

Innovación tecnológica en cacao Andino

Producto 3. Informe que relaciona las propiedades edafológicas de suelos cacaoteros para tres zonas por país.

PhD. Carlos Patiño Torres

PhD. Milber Oswaldo Ureña Peralta.

PhD. Angelica Piedad Sandoval Aldana

2020



Códigos JEL: Q16

FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria) es un programa de cooperación administrado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), pero con su propia membresía, estructura de gobernabilidad y activos. Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, FONTAGRO, de sus Directorios Ejecutivos ni de los países que representan.

El presente documento ha sido preparado por Carlos Patiño Torres, Milber Oswaldo Ureña Peralta & Angelica Piedad Sandoval Aldana.

Copyright © 2021 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional. Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Esta publicación puede solicitarse a:

FONTAGRO

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org

www.fontagro.org



Tabla de Contenidos

| | |
|---|-----------|
| Resumen | 4 |
| Introducción | 6 |
| Objetivos | 8 |
| Metodología | 9 |
| Localización | 9 |
| Colombia..... | 9 |
| Perú | 10 |
| Desarrollo Metodológico | 11 |
| Resultados | 13 |
| Caracterización De La Producción Cacaotera | 13 |
| Colombia..... | 13 |
| Utilización de insumos químicos..... | 15 |
| Actividades poscosecha y estrategia de venta | 17 |
| Perú | 19 |
| Uso de insumos químico..... | 22 |
| Actividades poscosecha y estrategia de venta | 23 |
| Caracterización Edafológica De Las Zonas Productoras | 24 |
| Colombia..... | 24 |
| Perú | 28 |
| Determinación De Relaciones De Causalidad En La Absorción De Cadmio | 31 |
| Colombia..... | 31 |
| Perú | 34 |
| Discusión | 36 |
| Conclusiones | 38 |
| Referencias Bibliográficas | 39 |
| Instituciones Participantes | 41 |

Resumen

Los productores de cacao en Colombia y Perú trabajan en condiciones que los hacen poco competitivos, incluso a nivel regional. Sin embargo, pueden aprovechar algunas ventajas comparativas, como es el hecho de contar con materiales de muy alta calidad, de gran demanda en el mercado internacional. Con la expedición reciente en la Unión Europea de normas que reducen las concentraciones permisibles de cadmio en el cacao en polvo y sus derivados, la situación parece complicarse más, pues se considera que los cacaos provenientes de la zona Andina tienden a presentar mayor tasa de acumulación de cadmio en sus frutos, lo cual es un riesgo de salud para los consumidores.

Para aliviar las limitantes previas se requiere adelantar dos acciones urgentes: Caracterizar las condiciones que determinan estos bajos niveles de productividad, y segundo verificar si las zonas productoras tienen problemas de altas concentraciones de cadmio en los suelos, que incidan en la calidad del producto final.

Los resultados demuestran que las zonas productoras en los dos países se caracterizan por tener sistemas de cultivo de cacao de bajo nivel tecnológico, sin asistencia técnica permanente u oportuna, y con bajo uso de insumos sintéticos o tecnologías de manejo agronómico pertinentes. No obstante, los contextos biofísicos en que se desarrolla la producción cacaotera son, en general, adecuados para el cultivo, y pueden ser optimizados a través de una asistencia técnica focalizada y permanente. Algunas zonas como el sur del Tolima en Colombia y la región del Cusco en Perú, muestran en general un menor nivel de competitividad, no tanto por sus condiciones ambientales y edáficas, sino por la falta de conocimiento sobre las técnicas y tecnologías que pueden impactar positivamente la producción del cultivo, lo cual solo se puede superar a través de estrategias de acompañamiento y asistencia estatal. Las causas de las diferencias en productividad entre las zonas que mejor se desempeñan frente a las que no, se puede explicar en buena parte por el uso de sistemas de riego y por la ausencia de labores de poda, limpieza fitosanitaria y falta de insumos orgánicos que pueden ser producidos en la misma finca. En lo relativo a los contenidos de cadmio, se encontraron altos niveles, superiores a los permitidos legalmente, sólo en algunos puntos de muestreo ubicados en la zona sur del departamento del Tolima en Colombia. Para estas zonas se hace necesario adelantar mapeos extensivos de contenidos de cadmio, con el fin de delimitar las zonas geográficas que presenten contaminación por este metal pesado, por el momento se adelantan los primeros ensayos para proponer posibles estrategias de manejo agronómico, que reduzcan la concentración de cadmio en los granos de cacao.

Palabras Clave: Cadmio, Cacao, Suelo, granos de cacao, Magnesio

Abstract

Cocoa producers in Colombia and Peru work in conditions that make them uncompetitive, even at the regional level. However, they can take advantage of some comparative advantages, such as high-quality materials, which are in great demand in the international market. With the recent issuance in the European Union of regulations that reduce the permissible concentrations of cadmium in cocoa powder and its derivatives, the situation seems to be more complicated, since cocoas from the Andean zone are considered to have higher rates of cadmium accumulation in its fruits, which pose health risks for consumers.

To alleviate the previous limitations, it is necessary to carry out two urgent actions: characterize the conditions that determine these low levels of productivity, and second, to verify if the producing areas have problems with high concentrations of cadmium in the soils, which affect the quality of the final product.

The results show that the growing areas in the two countries are characterized by having low-tech cocoa farming systems, without permanent or timely technical assistance, and with low use of synthetic inputs or relevant agronomic management technologies. However, the biophysical contexts in which cocoa production takes place are, in general, suitable for cultivation, and can be optimized through focused and permanent technical assistance. Some areas, such as southern Tolima in Colombia and the Cusco region in Peru, generally show a lower level of competitiveness, not so much due to their environmental and edaphic conditions, but due to a lack of knowledge about the techniques and technologies that can positively impact crop production, which can only be overcome through support and state assistance strategies. The causes of the differences in productivity between the areas with better performance, can be largely explained by the use of irrigation systems, the use of pruning, phytosanitary cleaning and organic inputs that can be produced on the same farm. Regarding the cadmium contents, high levels were found, higher than those legally permitted, in some sampling points located in the southern part of the Tolima department in Colombia. For these areas, it is necessary to carry out extensive mappings of cadmium contents, in order to delimit the geographical areas that present contamination by this heavy metal. At the moment, the first tests are being carried out to propose possible agronomic management strategies that reduce concentration of cadmium in the cocoa beans.

Keywords: Cadmium, Cacao, Soil, Cacao Beans, Magnesium

Introducción

El cultivo del cacao es un renglón económico muy importante para los departamentos del Huila y del Tolima en Colombia, y para San Martín y Cusco en Perú, no obstante, presentan un nivel de competitividad bastante bajos en el contexto internacional, con rendimientos que difícilmente superan las 0.5 ton/ ha-1 en grano seco. De otra parte, Perú es el tercer productor de cacao de América, después de Ecuador y Brasil (ICCO 2019) y es el segundo productor de cacao orgánico en el mundo, después de República Dominicana.

La cadena productiva del cacao se ha convertido, en los dos países, en una de las más importantes, como resultado del trabajo coordinado entre el sector público, el gremio de productores de cacao y el aporte de la cooperación internacional que ha permitido incrementar el área productiva, la productividad y la calidad de cacao fino de aroma.

Con el fin de determinar las causas de la baja competitividad, es importante diagnosticar en campo, las condiciones naturales y de manejo que prevalecen en las zonas productoras, además de los requerimientos del mercado. Para así diseñar estrategias de intervención que incrementen la productividad, mejoren el manejo en cultivo y planteen soluciones frente a las limitantes para la comercialización del grano como es el caso del contenido de cadmio.

A nivel mundial las restricciones de ciertos componentes como los metales pesados han limitado el comercio en diferentes productos, como el cacao. Para este cultivo su problemática se basa en la absorción de cadmio, ya que ha llegado a ser en los últimos años una fuente de preocupación para los productores agrícolas latinoamericanos, debido a que la Unión Europea constantemente disminuye las concentraciones máximas permisibles de cadmio en diferentes productos derivados del cacao, los cuales pueden estar por debajo de las concentraciones encontradas en los materiales de cacao provenientes de estos países.

El cadmio constituye un grupo de elementos químicos de elevada masa atómica y alta densidad, denominados metales pesados (Wuana & Okieimen, 2011; He et al., 2015; Bolan et al., 2013), los cuales son frecuentes en sitios contaminados, y pueden tener, bajo ciertas condiciones, efectos tóxicos sobre los seres vivos. Estos tienen como mayor fuente de origen los suelos, ya que se derivan de procesos naturales o de procesos antrópicos. Al contrario de los contaminantes orgánicos, la mayoría de los metales pesados no se degradan química o biológicamente, por cuanto persisten y se acumulan en el suelo por un largo tiempo después de su introducción (Alloway, 2013; Bolan et al., 2013), pudiendo ser absorbidos por las plantas, acumulándose en sus tejidos y afectando todas las cadenas tróficas, como las que afectan a los humanos.

En general, los contenidos en la fracción biodisponible de los metales pesados en el suelo, es decir las formas químicas del elemento, pueden ser absorbidas por las raíces de las

plantas lo cual dependen del contenido total del elemento, la capacidad adsorptiva del suelo y varios factores fisicoquímicos, como el pH y potencial redox. Este último controla los equilibrios de las fracciones adsorbidas y solubles de los metales pesados (Alloway, 2013). Con frecuencia, se ha encontrado que las curvas de adsorción muestran que la concentración de formas biodisponibles de los metales pesados en los suelos se explica en mayor proporción por reacciones de adsorción, que por las de precipitación (Degryse et al., 2009).

En particular, el cadmio es uno de los metales pesados más tóxicos que existe y su concentración puede estar influenciada por factores como actividades de minería, la aplicación de fertilizantes elaborados a partir de roca fosfórica, la aplicación de fungicidas y la fundición y refinación de Zinc. En el caso de los suelos agrícolas, la principal fuente de contaminación proviene de la aplicación de roca fosfórica o sus derivados (Castro et al., 2015), además de la aplicación de lodos o la aplicación de compost con alta concentración de metales (Kirkham, 2006).

Con el fin de diseñar soluciones tecnológicas que permitan reducir a niveles permisibles o eliminar los contenidos de cadmio en los tejidos de las plantas de cultivo, se hace necesario comprender los mecanismos por los cuales el cadmio incrementa su biodisponibilidad en el suelo, y las variables que afectan su absorción por las plantas y su acumulación y partición en los tejidos vegetales. En esta vía, diferentes estudios han dejado en evidencia que la biodisponibilidad del cadmio, es decir, la naturaleza y proporción de especies químicas que pueden ser absorbidas por las raíces de las plantas, depende de varios factores edáficos naturales, del manejo agronómico del suelo y del cultivo, y también del genotipo de la planta.

Teniendo en cuenta la necesidad de conocer que tanto afecta esta problemática a la zona Andina, este trabajo se centró en el estudio de tres diferentes zonas de Colombia y Perú con un seguimiento en el manejo agronómico, análisis químico en suelo, análisis de materia orgánica en suelo, y medición de cadmio total a nivel de suelo y grano fresco, con el fin de determinar posibles relaciones de causalidad entre variables del suelo y contenidos de cadmio en grano y testa, para así determinar si las zonas productivas seleccionadas sobrepasan los límites comerciales permitidos, además de establecer cuáles requieren de posibles soluciones de manejo y disminución de la concentración de cadmio.

Objetivos

- Evaluar y analizar el estado fisicoquímico y biológico de muestras de tejidos de cacao y manejo agronómico en tres zonas de Colombia y Perú.
- Determinar las relaciones de causalidad en la absorción de cadmio a partir del análisis fisicoquímico y biológico de tres zonas de Colombia y Perú.

Metodología

Localización

Colombia

Los estudios se llevaron a cabo en los municipios de Chaparral, Ataco y Planadas, ubicados al sur del Tolima y en el municipio de Mariquita al norte del mismo departamento. En el departamento del Huila, los puntos de estudio se ubicaron en los municipios de Gigante y Campo Alegre (figura 1). Estos municipios son mayores productores de cacao en cada uno de sus departamentos. En el departamento del Tolima se tiene que el municipio de Chaparral está localizado a una altura de 980 m.s.n.m, con una temperatura promedio de 26°C. De sus 2124 km² de superficie, el 99.7% pertenecen al área rural.

El municipio de Ataco por su parte, está ubicado a 153 km de Ibagué a una altura de 446 msnm, y tiene una superficie de 996.8 Km², el 99.9% de la cual es también rural. El rango de temperaturas en el municipio oscila entre 22.6°C y 28.1°C. El municipio de Planadas está ubicado al sur del Tolima, tiene una superficie de 1445 Km², la mayoría rural, y una población de casi 30.000 habitantes. Planadas tiene una temperatura promedio de 20 °C y una altura de 1450 m.s.n.m. Mariquita, municipio al norte del Tolima, está ubicado a 495 msnm, y a 150 km de Bogotá, la capital del país. Cuenta con casi 380 Km² de superficie, de la cual la mayoría es rural.

Para el caso departamento del Huila, el municipio de Gigante tiene una superficie de 626 km², de los cuales 622 pertenecen a la zona rural. Además de una altitud media de 809 msnm y la temperatura promedio es de 24 °C. El municipio de Campoalegre, está localizado a 525 m.s.n.m, próximo a Gigante y Neiva. Tiene una extensión de 661 km² y una población de casi 35.000 habitantes. La temperatura promedio es de 27 °C.

