Cu, Fe.

Tabla 2. Promedios de las propiedades del suelo superficial (0 – 20 cm) en tres sistemas de producción en el TeSAC Nicaragua.

	Cacao		Café		Pasturas	
	promedio	sd	promedio	sd	promedio	sd
pH	6.24	0.31	6.14	0.41	6.32	0.38
Acidez	0.65	0.17	0.80	0.21	0.50	0.20
MO	4.01	0.84	3.78	1.03	3.28	1.38
P	12.66	16.41	13.30	21.07	18.05	28.14
K	0.93	0.52	0.73	0.50	0.58	0.48
Ca	16.35	6.67	15.59	5.44	16.96	6.01
Mg	5.41	2.00	4.64	1.59	4.78	1.51
CICE	23.34	8.28	21.76	6.58	22.83	7.12
SA	3.16	1.43	4.09	1.59	2.44	1.12
Mn	116.44	12.24	104.35	19.50	101.10	17.62
Zn	6.28	4.36	5.27	3.03	3.28	3.26
Cu	6.82	1.84	6.28	2.38	5.86	1.33
Fe	167.11	12.45	169.52	14.46	175.32	8.84
Relaciones de Bases						
Ca/Mg	3.10	1.00	3.55	1.63	3.64	1.10
Mg/K	7.11	3.60	8.30	5.36	12.22	8.63
(Ca+Mg) /K	27.79	12.33	34.99	20.47	53.05	34.02
Ca/K	20.69	9.40	26.69	15.38	40.83	26.02

La materia orgánica en general está en un nivel intermedio (entre 2% a 4.5% de MO), solamente 2% de las muestras analizadas presentan valores menores al nivel crítico (2% de MO en el suelo) que indicaría necesidad de mejor manejo de la materia orgánica en algunas las plantaciones. Por otro lado, 6% de las muestras analizadas presentaron valores altos (> 5% de MO), que muestra que la gran mayoría de suelos se encuentran en un nivel medio de materia orgánica. Las pasturas fueron el sistema de producción que mostro los valores más bajos de MO, mientras los sistemas de cacao en la zona presentaron los valores más altos (Figura 1a).

El P es un elemento importante y cumple dentro de la planta diferentes procesos fisiológicos, forma parte de la molécula transportadora de energía ATP, por lo tanto, participa en todos los procesos

metabólicos que involucran energía. Es considerado uno de los elementos más limitantes en los suelos tropicales. Nuestros datos presentan solamente una muestra por arriba del nivel de suficiencia (>40ppm), mientras la gran mayoría de muestras (66% de las muestras) presentan niveles bajos (<10 ppm). Todos los sistemas de producción en los cuales se tomaron muestras presentaron valores promedios de P por abajo del valor crítico (10 ppm), por lo que el P representa un nutriente limitante en todos los sistemas de producción (Figura 1b).