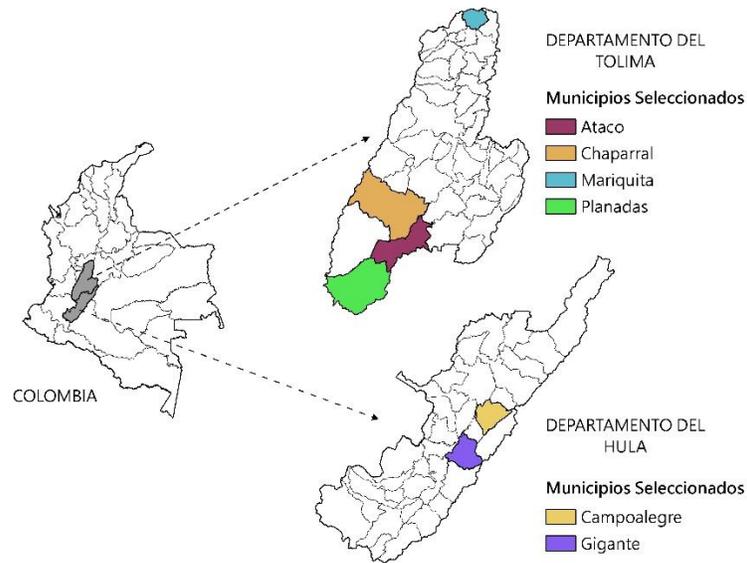


Figura 1. Localización de los municipios en los departamentos del Tolima (superior) y Huila (inferior) seleccionados para el muestreo de suelos cacaoteros.

Fuente: Autores

Perú

Este estudio se realizó en las provincias de Tocache y Mariscal Cáceres en el departamento de San Martín, y en el departamento del Cusco. La Provincia peruana de Mariscal Cáceres es una de las diez que conforman el departamento de San Martín. Tiene una superficie de 14.498 Km² y una población total de 64.600 habitantes. Está ubicada en las coordenadas 7°10'36" S 76°43'44" O. De otra parte, ubicada a 497 m.s.n.m, Tocache es una ciudad peruana ubicada en la cuenca alta del río Huallaga, al sur de la Región San Martín. Está ubicada en las coordenadas 8°11'19" S 76°30'37" O. La provincia de Tocache, de la cual es su capital, se ubica en la cordillera de los Andes, con un relieve altamente heterogéneo, con diversas características de pendiente y altitud.

En el caso del departamento de Cusco este cuenta con una superficie de 71.986 Km² y una población de 1.206 millones de habitantes. La temperatura media en la capital es de 12 °C siendo la máxima de 18 °C y la mínima alrededor de 4 °C más o menos. En la selva amazónica es tropical (Figura 2).

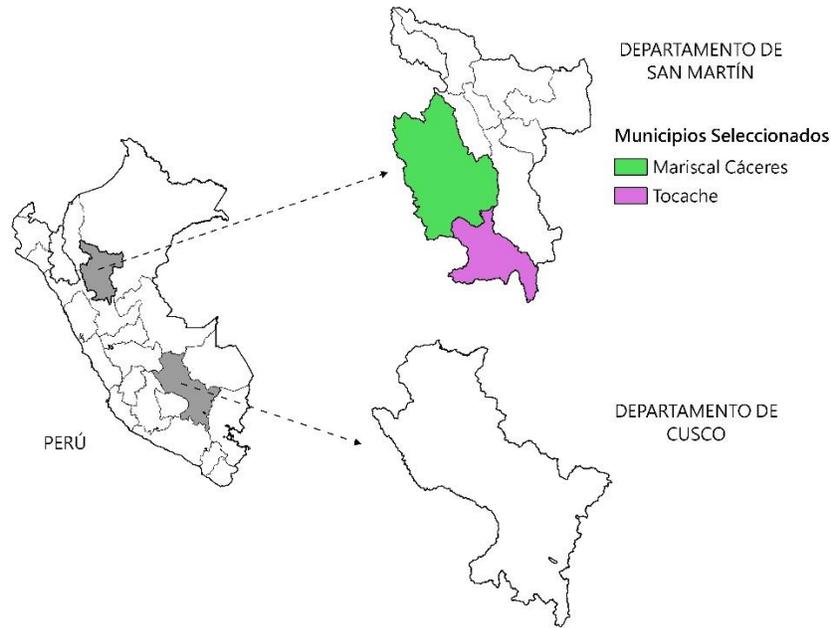


Figura 2. Localización de las provincias de Tocache y Mariscal Cáceres en el departamento de San Martín, y el departamento de Cusco, seleccionados para el muestreo de suelos cacaoteros.

Fuente: Autores

Desarrollo Metodológico

Como primer paso se determinó a partir de consideraciones teóricas las zonas potenciales de acumulación de cadmio en los suelos de producción cacaotera de los departamentos del Tolima y del Huila, en Colombia, y de los departamentos de San Martín y Cusco, en Perú.

Una vez se tuvo una visualización de la zona se definieron los puntos a muestrear, en el caso de Colombia se priorizaron 49 puntos de muestreo ubicados en los departamentos de Tolima y Huila. Distribuidos de la siguiente manera: Ataco (4 muestras), Chaparral (12 muestras), Planadas (3 muestras), Mariquita (21 muestras) por el departamento del Tolima y Gigante (4 muestras), Campo Alegre (5 muestras) por el departamento del Huila.

Para el caso de Perú se definieron 90 puntos de muestreo ubicados en los departamentos de Cusco y San Martín. Distribuidos de la siguiente manera: La Pólvara y Tocache (32 muestras), Mariscal Cáceres (26 muestras), por departamento de San Martín y La Convención (32 muestras), por el departamento de Cusco.

En cada uno de los puntos seleccionados se realizó la toma de muestras pareadas de suelo y frutos, a través de inspección visual e información de los agricultores, donde se buscó que los árboles en cada uno de los puntos de muestreo fueran genéticamente similares. Cada punto de muestreo fue georreferenciado. Durante esta visita se realizó una encuesta al

productor con el fin de obtener información sobre los aspectos de manejo agronómico de los cultivos e historia del lote de siembra.

La toma de la muestra de suelo consistió en considerar un radio no mayor a 1 metro desde el eje del tallo, y una profundidad de 20 centímetros, esta muestra de suelo se hizo con ayuda de un barreno metálico. En cada punto de muestreo se recolectaron al menos cuatro submuestras de suelo, las cuales se mezclaron para la obtención de una muestra compuesta la cual fue almacenada en una bolsa plástica previamente rotulada. Luego las muestras fueron transportadas hasta el laboratorio, donde se procedió a realizar su caracterización química. Este análisis químico incluyó la determinación de pH, porcentaje de materia orgánica, CIC, fósforo, Ca, Mg, Na, K, Fe, Cu, Zn, Mn, B y S. Los contenidos de cadmio en el suelo se evaluaron por absorción atómica, horno de grafito. Además de los parámetros químicos, se evaluó la textura del suelo utilizando el método de Bouyucos.

Para el muestreo de granos de cacao, se seleccionaron por cada árbol, uno o dos frutos en estado de cosecha, todos con similar nivel de maduración. Los frutos fueron almacenados en bolsas plásticas debidamente rotuladas, para posteriormente ser transportados hasta el laboratorio. Una vez en este, se procedió a romper la corteza del fruto, recolectar la semilla, y retirar el mucilago. Luego se llevó la muestra a secado en incubadora a 60°C por 24 horas. Una vez secadas las semillas se procedió a retirar la testa manualmente. El contenido de cadmio en los granos secos y en la testa de las semillas se determinó por espectrometría de absorción atómica, horno de grafito.

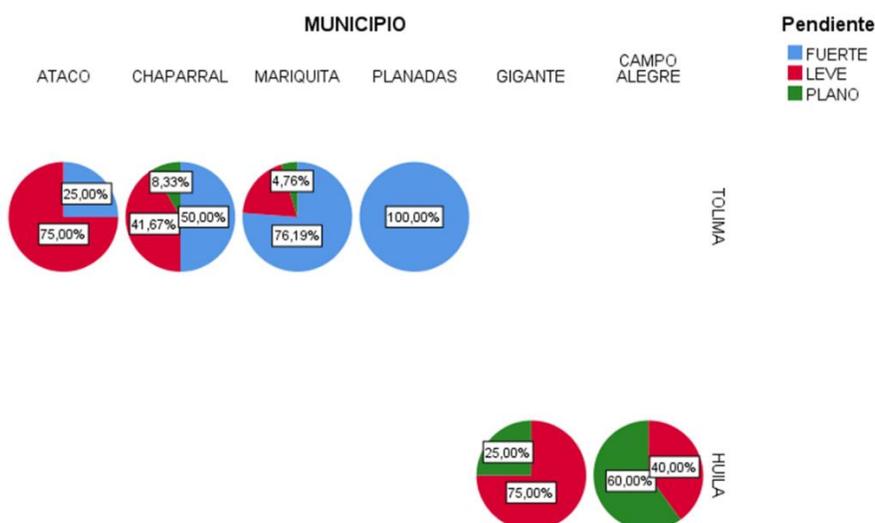
Para determinar si existía algún tipo de correlación estadística entre la concentración de cadmio en los tejidos del grano de cacao y varias variables edáficas, se desarrolló un análisis de regresión múltiple jerárquica, previa comprobación del cumplimiento de supuestos estadísticos, para lo cual se utilizó el software IBM SPSS v25. Igual aproximación se siguió para determinar asociaciones estadísticas entre los niveles de cadmio disponible en el suelo y varias variables edáficas.

Resultados

Caracterización De La Producción Cacaotera

Colombia

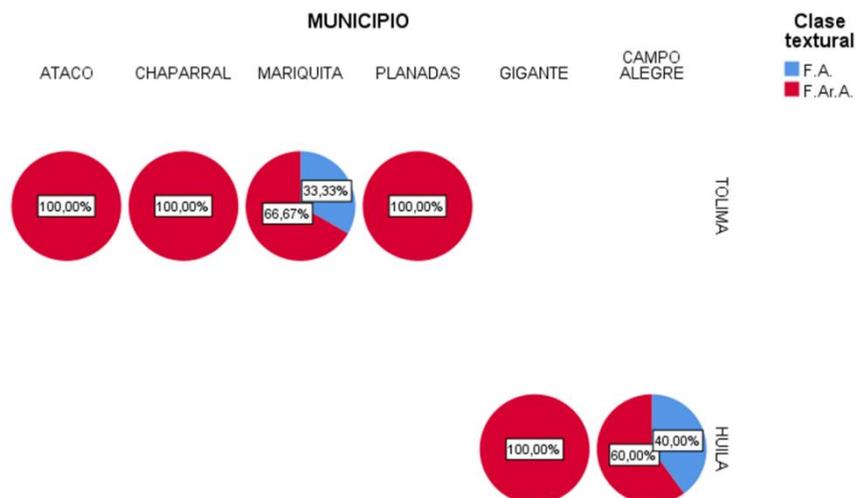
La gráfica 1 muestra que, en el caso de los municipios del Huila evaluados, buena parte de su producción cacaotera está localizada en zonas planas o con pendientes leves, al contrario de lo que ocurre en las zonas productoras del Tolima, en las cuales predomina el relieve de alta pendiente, lo que dificulta el manejo agronómico del cultivo. De otra parte, la pendiente podría afectar de forma negativa la fertilidad química del suelo, debido a que este tipo de topografía favorece el lavado de los nutrientes, especialmente de las bases, en particular, cuando los suelos presentan procesos erosivos y/o de falta de cobertura vegetal.



Gráfica 1. Composición porcentual, por tipo de pendiente, de fincas productoras de cacao en varios municipios de los departamentos de Tolima y Huila.

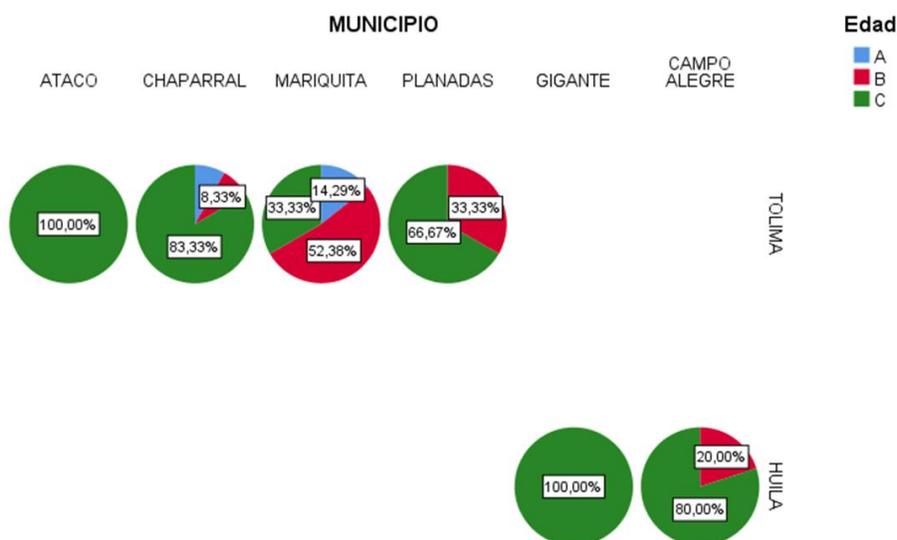
Fuente: Autores

En general, los suelos en los dos departamentos presentan una textura franca arcillo arenosa, sólo en Mariquita en el Tolima, y en Campo Alegre, en el Huila, los suelos presentaron textura franco arenosa (Gráfica 2). Sin considerar el comportamiento en profundidad, en general, estos suelos son considerados adecuados para el cultivo del cacao, pues permiten un apropiado intercambio de gases, una buena capacidad para la retención de agua y no presentan mayor resistencia mecánica a la penetración de las raíces.

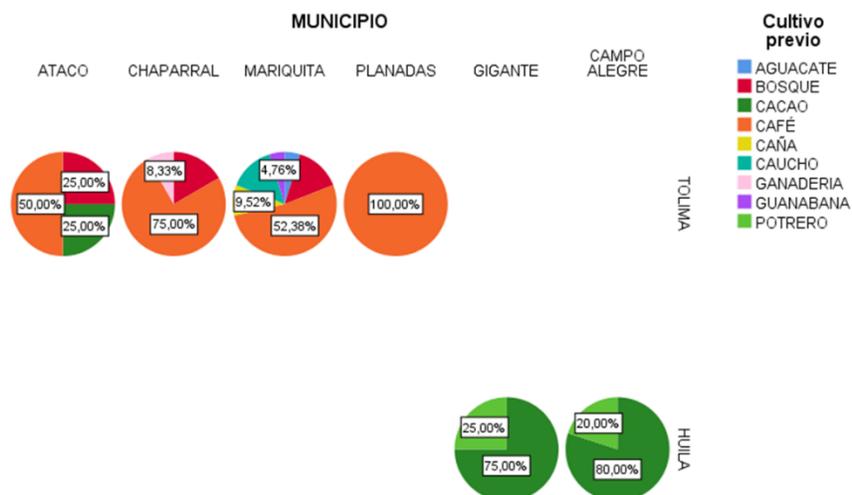


Gráfica 2. Composición porcentual, por clase textural del suelo, de fincas productoras de cacao en varios municipios de los departamentos de Tolima y Huila.
Fuente: Autores

En la mayoría de los casos, los productores tienen cultivos de cacao establecidos hace varios años, normalmente más de diez (Gráfica 3). En la mayor parte, los árboles en producción reemplazaron árboles viejos que se renovaron, condición certera en el caso de los lotes cacaoteros del departamento del Huila. Solo en Chaparral y en Mariquita se encontraron lotes con menos de cinco años, pero la proporción no fue mayor al 15% de los casos. En el caso de los municipios del Tolima, los agricultores de la totalidad de los lotes manifestaron que los actuales reemplazaron cultivos previos de café, bosques cafeteros o cacao, dedicaciones coherentes con la vocación cafetera de las zonas montañosas de Colombia (Gráfica 4).



Gráfica 3. Composición porcentual, por edad del cultivo, de fincas productoras de cacao en varios municipios de los departamentos de Tolima y Huila.
Fuente: Autores



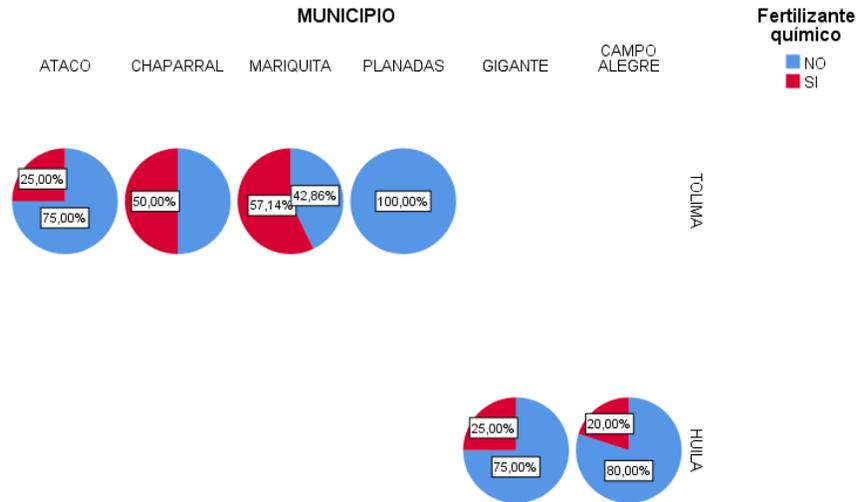
Gráfica 4. Composición porcentual, por cultivo previo al cacao, de fincas productoras de cacao en varios municipios de los departamentos de Tolima y Huila.

Fuente: Autores

Utilización de insumos químicos

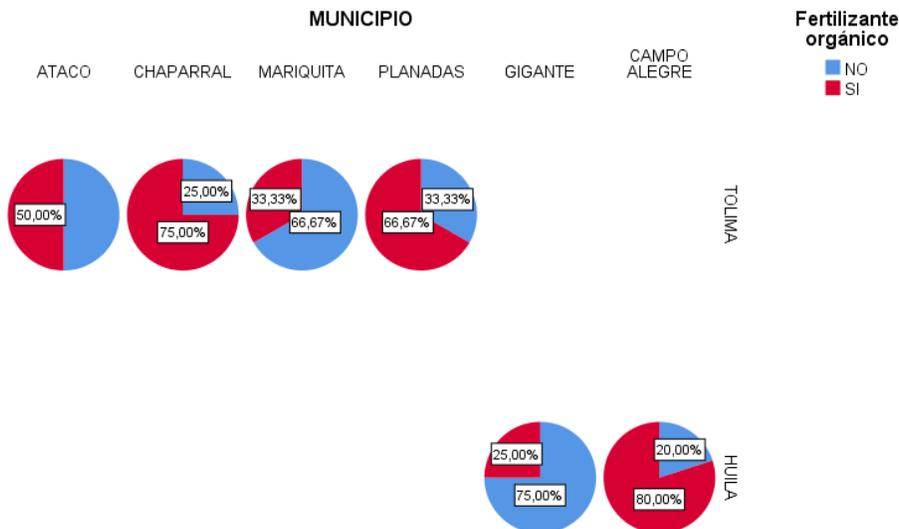
La producción cacaotera de los municipios evaluados, tiene un nivel de productividad, y por tanto de competitividad, bastante limitado. Esta baja competitividad está asociada a la carencia de paquetes tecnológicos y/o de manejo agronómico, condición que se pudo evidenciar a través de la encuesta realizada.

La gráfica 5 muestra que entre el 20 y el 57% de los agricultores utilizan fertilizantes sintéticos, siendo los más reportados los grados: triple 15, triple 18, 17-6-18-2, y el fosfato diamónico o DAP. En varios de los casos también se reportó el uso de cal agrícola, la cual incrementa los contenidos de calcio disponible y el pH del suelo, favoreciendo sus condiciones de fertilidad. El porcentaje de productores que usan abonos químicos es variable dependiendo de la zona productora, no obstante, en el municipio de Planadas, al sur del Tolima, no se registraron reportes positivos frente al uso de este tipo de insumo. Por el contrario, en todos los municipios estudiados, los productores afirmaron utilizar abonos orgánicos como fuente de nutrientes para sus cultivos (Gráfica 6). La mayor frecuencia de uso de los abonos orgánicos se presentó en los municipios de Chaparral y Campo Alegre, con porcentajes de uso del 75% y el 80%, respectivamente. De acuerdo con la encuesta, los abonos orgánicos más utilizados son la gallinaza, la porquinaza, la bovinaza, y el bocashi. Por su alta disponibilidad y manejo, la gallinaza es la enmienda orgánica más utilizada, sola en mezcla con cal agrícola o fosforita, que es un tipo particular de roca fosfórica.



Gráfica 5. Frecuencia relativa de uso de fertilizantes sintéticos en fincas productoras de cacao en varios municipios de los departamentos de Tolima y Huila.

Fuente: Autores

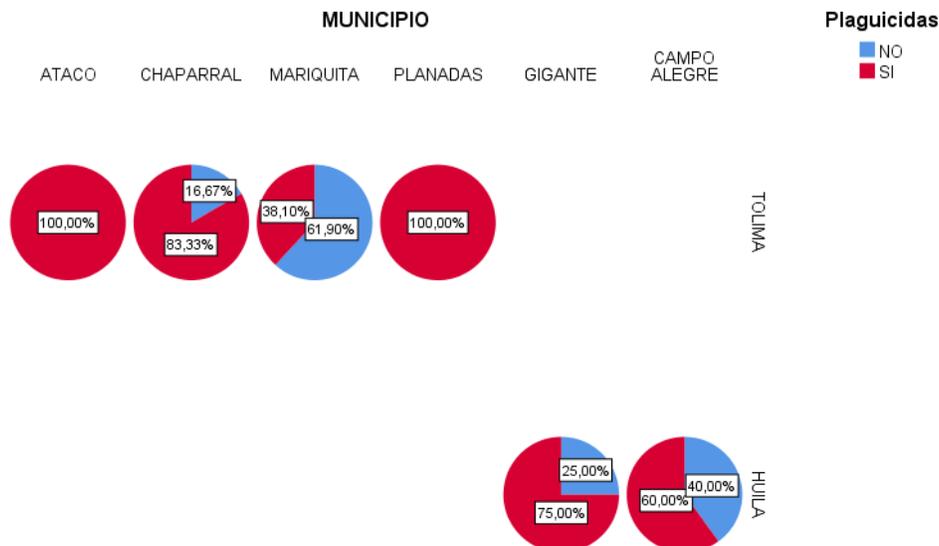


Gráfica 6. Frecuencia relativa de uso de fertilizantes orgánicos en fincas productoras de cacao en varios municipios de los departamentos de Tolima y Huila.

Fuente: Autores

Cuando se indagó sobre el uso de plaguicidas (Gráfica 7) para combatir enfermedades o insectos dañinos que fuesen considerados un problema para el cultivo del cacao, la mayoría de los productores reportaron usar diferentes ingredientes químicos, principalmente insecticidas de diferente grado toxicológico, y sin asesoría de un profesional experto. En Ataco y en Planadas, el 100% de los agricultores afirmaron usar insecticidas, mientras en Mariquita se reportó que solo el 38% de los productores hacían uso de estos insumos. Entre

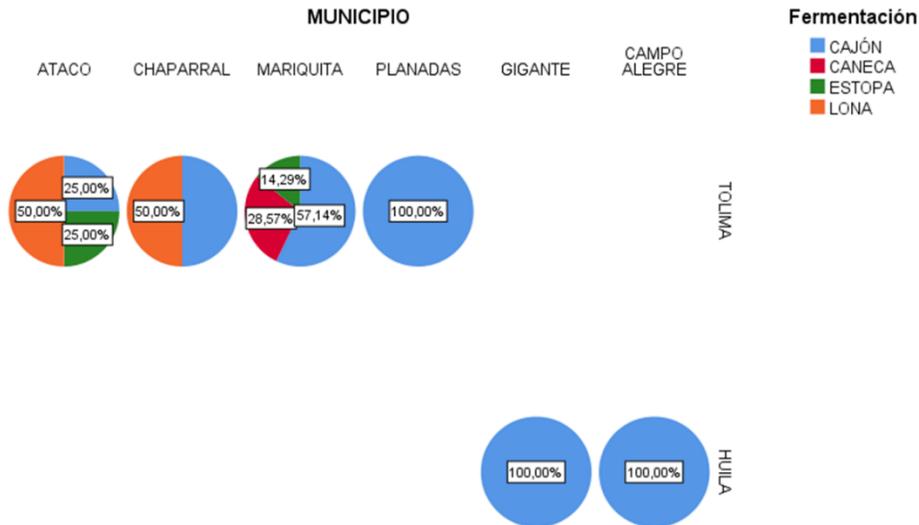
los insecticidas más utilizados se mencionaron: cipermetrina, clorpirifos, malatión y sulfluramida, todos altamente riesgosos para la salud humana. A pesar de la alta incidencia de moniliasis, en especial en la zona sur del departamento del Tolima, los agricultores no reportaron el uso de ningún tipo de fungicida.



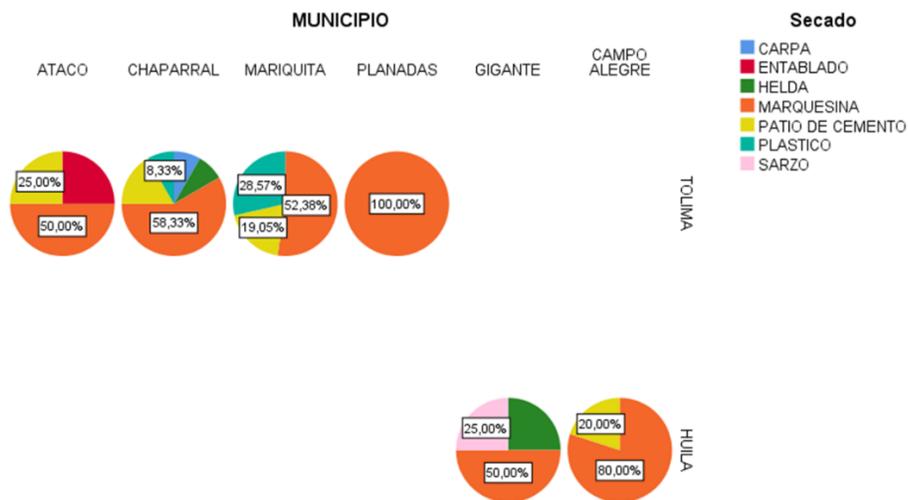
Gráfica 7. Frecuencia relativa de uso de insecticidas sintéticos en fincas productoras de cacao en varios municipios de los departamentos de Tolima y Huila
Fuente: Autores

Actividades poscosecha y estrategia de venta

En los municipios de Gigante y Campo Alegre en el Huila, y en Planadas en el Tolima, el proceso de fermentación se lleva a cabo en su totalidad utilizando cajones de madera, mientras en Ataco y en Chaparral, en el sur del Tolima, el 50% de los agricultores utilizan lona para este proceso (Gráfica 8). En el municipio de Mariquita, al norte del Tolima, el 28.5% de los productores utilizan, además, canecas plásticas para llevar a cabo la fermentación. Para el secado, proceso posterior a la fermentación, la gran mayoría de los productores (del 50% al 100%, según la región) utilizan marquesina, mientras el secado en patios de cemento es otra alternativa utilizada con frecuencia (del 8% al 20%) (Gráfica 9).