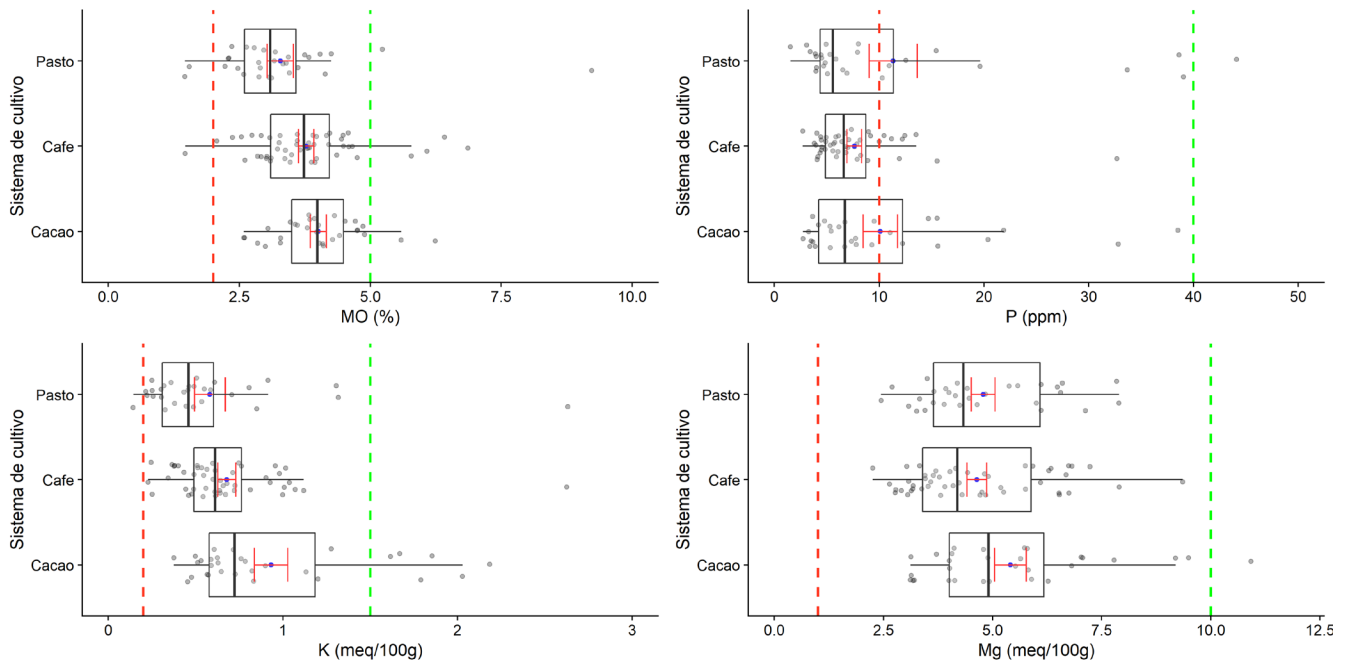


Figura 1. Distribución de muestras de suelos con respecto a valores bajos, medios y altos para MO, P, K, Mg en tres sistemas de producción en el TeSAC Nicaragua

Para el caso de K, Ca y Mg, las muestras presentan valores intermedios en general. Para el caso de K, solamente 7.5 % de las muestras se encontraron con valores altos, mientras la gran mayoría de las muestras presentaron valores intermedios. Por otro lado, solamente una muestra presentó valores por abajo del valor crítico, sin embargo, tanto el café como el cacao son cultivos exigentes en fertilización con potasio. Por lo que la incorporación de este nutriente tendría alta probabilidad de afectar el rendimiento en esas parcelas. Tal como en el caso de la materia orgánica hay una tendencia de menor contenido de K en los sistemas de pasturas, comparado con los sistemas de producción de café y cacao, mientras cacao presenta en promedio un mayor contenido de K en el suelo.

El Mg presentó valores medios (medio con tendencia a bajos) y no encontramos suelos con contenidos bajos, mientras solamente 1% de las muestras presentó valores altos. A menudo los productores



PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN DE CGIAR EN
**Cambio Climático,
Agricultura y
Seguridad Alimentaria**



incorporan este nutriente en la fertilización de sus parcelas, pero estos resultados muestran que la incorporación de Mg en la fertilización en la zona del TeSAC no debería ser prioritaria. En el caso de Ca, muchas de las muestras presentaron valores medios, mientras al menos 20% de las muestras mostraron por encima de los valores de suficiencia (valores altos por encima de 20 meq/100g de suelo), por lo que podemos decir que este elemento no es limitante. Las relaciones de cationes, muestran en general un balance entre Ca/Mg y Mg/K, pero un desbalance con K ($Ca+Mg/K$, Ca/K), indicando que existe mucho Ca con respecto al K presente en el suelo y aplicaciones de K podrían mejorar rendimientos al mejorar la relación de bases sobre todo en los sistemas de café y pasturas.

De los micronutrientes analizados el Mn y el Fe parecen presentarse en niveles altos (Figura 2). Por lo que estos micronutrientes son menos prioritarios para la fertilización. Para el caso del Fe, parece no haber una diferencia muy marcada entre los sistemas de producción que se muestrearon, a pesar que el Fe es considerado un elemento que en el rango normal de pH es insuficiente para cubrir los requerimientos de los cultivos. Pero en el caso del Mn, a pesar que no se presentan deficiencias de este nutriente, hay una tendencia de mostrar valores más bajos en los sistemas de pasturas.