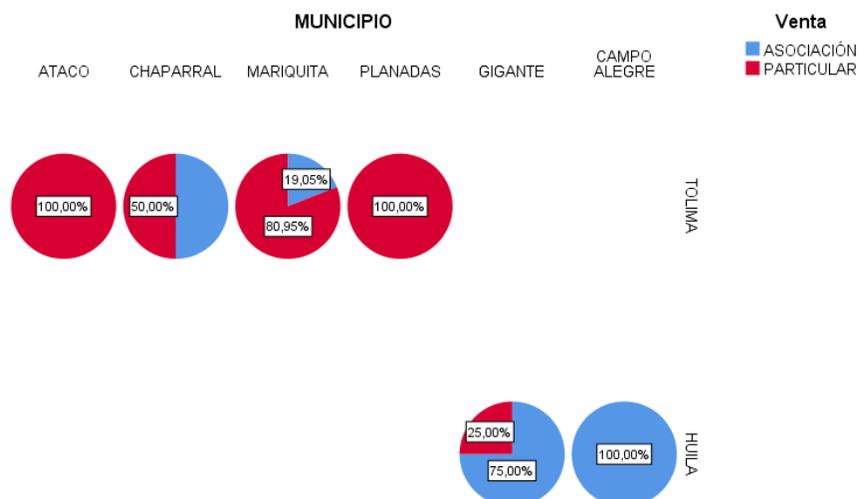


Gráfica 8. Frecuencia relativa de tipo de infraestructura para la fermentación de grano en fincas productoras de cacao en varios municipios de los departamentos de Tolima y Huila.
Fuente: Autores



Gráfica 9. Frecuencia relativa de tipo de secado de grano en fincas productoras de cacao en varios municipios de los departamentos de Tolima y Huila
Fuente: Autores

En lo que tiene que ver con la intermediación que usan para vender su producto, se encontró que, en los municipios del Huila, la producción se vende casi que exclusivamente a asociaciones de cacaoteros, mientras, en los municipios del Tolima, el 100% de los productores en Ataco, Chaparral y el 75% de los productores de Mariquita venden su producción a particulares que compran en cada una de las fincas (Gráfica 10). En el caso de los productores de Chaparral, el 50% de los productores venden sus productos a asociaciones.



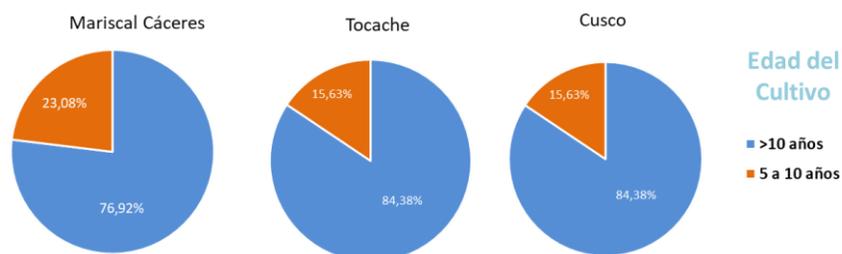
Gráfica 10. Frecuencia relativa de categoría de intermediación para la venta del grano seco de cacao en fincas productoras de varios municipios de los departamentos de Tolima y Huila.

Fuente: Autor

Perú

En Tocache, se realizó el muestreo en el Distrito La Pólvora, donde se contactó con la Asociación de Productores de Cacao CPCacao, quienes brindaron el apoyo para realizar las actividades programadas para la toma de muestras de suelo y granos de cacao. En la Provincia Mariscal Cáceres se realizó el muestreo en los Distritos Huicungo, Pajarillo y Juan Jui, en esta provincia se contó con el apoyo de la Cooperativa Agraria Cacaotera Acopragro.

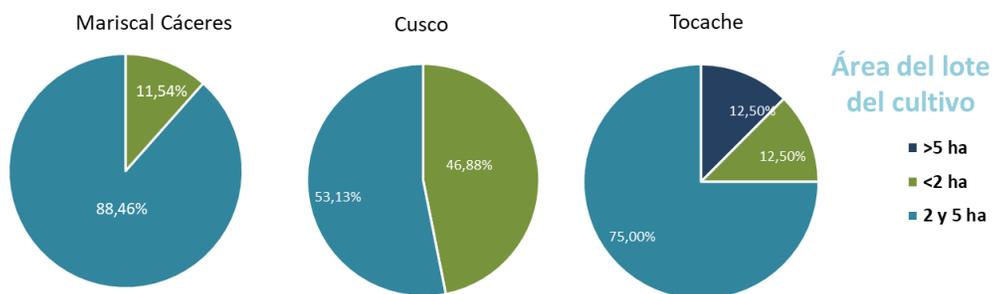
Encontrando que la mayor proporción de los cultivos cacaoteros en las zonas evaluadas, Mariscal Cáceres, Tocache y Cusco, tienen más de 10 años de sembrados, y en el caso de Cusco, se reportaron varios lotes establecidos hace más de 50 años. La proporción de cultivos jóvenes, entre 5 y 10 años de sembrados, ocupan una baja proporción: 23%; 15.6% y 15.6% para Mariscal Cáceres, Tocache y Cusco, respectivamente (Gráfica 11).



Gráfica 11. Frecuencia relativa de edad de cultivo en fincas productoras de cacao de varios municipios de los departamentos de San Martín y Cusco en Perú.

Fuente: Autores

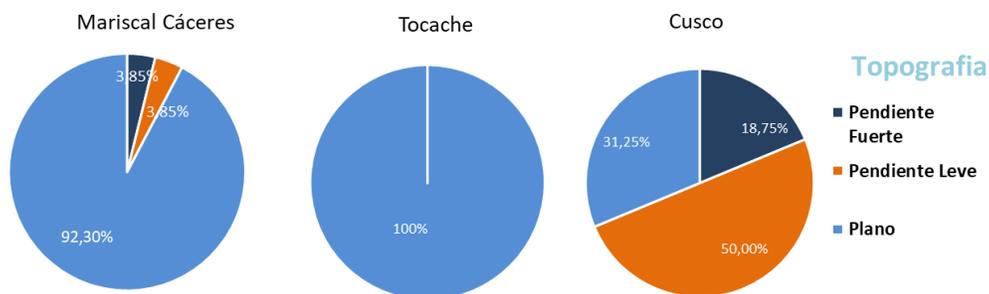
En el caso de Mariscal Cáceres, el 88.5% de los lotes tienen entre 2 y 5 hectáreas y el restante menos de 2 hectáreas. Situación similar se encontró en Tocache, donde la proporción de lotes con áreas entre 2 y 5 hectáreas ocupa el 75%, y el 12.5% son minifundistas con lotes menores a 2 hectáreas. En esta localidad también se encontraron lotes con más de 5 hectáreas (12.5%), En Cusco, por el contrario, la proporción de productores con menos de dos hectáreas es significativamente superior, alcanzando el 47% del total de área reportado. El 53% restante corresponde a lotes con áreas entre 2 y 5 hectáreas (Gráfica 12).



Gráfica 12. Área de lote de cultivo en fincas productoras de cacao de varios municipios de los departamentos de San Martín y Cusco en Perú.

Fuente: Autores

En lo que tiene que ver con la topografía de la zona evaluada, todos los lotes de Tocache presentaron topografía plana, mientras en Mariscal Cáceres se registraron 4% de lotes con pendiente leve y otro 4% con pendiente fuerte. En el caso de Cusco, el 50% de los cultivos se ubicaron sobre lotes de pendiente leve, 31% en lotes con pendiente plano y el resto en topografía con pendiente fuerte (Gráfica 13).

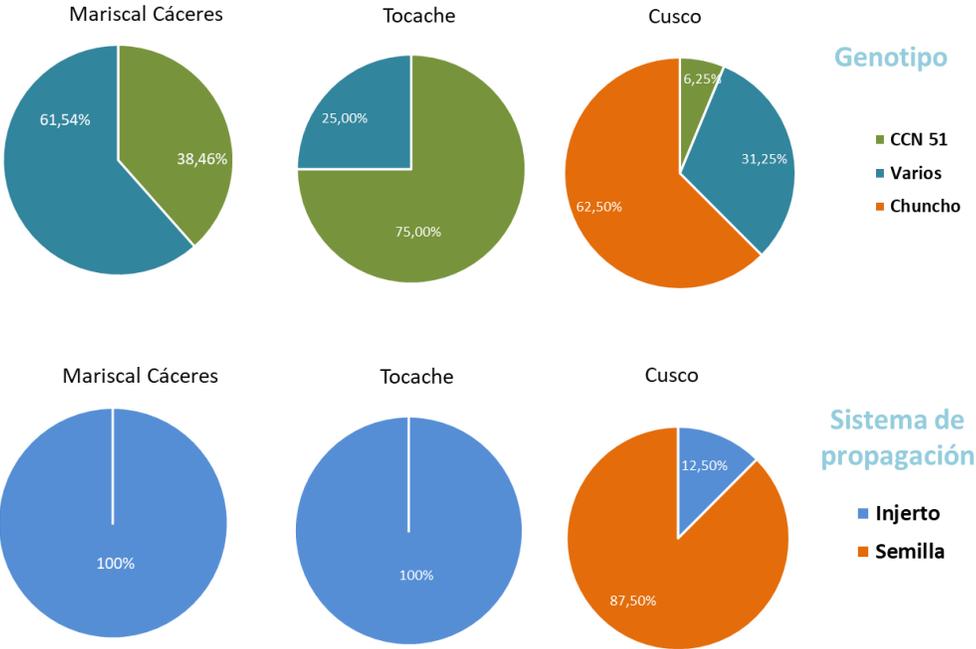


Gráfica 13. Tipo de topografía en fincas productoras de cacao de varios municipios de los departamentos de San Martín y Cusco en Perú.

Fuente: Autores

En términos de diversidad genética los lotes están sembrados con diferentes materiales comerciales o autóctonos. El chuncho es el material más sembrado en Cusco (62.5%), al igual que el CCN51 (6.25%) (Grafica 14). El 31.25% de los lotes tienen mezclas de materiales que incluyen a los dos anteriores y a algunos híbridos. En el caso de Tocache, el 75% de los

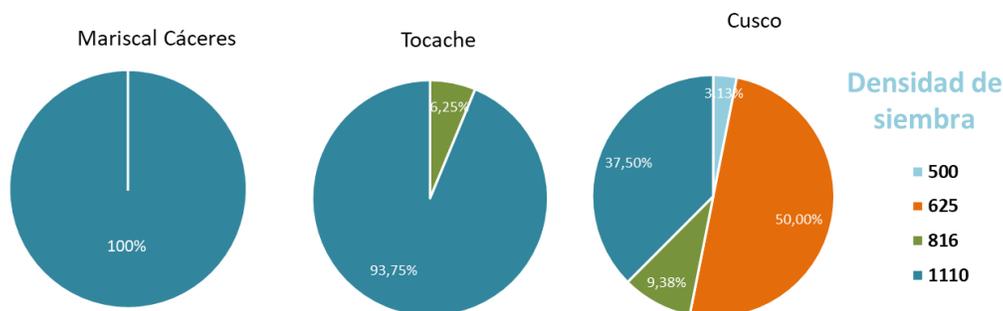
lotes están sembrados con CCN51 como único material, el 25% de los demás lotes corresponden a mezclas de materiales como ICS 95, ICS 6, ICS 39, ICS 1, TH 400, IMC 67, Huacayali, Nacional, Yoplan, entre otros, en diversas proporciones. Situación parecida a la de Tocache se da en Mariscal Cáceres, pero las proporciones en este caso son 38.5% de lotes con CCN51 y el resto de los lotes con materiales mezclados. Coherente con su mayor nivel tecnológico, la producción de Mariscal y Tocache descansa en material propagado en su totalidad por injertos, mientras que, en el caso de Cusco, el 87.5% usa semilla como material de propagación, lo que incide en bajos niveles de productividad relativos.



Gráfica 14. Frecuencia relativa por tipo de genotipo y sistema de propagación en fincas productoras de cacao de varios municipios de los departamentos de San Martín y Cusco en Perú.

Fuente: Autores

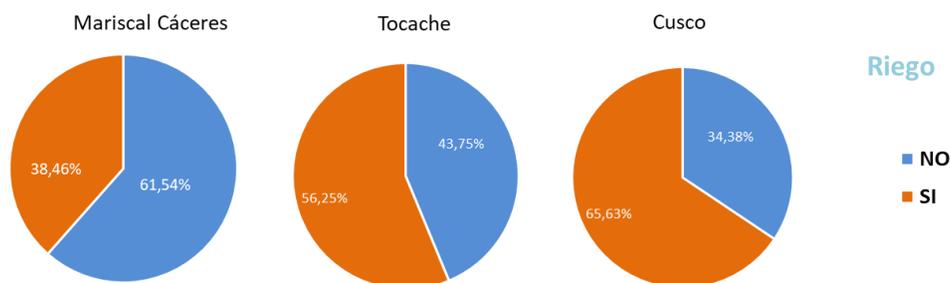
Igualmente, es interesante notar que, en el caso de los productores de Tocache y Mariscal Cáceres, la densidad de siembra es mayor, 1100 plantas /ha en el caso del primero, y 93.8% en el caso del segundo. Por el contrario, en Cusco la densidad de plantas puede ser tan baja como 500 plantas por hectárea, en el 3.1% de los casos. El 50% de los cultivos registraron densidades de 625 plantas/ha en Cusco (Gráfica 15).



Gráfica 15. Frecuencia relativa densidad de siembra en fincas productoras de cacao de varios municipios de los departamentos de San Martín y Cusco en Perú.

Fuente: Autores

El uso de riego tiene mayor frecuencia en el caso de los productores de Mariscal Cáceres, con un 61.5% de participación, en el caso de Tocache, el uso de riego se reduce al 43.7% y en el caso de los productores de Cusco, tan solo el 34% de los productores manifestaron utilizarlo (Gráfica 16). En el caso de los productores de Cusco, la técnica más empleada es el riego por aspersión, seguido por el riego por gravedad y posteriormente, por el riego por goteo

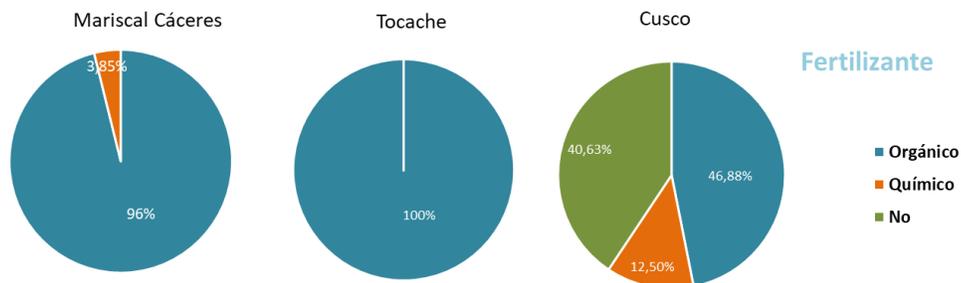


Gráfica 16. Frecuencia relativa de implementación de riego en fincas productoras de cacao de varios municipios de los departamentos de San Martín y Cusco en Perú.

Fuente: Autores

Uso de insumos químico

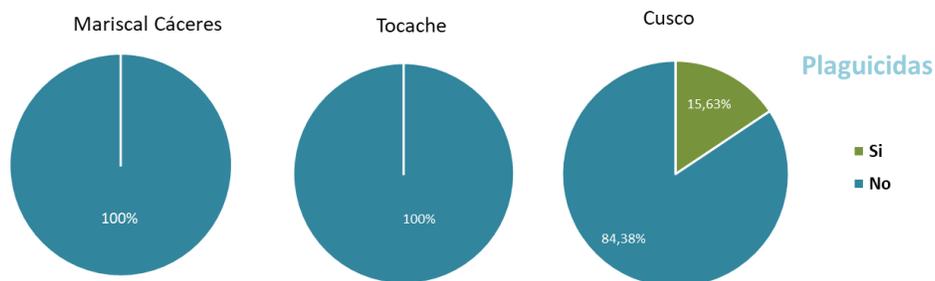
Los productores de la región de Tocache manifestaron no usar fertilizantes sintéticos, aunque el uso de fertilizantes orgánicos es una práctica estandarizada. Situación muy similar se evidenció en los lotes cacaoteros de Mariscal Cáceres, donde sólo el 4% de los productores manifestaron usar fertilizantes químicos. El 96% restante mantiene la nutrición de sus cultivos con fertilizantes orgánicos. En el caso de los productores de Cusco, la situación es más heterogénea, pues el 12.5% d ellos agricultores manifestaron no utilizar ningún tipo de fertilizante, sea orgánico o de síntesis química, mientras el 46.9% hace uso de fertilizantes químicos (Gráfica 17).



Gráfica 17. Frecuencia relativa por uso de fertilizante en fincas productoras de cacao de varios municipios de los departamentos de San Martín y Cusco en Perú.

Fuente: Autores

En lo que respecta al uso de plaguicidas para combatir enfermedades, insectos dañinos o malezas, el 100% de los productores de Mariscal Cáceres y Tocache manifestaron no hacer uso de este tipo de insumos, mientras en el caso de los productores de Cusco, el 15.6% de los productores hacen uso de diferente tipo de biocidas químicos (Gráfica 18).

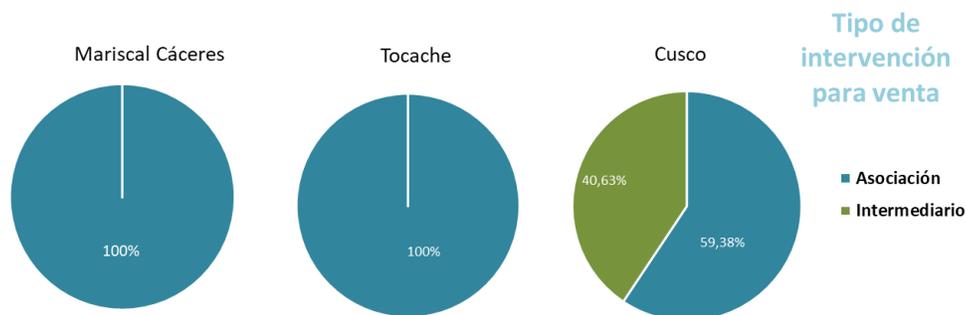


Gráfica 18. Frecuencia relativa de uso de plaguicidas en fincas productoras de cacao de varios municipios de los departamentos de San Martín y Cusco en Perú.

Fuente: Autores

Actividades poscosecha y estrategia de venta

La actividad de poscosecha y mercadeo es un indicativo poderoso del nivel de competitividad de las cadenas agropecuarias, y la asociatividad es una estrategia que mejora definitivamente este parámetro. Tanto en Tocache como en Mariscal Cáceres la venta del producto cosechado se hace a través de asociaciones, en el 100% de los casos evaluados, por el contrario, este mecanismo solo da cuenta del 59% de los agricultores en los cultivos de cacao de Cusco, mientras el 41% restante utiliza canales de intermediarios, lo que reduce el margen de ganancia de los productores (Gráfica 19).



Gráfica 19. Mecanismo de intermediación para la venta del producto final en fincas productoras de cacao de varios municipios de los departamentos de San Martín y Cusco en Perú.

Fuente: Autores

Caracterización Edafológica De Las Zonas Productoras

Colombia

Los resultados de las propiedades físicas y químicas de los suelos de las zonas productoras de cacao en los municipios de Campo Alegre y Gigante en el Huila, y de Chaparral, Ataco, Planadas y Mariquita, en el Tolima, se presentan de forma condensada en la tabla 1. Para poder analizar la condición de fertilidad química de estos suelos, se utilizó los niveles de referencia establecidos en la Quinta aproximación (ICA, 1992) para los diferentes parámetros evaluados.

En general, los suelos del municipio de Chaparral mostraron los valores de pH más bajos (5.39), seguidos del pH de los suelos de Mariquita, Planadas y Campo Alegre, con suelos de pH 5.46, 5.57 y 5.88, respectivamente. Estos valores encajan dentro de las categorías que van de fuertemente ácidos a moderadamente ácidos. Para los suelos de Gigante, en el Huila, se registró el pH promedio más alto, 6.63, seguido de los suelos de Ataco, con un pH de 6.43.

En cuanto a contenido de materia orgánica, Campo Alegre y Gigante en el Huila muestran los menores contenidos (2.06% y 2.18%), los cuales se consideran contenidos medios para su condición climática. Por su parte, los municipios de Ataco y Chaparral, en el Tolima, muestran igualmente contenidos medios de materia orgánica (3.63% y 3.08%), mientras los contenidos de materia orgánica de los suelos de Planadas y Mariquita son considerados altos (4.37% y 4.69%).

A nivel de los valores de CIC se puede concluir que todos los suelos evaluados son adecuados dado que, en todos los casos, su promedio es mayor a 20 meq/100 g, registrándose los valores más altos en los municipios de campo Alegre y Gigante en el Huila (22.4 y 24.25 meq/100 g, respectivamente). A nivel de contenido de fósforo se encontró que casi todos los municipios evaluados tienen contenidos de fósforo altos (entre 75 y 117

ppm aproximadamente), excepto para el municipio de mariquita el cual se encuentra en un rango medio

A nivel del diagnóstico de fertilidad de los suelos el contenido de bases intercambiables, que incluyen el Ca, Mg y K, además del Na, el cual no es un elemento esencial, pero puede ser una limitante en suelos sódicos o salino sódicos. Se tuvo el contenido de Ca oscilo entre 5.0 y 5.9 meq/100 g para la mayoría de los suelos, excepto el municipio de Mariquita, que presentó niveles bajos (4.73 meq/100 g). Esto es coherente con los niveles de pH, CIC y contenidos de materia orgánica detectados.

Para los niveles de magnesio disponible en el suelo se tuvo que Campo Alegre y Gigante en el Huila tuvieron datos entre 2.28 y 2.3 meq/100 g, respectivamente, considerándolos en un rango medio. Para los municipios de Ataco, Chaparral y Planadas se tuvieron niveles de magnesio de 1.54, 1.82, 1.63 meq/100 g, respectivamente, siendo valores ubicados próximos al límite inferior del intervalo considerado como contenidos medios. En el caso de los suelos de Mariquita, los niveles de magnesio fueron bastante bajos (1.29 meq/100 g).

En el caso de los suelos de los municipios del Tolima, los niveles detectados de potasio intercambiable se encuentran dentro del rango considerado de contenidos medios (0.15 – 0.35 meq/100 g), situación contraria a lo que ocurre en Gigante, Huila, donde los suelos presentaron un promedio de 0.12 meq/100 g. Aunque en Campo Alegre, los suelos registraron un contenido promedio de 0.19 meq/100 es claro que los contenidos de potasio intercambiable son bajos en comparación con los contenidos de los suelos del departamento del Tolima.

Tabla 1. Estadísticas de variables Químicas de suelos cacaoteros en diferentes municipios del Huila y Tolima.

| Variables y estadísticos | | HUILA | | TOLIMA | | | |
|--------------------------|---------------------|--------------|---------|--------|-----------|----------|-----------|
| | | CAMPO ALEGRE | GIGANTE | ATACO | CHAPARRAL | PLANADAS | MARIQUITA |
| ASNM (m) | Media | 659 | 840 | 788 | 989 | 1231 | 1073 |
| | Máximo | 744 | 911 | 841 | 1308 | 1303 | 1216 |
| | Mínimo | 615 | 650 | 711 | 789 | 1189 | 883 |
| | Desviación estándar | 50 | 127 | 55 | 164 | 63 | 131 |
| pH | Media | 5,88 | 6,63 | 6,43 | 5,39 | 5,57 | 5,46 |
| | Máximo | 6,50 | 6,90 | 7,00 | 6,40 | 6,40 | 6,10 |
| | Mínimo | 4,50 | 6,40 | 5,70 | 4,80 | 4,60 | 4,10 |
| | Desviación estándar | 0,81 | 0,22 | 0,54 | 0,48 | 0,91 | 0,47 |

| | | | | | | | |
|---------------------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| MOS (%) | Media | 2,06 | 2,18 | 3,63 | 3,08 | 4,37 | 4,69 |
| | Máximo | 2,40 | 2,60 | 6,20 | 5,10 | 6,00 | 10,00 |
| | Mínimo | 1,60 | 1,80 | 2,30 | 2,00 | 2,60 | 2,20 |
| | Desviación estándar | 0,38 | 0,35 | 1,76 | 1,13 | 1,70 | 1,77 |
| CIC (meq/100g) | Media | 22,40 | 24,25 | 26,00 | 20,08 | 21,33 | 20,19 |
| | Máximo | 25,00 | 26,00 | 28,00 | 24,00 | 24,00 | 24,00 |
| | Mínimo | 16,00 | 22,00 | 24,00 | 17,00 | 20,00 | 16,00 |
| | Desviación estándar | 3,65 | 1,71 | 1,83 | 2,31 | 2,31 | 2,36 |
| P (mg kg ⁻¹) | Media | 90,80 | 109,25 | 74,68 | 75,58 | 116,80 | 34,62 |
| | Máximo | 121,00 | 136,00 | 137,00 | 149,00 | 184,00 | 79,00 |
| | Mínimo | 34,00 | 39,00 | 25,60 | 19,00 | 19,00 | 16,00 |
| | Desviación estándar | 34,26 | 46,90 | 49,36 | 45,80 | 86,65 | 21,31 |
| Ca (meq/100g) | Media | 5,34 | 5,83 | 5,90 | 5,34 | 5,00 | 4,73 |
| | Máximo | 6,20 | 6,50 | 6,20 | 6,40 | 5,90 | 5,90 |
| | Mínimo | 4,30 | 4,40 | 5,40 | 3,40 | 3,20 | 4,00 |
| | Desviación estándar | 0,92 | 0,96 | 0,35 | 1,00 | 1,56 | 0,53 |
| Mg (meq/100g) | Media | 2,28 | 2,30 | 1,54 | 1,82 | 1,63 | 1,29 |
| | Máximo | 3,40 | 2,60 | 1,90 | 2,90 | 1,80 | 2,30 |
| | Mínimo | 1,10 | 1,90 | 0,95 | 1,20 | 1,40 | 0,80 |
| | Desviación estándar | 0,84 | 0,29 | 0,41 | 0,49 | 0,21 | 0,40 |
| Na (meq/100g) | Media | 0,19 | 0,15 | 0,21 | 0,18 | 0,16 | 0,15 |
| | Máximo | 0,35 | 0,30 | 0,30 | 0,40 | 0,20 | 0,30 |
| | Mínimo | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| | Desviación estándar | 0,12 | 0,10 | 0,09 | 0,10 | 0,05 | 0,09 |
| K (meq/100g) | Media | 0,19 | 0,12 | 0,30 | 0,27 | 0,23 | 0,23 |
| | Máximo | 0,43 | 0,21 | 0,43 | 0,71 | 0,24 | 0,91 |
| | Mínimo | 0,09 | 0,07 | 0,18 | 0,15 | 0,22 | 0,06 |
| | Desviación estándar | 0,14 | 0,06 | 0,11 | 0,16 | 0,01 | 0,21 |
| Fe (mg kg ⁻¹) | Media | 15,60 | 14,00 | 10,68 | 19,67 | 27,03 | 12,34 |
| | Máximo | 20,00 | 18,00 | 25,00 | 48,00 | 62,00 | 21,00 |
| | Mínimo | 14,00 | 11,00 | 3,10 | 6,50 | 5,10 | 8,10 |
| | Desviación estándar | 2,61 | 3,56 | 9,75 | 11,14 | 30,61 | 3,16 |
| Zn (mg kg ⁻¹) | Media | 1,64 | 1,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,11 |
| | Máximo | 2,80 | 1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,50 |
| | Mínimo | 1,10 | 0,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,80 |
| | Desviación estándar | 0,67 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,41 |
| Mn (mg kg ⁻¹) | Media | 11,46 | 8,80 | 8,05 | 9,62 | 9,73 | 8,07 |
| | Máximo | 18,00 | 14,00 | 14,30 | 20,00 | 13,00 | 17,00 |
| | Mínimo | 6,00 | 5,20 | 2,60 | 0,00 | 3,20 | 3,50 |
| | Desviación estándar | 5,31 | 4,05 | 4,98 | 5,57 | 5,66 | 4,20 |
| B (mg kg ⁻¹) | Media | 0,41 | 0,44 | 0,28 | 0,26 | 0,37 | 0,38 |
| | Máximo | 0,86 | 0,62 | 0,42 | 0,53 | 0,47 | 0,60 |
| | Mínimo | 0,19 | 0,22 | 0,13 | 0,13 | 0,20 | 0,18 |
| | Desviación estándar | 0,27 | 0,17 | 0,15 | 0,13 | 0,15 | 0,12 |