En el caso de los restantes micro-elementos (Zn, Cu) estos presentaron en general valores bajos a intermedios. Las mayores deficiencias se presentan sobre todo a pH altos, en el caso del Cu, su disponibilidad disminuye con el aumento del pH, así mismo es más deficiente en suelos con textura gruesa como suelos arenosos, en nuestro muestreo no encontramos suelos con niveles deficientes de este nutriente (<1 ppm). Adicionalmente, para el caso del Cu no encontramos muestras con suficiencia, y la gran mayoría de suelos se encontró con valores intermedios-bajos por lo que debería ser un nutriente que en un futuro deberíamos tener en cuenta en la de prioridad en el manejo de fertilidad. Igualmente, que con otros nutrientes (K, MO, Mn y Zn) los sistemas de pasturas muestran valores más bajos con respecto a cacao o café.

El caso más crítico de los micro-elementos es el Zn. El Zinc es un micronutriente que las plantas lo requieren en cantidades muy pequeñas, pero una deficiencia puede ser determinante en los niveles de productividad de los cultivos. El Zinc interviene en la formación de clorofila y es esencial para la transformación de carbohidratos y en la síntesis de la hormona de crecimiento AIA (Ácido Indol Acético) (Bertsch 1995). De todos los elementos químicos analizados, el Zn presentó mayor número de muestras de suelo con niveles bajos después del P, mientras solamente dos de las muestras presentaron una suficiencia de este nutriente. Adicionalmente, las pasturas mostraron una diferencia muy marcada en los contenidos de Zn con respecto a los sistemas de café y cacao. Esto se puede deber a que la extracción de nutrientes en los sistemas de pasturas es mayor que en los otros sistemas, adicionalmente la aplicación de nutrientes en pasturas por medio de la fertilización no es una práctica común entre productores por lo que no hay una compensación de la salida de nutrientes en este sistema.

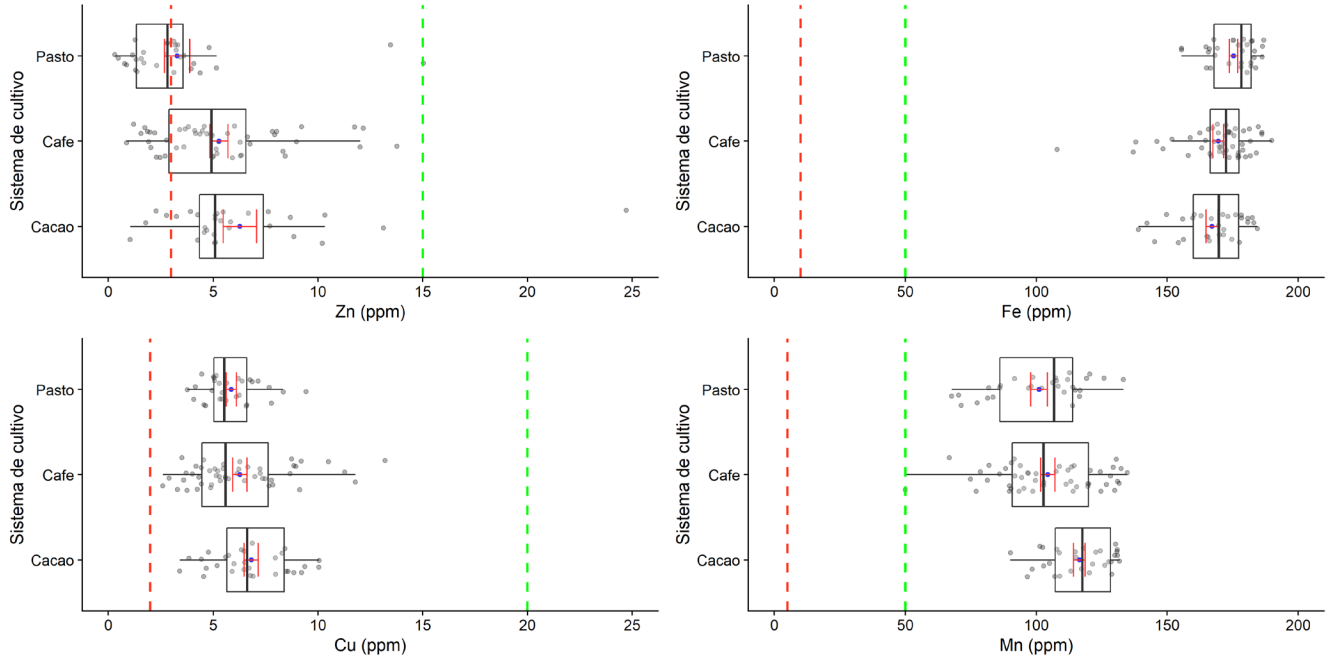


Figura 2. Distribución de muestras de suelos con respecto a valores bajos, medios y altos para Zn, Fe, Cu y Mn en tres sistemas de producción en el TeSAC Nicaragua.