| | | | | | | | |
|---------------------------|---------------------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| S (mg kg ⁻¹) | Media | 34,40 | 33,75 | 32,75 | 36,92 | 26,00 | 28,19 |
| | Máximo | 49,00 | 47,00 | 36,00 | 48,00 | 38,00 | 53,00 |
| | Mínimo | 19,00 | 19,00 | 29,00 | 24,00 | 18,00 | 17,00 |
| | Desviación estándar | 12,24 | 13,84 | 2,99 | 8,87 | 10,58 | 9,37 |
| Al (meq/100g) | Media | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,18 | 0,13 | 0,13 |
| | Máximo | 0,60 | 0,00 | 0,00 | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| | Mínimo | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Desviación estándar | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,16 | 0,23 | 0,16 |
| SatAl (%) | Media | 1,54 | 0,00 | 0,00 | 2,59 | 2,30 | 1,97 |
| | Máximo | 7,70 | 0,00 | 0,00 | 6,90 | 6,90 | 6,60 |
| | Mínimo | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Desviación estándar | 3,44 | 0,00 | 0,00 | 2,37 | 3,98 | 2,40 |
| SatBases (%) | Media | 36,40 | 34,70 | 30,65 | 38,00 | 32,93 | 32,10 |
| | Máximo | 44,90 | 37,10 | 34,30 | 45,50 | 38,60 | 43,00 |
| | Mínimo | 23,30 | 29,70 | 28,00 | 24,80 | 27,20 | 21,30 |
| | Desviación estándar | 8,62 | 3,41 | 2,69 | 6,61 | 5,70 | 5,49 |
| RCaMg | Media | 2,54 | 2,58 | 4,15 | 3,01 | 3,17 | 3,93 |
| | Máximo | 3,90 | 3,20 | 6,30 | 3,60 | 4,20 | 6,60 |
| | Mínimo | 1,80 | 1,70 | 3,20 | 2,10 | 1,80 | 1,90 |
| | Desviación estándar | 0,80 | 0,63 | 1,47 | 0,48 | 1,23 | 1,01 |
| ReCaMgK | Media | 54,24 | 77,65 | 27,40 | 32,34 | 28,87 | 43,43 |
| | Máximo | 87,30 | 114,30 | 39,40 | 52,40 | 34,50 | 131,70 |
| | Mínimo | 14,90 | 42,40 | 18,40 | 12,80 | 21,70 | 6,90 |
| | Desviación estándar | 26,31 | 33,08 | 10,27 | 12,08 | 6,54 | 28,71 |
| ReMgK | Media | 15,98 | 21,70 | 5,78 | 8,18 | 7,10 | 9,40 |
| | Máximo | 30,90 | 27,10 | 9,40 | 15,30 | 7,80 | 33,30 |
| | Mínimo | 4,70 | 11,40 | 2,60 | 3,80 | 5,80 | 1,60 |
| | Desviación estándar | 9,71 | 7,29 | 2,94 | 3,41 | 1,13 | 7,18 |
| Suma_de_bases | Media | 8,00 | 8,40 | 7,95 | 7,61 | 7,02 | 6,39 |
| | Máximo | 10,01 | 9,21 | 8,63 | 10,11 | 7,92 | 8,06 |
| | Mínimo | 5,59 | 7,42 | 7,38 | 4,95 | 5,43 | 5,11 |
| | Desviación estándar | 1,69 | 0,78 | 0,58 | 1,51 | 1,38 | 0,75 |
| Porc_Sat_Ca | Media | 67,46 | 69,05 | 74,33 | 70,39 | 69,98 | 74,20 |
| | Máximo | 76,92 | 74,66 | 79,37 | 73,80 | 76,52 | 81,41 |
| | Mínimo | 61,28 | 59,30 | 69,52 | 61,33 | 58,93 | 62,23 |
| | Desviación estándar | 6,36 | 6,73 | 4,11 | 3,34 | 9,62 | 4,67 |
| Cu (mg kg ⁻¹) | Media | 0,60 | 0,33 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,87 |
| | Máximo | 1,10 | 0,40 | 0,00 | 0,80 | 0,00 | 3,00 |
| | Mínimo | 0,30 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,10 |
| | Desviación estándar | 0,34 | 0,10 | 0,00 | 0,23 | 0,00 | 0,80 |

Fuente: Autores

A nivel de pH, se encontraron niveles por debajo de 5.5, en los suelos de los municipios de Chaparral y Mariquita, no obstante, los porcentajes de saturación de aluminio son muy bajos (menores al 3.0%), por cuanto se debe concluir que la probabilidad de ocurrencia de fitotoxicidad por aluminio es en la práctica, inexistente.

Para el caso de los suelos evaluados, la relación Ca/Mg se encontró, en promedio, entre 3.01 y 4.15 para los suelos del Tolima, y fue menor a 2.58 para los suelos de los municipios del Huila. La



relación $(Ca+Mg) /K$ fue mayor a 27 en todos los suelos. Para el caso de la relación Mg/K , los valores obtenidos varían entre 5.8 y 21.7.

En general, en todos los suelos el porcentaje de saturación de bases presentó niveles adecuados, superando el 30%. Como era de esperar, ninguno de los suelos presentó niveles de sodio intercambiable significativos, por cuanto este elemento no esencial no debe considerarse una limitante en estas zonas productoras.

Perú

Los resultados de la evaluación de las variables edáficas de los suelos cacaoteros analizados en las provincias de Tocache, Mariscal Cáceres y Cusco se presentan en las tablas 2, 3 y 4.

El pH de los suelos de las regiones de Mariscal Cáceres y Cusco presentó valores que caen dentro de la categoría neutro, por el contrario, los suelos de la región de Tocache tienen pH extremadamente ácido, lo cual podría incidir negativamente en el desarrollo del cultivo del cacao. Estos niveles de acidez de los suelos de Tocache (4.59), pueden generar posibles deficiencias de varios macronutrientes y la mayoría de los micronutrientes.

En lo que respecta a la disponibilidad de N, P y K, se puede concluir que en los suelos de Mariscal Cáceres y Tocache, los niveles de fósforo disponibles son bastante bajos (menos de 5 ppm), mientras en el caso de los suelos de Cusco, aunque los niveles caen dentro del rango de contenidos medios, solo alcanzan a estar en el límite inferior del rango.

En relación con el Nitrógeno, es posible que se puedan presentar deficiencias en los suelos de Mariscal Cáceres y Tocache, en los cuales los niveles de materia orgánica están por debajo del 2%. En los suelos de Cusco, los contenidos de materia orgánica son relativamente adecuados, con niveles medios de 5.33%. Por otra parte, los niveles de potasio caen en los tres suelos, dentro de la categoría de contenidos medios, teniendo los niveles más bajos los suelos de la región de Tocache.

Las bases cambiables son elementos químicos muy importantes desde el punto de vista nutricional, y generalmente presentan deficiencias en suelos con pH bajo. Este es el caso de los suelos de la región de Tocache, los cuales presentan niveles bastante bajos de Ca y Mg. En el caso de los suelos de Cusco, los contenidos de estos dos elementos son adecuados, mientras en los suelos de Mariscal Cáceres se presentan niveles medios de magnesio y altos de calcio, lo que es coherente con su nivel de pH y alta CIC. Dado que la relación C/N es mayor de 4 en estos últimos suelos, es probable que se presenten deficiencias de magnesio.

Tabla 2. Descriptivos de las variables edáficas analizadas en los suelos de Cusco (n = 32).

| | Cusco | | | | |
|----------------|-------|---------------------|--------|--------|----------------|
| | Media | Desviación estándar | Máximo | Mínimo | Coef. Var. (%) |
| pH | 6,3 | 0,61 | 7,6 | 4,7 | 9,7 |
| CE | 0,2 | 0,13 | 0,8 | 0,1 | 54,1 |
| MO | 5,3 | 2,05 | 9,4 | 1,3 | 38,5 |
| P_ppm | 12,7 | 7,74 | 31,3 | 2,4 | 61,1 |
| Arena | 49,6 | 12,26 | 77,0 | 21,0 | 24,7 |
| Limo | 25,3 | 5,60 | 41,0 | 13,0 | 22,2 |
| Arcilla | 25,1 | 8,56 | 52,0 | 10,0 | 34,1 |
| CIC | 22,0 | 6,41 | 33,0 | 9,9 | 29,2 |
| Ca | 13,9 | 5,23 | 23,9 | 5,2 | 37,7 |
| Mg | 5,6 | 2,56 | 10,0 | 1,8 | 45,9 |
| K | 0,9 | 0,38 | 1,9 | 0,3 | 41,2 |
| Na | 0,3 | 0,04 | 0,4 | 0,2 | 15,7 |
| Suma_cationes | 20,7 | 7,14 | 33,0 | 8,3 | 34,5 |
| Suma_bases | 20,7 | 7,16 | 33,0 | 8,3 | 34,6 |
| Porc_sat_bases | 92,9 | 10,54 | 100,0 | 57,0 | 11,3 |
| Fe | 160,6 | 60,97 | 313,6 | 76,8 | 38,0 |
| Cu | 4,6 | 2,86 | 13,0 | 0,7 | 62,4 |
| Mn | 72,0 | 36,09 | 192,0 | 17,6 | 50,1 |
| Zn | 14,2 | 10,56 | 40,8 | 0,9 | 74,5 |
| B | 0,9 | 0,39 | 1,9 | 0,2 | 44,2 |
| Cd_ext | 0,1 | 0,08 | 0,4 | 0,0 | 65,1 |
| Cd_total | 1,8 | 0,29 | 2,3 | 1,1 | 16,6 |
| S_ppm | 7,7 | 5,32 | 20,9 | 0,7 | 68,7 |

Fuente: Autores

Tabla 3. Descriptivos de las variables edáficas analizadas en los suelos de Mariscal Cáceres (n = 26).

| | Mariscal | | | | |
|----------------|----------|---------------------|--------|--------|----------------|
| | Media | Desviación estándar | Máximo | Mínimo | Coef. Var. (%) |
| pH | 6,8 | 0,76 | 7,7 | 5,2 | 11,1 |
| CE | 0,4 | 0,20 | 1,0 | 0,1 | 55,3 |
| MO | 1,8 | 0,71 | 3,6 | 0,9 | 38,3 |
| P_ppm | 4,4 | 2,41 | 11,6 | 1,7 | 54,8 |
| Arena | 37,0 | 13,15 | 67,0 | 21,0 | 35,5 |
| Limo | 35,5 | 10,71 | 57,0 | 17,0 | 30,1 |
| Arcilla | 27,5 | 9,44 | 44,0 | 16,0 | 34,4 |
| CIC | 18,2 | 6,85 | 32,8 | 9,1 | 37,6 |
| Ca | 14,1 | 6,37 | 26,1 | 5,8 | 45,1 |
| Mg | 2,1 | 0,97 | 4,1 | 0,5 | 45,9 |
| K | 0,5 | 0,51 | 2,8 | 0,2 | 98,5 |
| Na | 0,1 | 0,08 | 0,5 | 0,1 | 59,0 |
| Suma_cationes | 16,9 | 6,71 | 30,1 | 7,1 | 39,7 |
| Suma_bases | 16,9 | 6,71 | 30,1 | 7,1 | 39,7 |
| Porc_sat_bases | 92,7 | 10,49 | 100,0 | 63,0 | 11,3 |
| Fe | 12,9 | 16,78 | 62,4 | 0,9 | 130,3 |
| Cu | 1,2 | 0,51 | 1,9 | 0,1 | 42,6 |
| Mn | 10,1 | 5,51 | 25,8 | 2,4 | 54,6 |
| Zn | 3,0 | 1,37 | 7,5 | 1,6 | 46,5 |
| B | 0,1 | 0,10 | 0,4 | 0,0 | 186,1 |
| Cd_ext | 0,1 | 0,04 | 0,2 | 0,0 | 48,3 |
| Cd_total | 0,8 | 0,15 | 1,2 | 0,7 | 18,3 |
| S_ppm | 0,0 | 0,05 | 0,2 | 0,0 | 279,4 |

Fuente: Autores

Tabla 4. Descriptivos de las variables edáficas analizadas en los suelos de Mariscal Cáceres (n = 32).

| | Tocache | | | | |
|----------------|---------|---------------------|--------|--------|----------------|
| | Media | Desviación estándar | Máximo | Mínimo | Coef. Var. (%) |
| pH | 4,7 | 0,32 | 5,4 | 4,1 | 6,9 |
| CE | 0,1 | 0,03 | 0,2 | 0,1 | 27,2 |
| MO | 1,6 | 0,39 | 3,2 | 1,1 | 25,1 |
| P_ppm | 3,6 | 1,96 | 9,8 | 0,6 | 54,9 |
| Arena | 43,6 | 8,96 | 59,0 | 25,0 | 20,6 |
| Limo | 28,5 | 4,90 | 39,0 | 19,0 | 17,2 |
| Arcilla | 27,9 | 6,19 | 48,0 | 18,0 | 22,2 |
| CIC | 8,1 | 1,22 | 12,0 | 6,4 | 15,0 |
| Ca | 2,9 | 0,93 | 4,7 | 0,1 | 32,2 |
| Mg | 0,8 | 0,26 | 1,3 | 0,3 | 33,8 |
| K | 0,3 | 0,11 | 0,7 | 0,2 | 31,7 |
| Na | 0,1 | 0,02 | 0,2 | 0,1 | 19,1 |
| Suma_cationes | 4,4 | 1,00 | 6,5 | 1,4 | 22,6 |
| Suma_bases | 4,1 | 1,17 | 6,5 | 1,0 | 28,3 |
| Porc_sat_bases | 51,8 | 15,87 | 86,0 | 12,8 | 30,6 |
| Fe | 97,7 | 30,57 | 164,7 | 48,6 | 31,3 |
| Cu | 1,6 | 1,43 | 7,2 | 0,7 | 89,4 |
| Mn | 22,3 | 21,76 | 78,6 | 2,0 | 97,7 |
| Zn | 2,4 | 0,82 | 4,0 | 1,1 | 34,4 |
| B | 0,0 | 0,02 | 0,1 | 0,0 | 282,4 |
| Cd_ext | 0,0 | 0,02 | 0,1 | 0,0 | 75,6 |
| Cd_total | 0,9 | 0,73 | 4,9 | 0,6 | 85,1 |
| S_ppm | 0,0 | 0,04 | 0,2 | 0,0 | 565,7 |

Fuente: Autores

Por otro lado, se evidencian posibles deficiencias de Fe, Cu y B, en los suelos de Mariscal Cáceres y de Cu en los suelos de Tocache. En los demás casos, incluyendo hierro y manganeso, los contenidos son en todos los suelos medios o altos, e incluso en el caso de los suelos de Cusco, los altos niveles de manganeso podrían llegar a considerarse fitotóxicos. Es probable que, en estos suelos con altos contenidos de materia orgánica, se presenten altos niveles de humedad, lo que explicaría este alto nivel de Mn. Los niveles de boro son muy bajos también en el caso de los suelos de Tocache (tablas 2, 3 y 4).

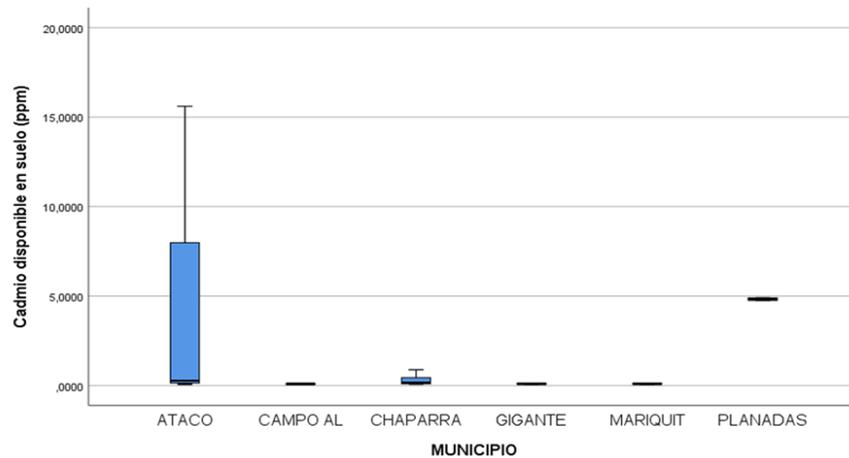
Determinación De Relaciones De Causalidad En La Absorción De Cadmio

Colombia

Para el caso de Colombia los contenidos de cadmio en los granos de cacao presentaron un rango muy amplio de valores, entre 0.028 y 10.17 mg kg⁻¹, siendo los municipios del sur del

departamento de Tolima los que presentaron los frutos con las mayores concentraciones (Gráfica 20).

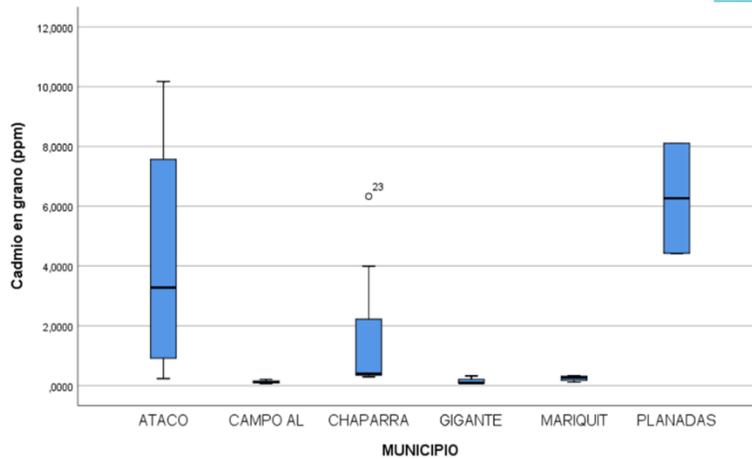
Los granos de los frutos recolectados en Chaparral, Ataco y Planadas presentaron contenidos promedio de 1.57, 4.24 y 6.26 mg kg⁻¹, respectivamente, niveles muy superiores a los permitidos por la reglamentación internacional. Los granos de cacao de los frutos de las plantas recolectadas en Mariquita, Gigante y Campo Alegre tuvieron contenidos de cadmio promedios de 0.24, 0.14 y 0.13 mg kg⁻¹ (Gráfica 21), respectivamente.



Gráfica 20. Contenido de cadmio disponible en el suelo para varios puntos de muestreo en diferentes municipios del departamento del Huila y Tolima en Colombia.

Fuente: Autores

La relación entre los contenidos de cadmio total en los tejidos vegetales y el cadmio disponible en el suelo se denomina factor de bioacumulación, el cual es un indicativo de la preferencia de una especie por un ion particular. En el presente estudio, el factor de transferencia varió entre 0.44 y 24.35, con una media de 3.93, la cual es muy superior para el factor de transferencia registrado para otros cultivos (grano de trigo = 0.055, tubérculo de papa = 0.19, zanahoria = 0.08, etc.) (Smolders, 2001), lo que podría indicar una mayor aptitud del cacao para absorber el cadmio, en relación con otros cultivos.



Gráfica 21. Contenido de cadmio en granos de cacao de diferentes municipios del departamento del Huila y Tolima en Colombia.

Fuente: Autores

Tabla 5. Cadmio en suelo y grano en 49 muestras de suelos cacaoteros de los departamentos del Tolima y Huila en Colombia

| Variable | Mínimo | Máximo | Media | Desviación estándar |
|---------------------|--------|---------|----------|---------------------|
| Cd disponible | 0,0600 | 15,6000 | 1,129231 | 3,2152685 |
| Cd en grano (mg/kg) | 0,0282 | 10,1713 | 1,066896 | 2,2292049 |
| Cd en testa (mg/kg) | 0,0316 | 13,2920 | 1,198731 | 3,2654536 |

Fuentes: Autores

De otra parte, los resultados de los análisis químicos de las muestras de suelo tomadas en los diferentes puntos de muestreo se presentan en la tabla 1 y tabla 5. Siendo evidente, que los contenidos de cadmio disponible en el suelo fueron altamente variables. Con el objetivo de categorizar los suelos en función de la concentración de este elemento, se establecieron 4 grupos, considerando para ello, rangos de concentración dados en reportes previos (Kabata & Pendias, 2000; Rodríguez Flores & Rodríguez Castellón, 1982). Las categorías establecidas fueron: suelos no contaminados (SNC): < 1 mg kg⁻¹; suelos levemente contaminados (SLC): 1 – 3 mg kg⁻¹; suelos contaminados (SC): > 3 – 10 mg kg⁻¹ y; suelos altamente contaminados (SAC): > 10 mg kg⁻¹. De los 49 suelos muestreados, el 59.2% se clasificaron como SNC (se incluyen aquí los suelos en los que no se detectó ningún nivel de cadmio), 26.5% como SLC y el 12.2% como SC, solo un suelo se clasificó como SAC (2.04%).

Con el fin de encontrar posibles asociaciones estadísticas entre los contenidos de cadmio en los granos de cacao y las variables químicas del suelo, se llevó a cabo un análisis de regresión jerárquica. Para esto, se consideraron 25 parejas de datos, toda vez que las muestras restantes mostraron niveles de cadmio disponible, inferiores a los que podían ser detectados por la técnica analítica empleada.

El análisis de regresión jerárquica demostró que la variable cadmio disponible en el suelo (relación positiva), explicó casi el 61% del contenido de cadmio en los granos ($R^2 = 0.607$; $F = 35.492$, $p < 0.01$). Cuando se incorporó la variable contenido de zinc en el suelo (relación negativa), el porcentaje de varianza explicado aumentó al 65% ($R^2 = 0.65$; $F = 20.44$, $p < 0.01$).

La ecuación de regresión obtenida, incorporando las dos variables dependientes fue:

$$Cd_{alm} = 1.429 + 0.636 Cddisp - 0.563 Zn + e.$$

Dada la relación positiva entre las concentraciones de cadmio en los granos de cacao y el nivel de biodisponibilidad del metal en el suelo, era importante encontrar si el nivel de cadmio disponible mostraba, a su vez, alguna relación de dependencia con otras variables del suelo, con el fin de sustentar teóricamente y diseñar potenciales estrategias de manejo agronómico que permitan reducir los niveles de cadmio en los frutos. Con este fin se utilizó nuevamente el análisis de regresión logística.

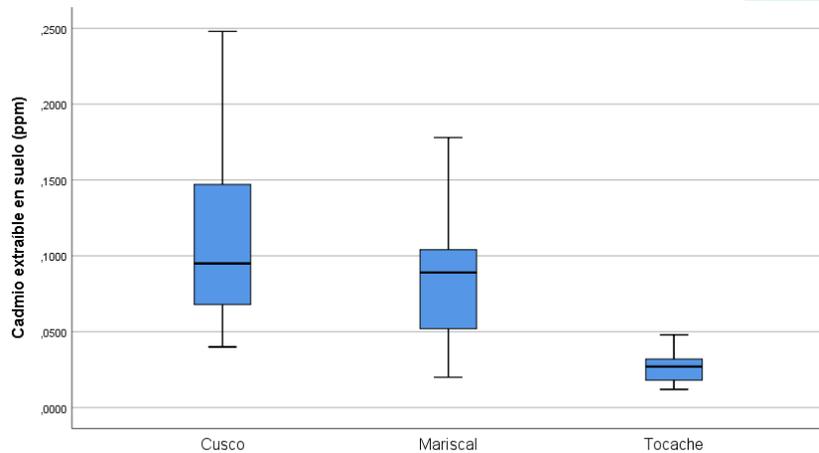
El análisis estadístico demostró que el nivel de cadmio disponible en el suelo pudo ser explicado en buena parte por la relación Ca/Mg (RCaMg), por el porcentaje de saturación de magnesio (%SMg) y por el contenido de materia orgánica. El modelo de regresión incluyendo solamente la primera variable dio cuenta del 58% de la varianza de los contenidos de cadmio biodisponible; cuando se incluyeron la segunda y tercera variables la ecuación logró explicar el 79% y el 87.7% de la varianza, respectivamente. La ecuación de regresión multivariada obtenida fue:

$$Cddisp = -46.010 + 6.633 RCaMg + 0.977 \%SMg + 0.975 MOS + e.$$

Perú

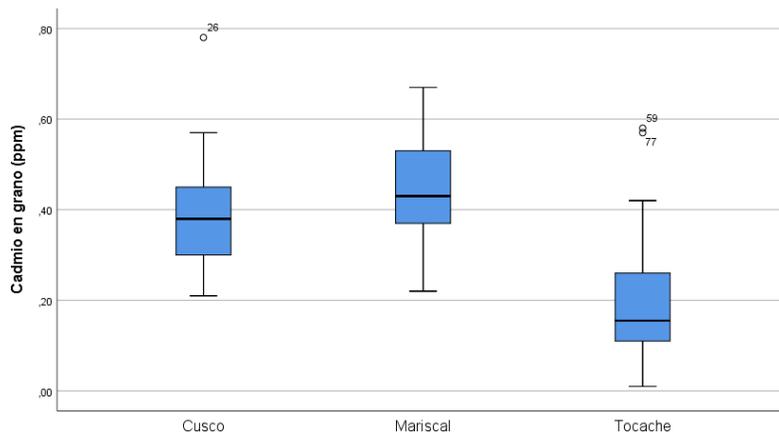
La gráfica 22 y 23 presentan los descriptivos correspondientes a los contenidos de cadmio extraíble en suelo y contenidos de cadmio en grano de cacao para todas las muestras analizadas. Como es evidente, en ningún caso, las muestras de granos de cacao presentaron valores iguales o superiores a los establecidos en la normativa internacional como limitantes para su mercadeo, lo cual se explica en que los niveles de cadmio extraíbles en el suelo tampoco fueron significativos, en ninguno de los suelos de las regiones muestreadas. En Cusco, los niveles máximos de cadmio disponible en el suelo alcanzaron 0.24 mg kg^{-1} , siendo este valor el más alto para las tres regiones evaluadas, sin embargo, los promedios más altos de contenido de cadmio en grano lo presentaron los suelos de Tocache y Mariscal Cáceres, con 0.58 y 0.44 mg kg^{-1} .