Resumiendo, las mayores limitantes en la fertilidad en los suelos del TeSAC en Nicaragua, son el P, Zn, MO y K. Podemos notar que el principal nutriente limitante en los suelos es el P. Adicionalmente lo micronutrientes como Zn y Cu, han presentado una deficiencia en los suelos, seguidos del K. Mientras el Ca, Mg y Mn son los elementos con menor deficiencia en la zona. Por otro lado, las pasturas en general mostraron menores contenidos de MO, K, zn, Cu y Mn con respecto a sistemas agroforestales de café y cacao, mostrando que este es un sistema con mayor extracción de nutriente.

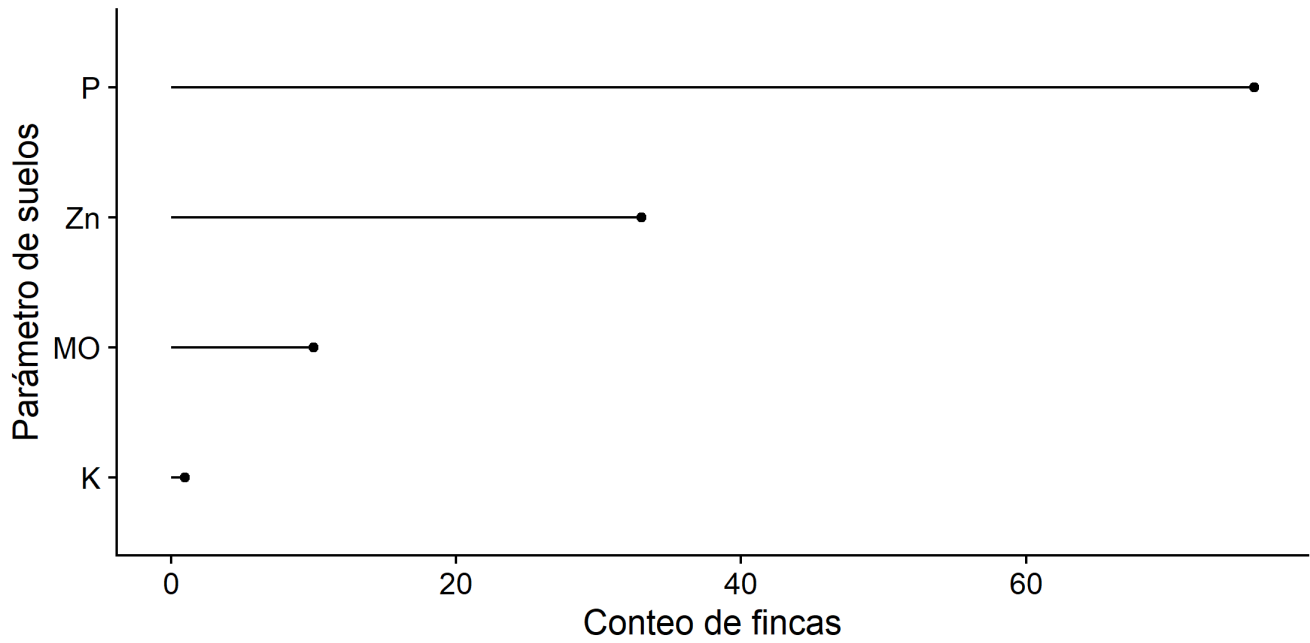


Figura 3. Ranking de los parámetros de suelos que representan las mayores limitantes para la producción en suelos de Café, cacao y pasturas en el TeSAC Nicaragua.



PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN DE CGIAR EN

Cambio Climático,
Agricultura y
Seguridad Alimentaria



Conclusiones y recomendaciones

De los datos obtenidos y analizados en el TeSAC, se puede afirmar que el pH que se presenta en la zona es intermedio promediando 6.2 que supone suelos neutros, lo que en términos generales es bueno para las plantas y para la implementación de programas de fertilización siendo baja la necesidad de aplicación de cal.

Por lo general, la principal deficiencia de los suelos está en el contenido de fósforo, ya que se encuentran valores bajos de este elemento (<10 ppm en 63% de los suelos). Por lo anterior, es recomendable enfocar los esfuerzos de fertilización para poder incrementar el contenido de este elemento en los suelos y mantener un buen balance con respecto a lo absorbido por las plantas y la reserva que queda en el suelo.