Se concluye así que, en el caso de los lotes muestreados en Perú, ninguno presentó problemas de cadmio que afecten la calidad de los frutos de cacao.



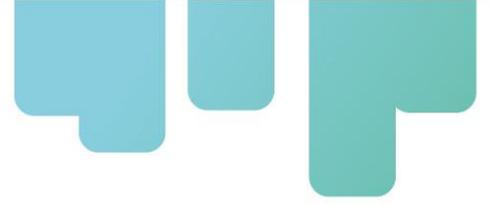
Gráfica 22. Contenido de cadmio disponible en el suelo para varios puntos de muestreo en diferentes localidades productoras de cacao en Perú.

Fuente: Autores



Gráfica 23. Contenido de cadmio en grano de cacao para diferentes localidades productoras de Perú.

Fuente: Autores



Discusión

La actividad y biodisponibilidad del cadmio para las plantas, incluido el cacao, depende de varios factores como el contenido de materia orgánica y el pH del suelo, ya que son las variables que más afectan la toma del cadmio por las plantas, siendo el pH la variable que causa los efectos más drásticos (Kirkham, 2006). Por lo anterior, se tuvo en cuenta la medición de estas dos variables en cada una de las tres zonas a evaluar por país. Donde se obtuvo que, en cuanto al contenido de materia orgánica, los departamentos de Huila y Tolima, Colombia, tienen contenidos entre 2.06% y 3.63%, los cuales se consideran contenidos medios para su condición climática, caso contrario de los municipios de Planadas y Mariquita los cuales tienen un contenido considerado alto (4.37% y 4.69%). A nivel de los departamentos de San Martín, Perú, se encontraron contenidos de materia orgánica por debajo del 2%. En los suelos de Cusco, Perú, los contenidos de materia orgánica son relativamente adecuados, con niveles medios de 5.33%.

Se esperaría desde una perspectiva agronómica, que los suelos con niveles altos de materia orgánica en Colombia fueran un suministro adecuado de nitrógeno, fósforo y azufre, siempre y cuando las poblaciones microbianas llevaran a cabo sin limitaciones los procesos de mineralización. Además de destacar su poder buffer, ya que un buen contenido de materia orgánica garantiza procesos de intercambio iónico que permiten mantener un suministro constante de nutrientes a la solución del suelo. Pese a esta consideración teórica, los análisis de este estudio muestran una condición contradictoria en cuanto a la capacidad de intercambio catiónica de los suelos, ya que los suelos con altos contenidos de materia orgánica, fueron los que presentaron menor CIC, entre los evaluados. La explicación de lo anterior posiblemente radica en la mineralogía de las arcillas prevalentes en estos suelos, no obstante, esta explicación requeriría de análisis adicionales a los hechos en este primer diagnóstico. Para el caso de los suelos con bajo contenido de materia orgánica del departamento de San Martín, Perú, es probable que los cultivos de cacao sembrados en esta zona se beneficien de la aplicación de fertilizantes nitrogenados, de la adición de materia orgánica, o del uso de coberturas vegetales como las leguminosas perennes, estas últimas mejoran la materia orgánica del suelo, lo protegen de la erosión y reducen la pérdida de nutrientes, mejorando la productividad del suelo, y aumentando la disponibilidad de nutrientes esenciales y reduciendo la biodisponibilidad de metales pesados (FAO & OMS, 2020). Todo esto debe ejecutarse en base al sistema de producción que se utilice por el agricultor.

A nivel del pH de los suelos de las regiones de Mariscal Cáceres y Cusco, Perú, se presentaron valores que caen dentro de la categoría neutro, por el contrario, los suelos de la región de Tocache, Perú, tienen pH extremadamente ácido, al igual que los niveles encontrados en los suelos de los municipios de Chaparral y Mariquita, Colombia. Lo cual podría incidir negativamente en el desarrollo del cultivo del cacao. Estos niveles de acidez de los suelos, pueden generar posibles deficiencias de varios macronutrientes y la mayoría de los micronutrientes. Es posible que esta condición de estrés pueda mitigarse con prácticas de encalamiento con materiales dolomíticos, que incrementen los niveles de pH. Aunque los valores de pH extremadamente

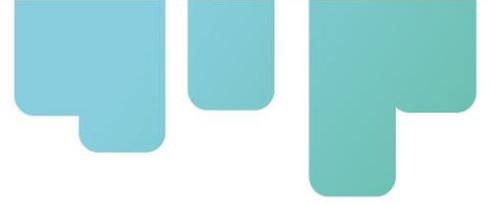


ácidos generalmente están asociados a concentraciones altas de aluminio intercambiable, no parece ser éste el caso, ya que los niveles registrados son bastante bajos, por cuanto se debe concluir que la probabilidad de ocurrencia de fitotoxicidad por aluminio es en la práctica, inexistente.

Por otra parte, a nivel de la relación Ca/Mg, la relación (Ca+Mg) /K y la relación Mg/K, cuyos valores ideales son entre 2 y 4; 10 y 3, respectivamente. Se tuvo que, para el caso de los suelos evaluados en Colombia, la relación Ca/Mg tuvo un promedio, entre 3.01 y 4.15 para los suelos del Tolima, y fue menor a 2.58 para los suelos del Huila, lo cual implica una adecuada relación entre estos dos cationes, sin riesgos de que el Mg se muestre deficiente. Igualmente, la relación (Ca+Mg) /K fue mayor a 27 en todos los suelos, lo cual indica una relación adecuada. Para el caso de la relación Mg/K, los valores obtenidos varían entre 5.8 y 21.7, los cuales están por debajo del nivel crítico (>40), que indica posibles deficiencias de K. Estas proporciones permitieron concluir que la disponibilidad concurrente de los elementos químicos bivalentes en el suelo, juega un papel relevante en las tasas de absorción de cadmio por el cultivo del cacao.

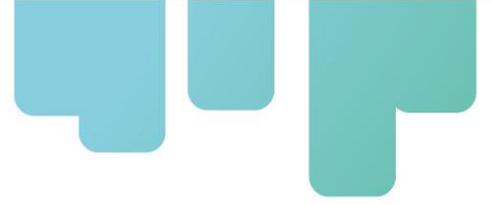
En lo que respecta a la disponibilidad de N, P y K, se puede concluir que, en los suelos de San Martín, Perú, a diferencia de los suelos de Colombia, se tienen niveles de fósforo disponibles bastante bajos (menos de 5 ppm), con lo cual, se puede suponer que la fertilización fosforada podría tener una respuesta positiva, en casi todas las zonas excepto San Martín en caso de llevarse a cabo. A nivel de disponibilidad de potasio, Perú y el departamento del Tolima en Colombia entran dentro de la categoría de contenidos medios, para el departamento del Huila, Colombia, se tiene niveles bajos, no obstante aplicaciones bajas de fertilizante potásico podrían mejorar el balance nutricional de los suelos, especialmente en los suelos de esta región. Según la FAO & la OMS (2020), una solución para mejorar los niveles de potasio puede ser con el uso de vinaza (subproducto de la industria de la caña), fertilizante líquido rico como fuente de potasio, que fomenta además la instalación de hongos que forman micorrizas en las raíces del cacao. Este además da protección contra enfermedades, inmoviliza el cadmio e incrementa la resistencia a la sequía.

A nivel de cadmio en grano, en Colombia se presentaron concentraciones entre 0.028 y 10.17 mg/kg⁻¹, siendo el municipio de Planadas el que cuenta con niveles muy superiores a los permitidos por la reglamentación internacional. A diferencia de los datos encontrados en Perú donde se tuvieron rangos entre 0.01 y 0.95 mg/kg⁻¹. Para el caso de Colombia se encontraron valores de cadmio en grano de cacao similares, a otras zonas. Soler (2017), reportó para granos de cacao de Yacopí y Nilo, en el departamento de Cundinamarca, contenidos promedio de 6.06 y 4.02 mg/kg⁻¹, que, según el autor, podrían estar asociados a los altos contenidos de cadmio total en los suelos. En frutos colectados en San Vicente de Chucurí, al nororiente de Colombia, Martínez y Palacio (2010) reportaron concentraciones de 4 a 7 mg kg⁻¹. Determinando la necesidad de generar nuevas estrategias para la disminución de las altas concentraciones de cadmio en grano del sur del Tolima, con el fin de abrir puertas a la internacionalización del grano especialmente a países europeos.



Conclusiones

- En general, los suelos de las zonas cacaoteras analizadas, tanto del departamento del Tolima como del Huila, así como de las regiones peruanas, son suelos con capacidades medias y buenas para la producción del cultivo del cacao, en particular, por sus condiciones de fertilidad química.
- Los productores de cacao del Huila, en comparación con los localizados al sur del departamento del Tolima, especialmente, demuestran un mejor nivel de competitividad, dada su capacidad de organización, mayor posibilidad de acceso a insumos agrícolas y mayor conocimiento de prácticas agronómicas adecuadas para sus cultivos. Esta situación se presenta en el Perú, donde las zonas productoras de Mariscal Cáceres y Tocache, evidencian un mayor nivel de competitividad que los productores de Cusco, debido a las mismas variables de estudio.
- En la generalidad de los casos, el procesamiento de los granos de cacao, tanto en la etapa de fermentación como de secado, no se hace en base a criterios técnicos sino sujeto a la disponibilidad de recursos económicos. Es importante generar proyectos de investigación que solucionen esta problemática, tanto en los aspectos técnicos de la infraestructura ideal para estos procesos, así como en lo que respecta al acompañamiento técnico.
- En Colombia, muchos de los productores utilizan insumos químicos, especialmente insecticidas, sin contar con asesoría técnica y/o conocimiento profesional, lo cual los expone a riesgos de salud pública que deben evitarse. Esta mala práctica podría además tener efectos ambientalmente nocivos. En el caso del Perú, solo se evidenció utilización de insumos químicos en la región del Cusco.
- La mayoría de los cultivos son cultivos viejos, que requieren ser renovados, pero debido a la alta diversidad genética de los materiales, pueden ser acervos genéticos muy importantes para generar programas de mejoramiento sistemático.
- Muchos de los productores utilizan insumos químicos, especialmente insecticidas, sin contar con asesoría técnica y/o conocimiento profesional, lo cual los expone a riesgos de salud pública que deben evitarse. Esta mala práctica podría además tener efectos ambientalmente nocivos.



Referencias Bibliográficas

Alloway, B. (2013). "Heavy metals in soils". Third ed. Springer. 613 p.

Bolan, N.; Makino, T.; Kunhikrishnan, A.; Kim, P.; Ishikawa, S.; Murakami, M. Naidu, R. & Kirkham, M. (2013). "Cadmium contamination and its risk management in rice ecosystems". *Advances in Agronomy*, 119: 183-273.

Degryse, F.; Smolders, E. & Parker, D. (2009). "Partitioning of metals (Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Zn) in soils: concepts, methodologies, prediction and applications – a review". *European Journal of Soil Science*, 60: 590–612.

FAO & OMS (2020). "Anteproyecto de código de prácticas para la prevención y reducción de la contaminación por cadmio en los granos de cacao". Decima cuarta reunión. Comité del codex sobre contaminantes de los alimentos

He, S.; He, Z.; Yang, X.; Stoffella, P. & Baligar, C. (2015). "Soil biogeochemistry, plant physiology, and phytoremediation of cadmium contaminated soils". *Advances in Agronomy*, 134: 135-225.

ICA (1992). "Fertilización en diversos cultivos". Manual de asistencia técnica No. 25. Bogota. Colombia

International Cocoa Organization - ICCO (2019). Statistics-Cocoa Prices- ICCO Monthly Averages of Daily Prices Recuperado de: <https://www.icco.org/statistics/cocoa-prices/monthly-averages.html>

Kabata Pendias, A. (2000). "Trace elements in soils and plants". Third Edition. CRC Press, -Boca Raton, USA.

Kirkham, M. B. (2006). "Cadmium in plants on polluted soils: Effects of soil factors, hyperaccumulation, and amendments". *Geoderma* 137: 19-32.

Martínez, G., & Palacio, C. (2010). "Determinación de metales pesados cadmio y plomo en suelos y en granos de cacao frescos y fermentados mediante espectroscopía de absorción atómica de llama". Bucaramanga, Colombia.

Rodriguez, Flores, M. & Rodriguez, Castellon (1982). "Lead and cadmium levels in soil and plants near highways and their correlation with traffic density Environ". *Pollut. (Series B)* 4: 281-290



Soler, J. (2017). “Diagnóstico de los niveles de cadmio en el suelo y su distribución en hojas y frutos de cacao cultivado en Nilo y Yacopí, Cundinamarca”. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrarias. Bogotá D.C.

Smolders, E. 2001. “Cadmium Uptake by Plants”. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, Vol. 14, No. 2, 177—183, 2001

Wuana, R. & Okieimen, F. (2011). “Heavy metals in contaminated soils: a review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation”. *ISRN Ecology*, 2011: 1-20.

Instituciones Participantes



Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



www.fontagro.org

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org