De igual forma, la recomendación con respecto al potasio es que se deben hacer aplicaciones a las plantaciones de la zona con fertilizantes que contengan este elemento, ya que según los análisis de suelos las cantidades encontradas de K están en un rango entre intermedio y bajo.

En general se encontraron bajos contenidos de Zn y Cu, por lo que es necesario realizar un plan de fertilización en cacao y café principalmente, incorporando estos elementos, siendo la opción de aplicación de fertilización foliar una de las más recomendadas para mejorar síntomas que algunas plantas puedan presentar ante el déficit de estos microelementos.

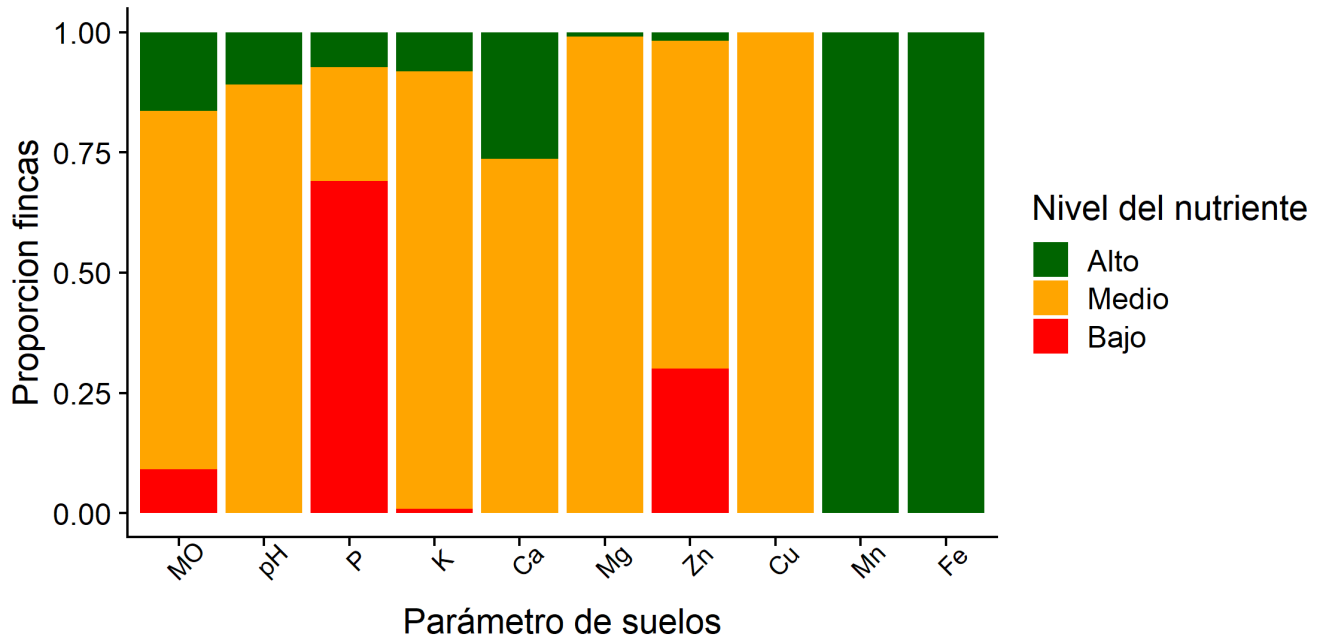
Finalmente, en general se encontró en el TeAC que en sistemas de pasturas los suelos cuentan con bajos contenidos de MO, K, Zn, Cu y Mn. Con respecto a la materia orgánica, se puede hacer una remediación a través de abonos verdes y mejorando el manejo de las praderas. Con respecto a los demás elementos, es recomendable establecer un plan de fertilización enfocado en la aplicación de estos.

Referencias

- Bertsch, F., 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo, San José (Costa Rica).
- Grundon, N.J., 2001. A desktop study to predict fertiliser requirements of cashew trees in northern Australia.
- Kass, D., 1998. Fertilidad de suelos (Costa Rica).

Anexos

Anexo 1. Proporción de fincas con diferentes estatus de fertilidad para cada nutriente.



Anexo 2. Conteo de fincas con diferentes estatus de fertilidad para cada nutriente por sistema de producción.

