

**Disposición de residuos orgánicos en el área del plato en palmas híbrido OxG y su relación
con el desarrollo radicular, en suelos arenosos**

Eidy Rocío Clavijo Martínez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Agronomía

2023

**Disposición de residuos orgánicos en el área del plato en palmas híbrido OxG y su relación
con el desarrollo radicular, en suelos arenosos**

Eidy Rocío Clavijo Martínez

Director

I. A, MSc. Oscar Mauricio Moya Murillo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Agronomía

2023

Nota De Aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del Jurado

Acacías, septiembre de 2023

Agradecimientos

Agradezco a Dios en su infinita misericordia por todo lo que me ha permitido avanzar en este camino, todos los procesos vividos que han generado que ame la agricultura y que vea en ella una posibilidad enorme de desarrollo. A mi motor de vida, mi hijo Alejandro, que me dio la fortaleza forjada en el amor para superarme y poder transformar la vida de los dos. A mi querida madre Mercedes Martínez, que siempre ha sido un apoyo incondicional, A mis hermanas, sobrinos y cuñados. Mi querida amiga Elena, que me apoyo en todo el proceso y que celebra en el cielo. A mi pareja que estuvo conmigo en las noches largas de estudio y me animaba a continuar. A los tutores maravillosos que tiene la universidad que con su amabilidad y sabiduría me supieron guiar y con los cuales siempre me sentí cómoda. A mi querida universidad que gracias a su modalidad pude iniciar y culminar esta etapa de mi vida. A las empresas en las cuales estuve vinculada y con las que inicié este proceso. Y a mi querida Buenos Aires que me brindó la oportunidad de trabajo dándome las posibilidades de continuar en este camino. A mis queridas jefes la doctora Pilar Santamaria y la doctora Elizabeth Bonilla que me motivaron a continuar siendo soporte y apoyo en todo momento; y a mi equipo de trabajo que me ha permitido crecer con ellos. a mi tutor de tesis el Ing. Oscar Moya y a mi querida amiga Andrea que estuvo presente en toda mi carrera.

Resumen

Las raíces juegan un papel importante en la producción del cultivo de palmas de aceite siendo estas las encargadas de recepcionar y entregar los suministros utilizados en la fotosíntesis y la producción; por esta razón es importante que se mejoren las condiciones en el suelo para aumentar la eficiencia de los fertilizantes y la retención de humedad en el suelo. Este proyecto evaluó la concentración de raíces y el peso promedio de los racimos (PPR) en palmas con la disposición o no de las hojas de poda como residuos orgánicos en el área del plato, en palmas de 12 años, material híbrido en suelos arenosos sin riego. Se manejó un diseño completamente al azar con 30 repeticiones por tratamiento para la evaluación de la concentración de raíces y 68 repeticiones para el PPR. Para la concentración de raíces, se tomó un bloque de suelo aproximado de 50x30x20cm (largo x ancho x profundo) a 20 cm desde la base de las palmas, estos se pesaron para establecer el peso del bloque, luego se pasaron por una zaranda para retirar las raíces y determinar el peso de las mismas y establecer la concentración de raíces (g/kg). Para el PPR se pesaron 68 racimos de las palmas bajo cada tratamiento. En este trabajo se evidenció un aumento significativo en la concentración de raíces en el área del plato con la disposición de las hojas de poda (113,3 g/kg) respecto de las palmas con los platos sin las hojas de poda (44,2 g/kg) (ANOVA $P > 0,05$). El peso promedio de los racimos en las palmas con hojas en el plato (20.6 kg) fue significativamente mayor (ANOVA $P > 0,05$) que el peso de los racimos en las palmas sin las hojas de poda en el plato (16,9). Este trabajo documentó los beneficios de la disposición de las hojas de poda en el plato de las palmas en suelos arenosos, sobre la concentración de raíces y el peso de los racimos.

Palabras claves: hojas, raíces, platos, humedad, absorción.

Abstract

The roots play a fundamental role in the production of oil palms, being these the ones in charge of receiving and delivering the supplies that will be used in photosynthesis and later transformed into production; For this reason it is important that they are developed with the ideal conditions to increase the efficiency of fertilizers and moisture retention in the soil. This project evaluated the concentration of roots and the average weight of the bunches (PPR) in palms with the disposition or not of the pruning leaves as organic residues in the plate area, in 12-year-old palms, Hybrid material in sandy soils without irrigation. A completely randomized design was used with 30 repetitions per treatment for the evaluation of root concentration and 68 repetitions for the PPR. For the concentration of roots, an approximate block of soil of 50x30x20cm (length x width x depth) was taken at 20 cm from the base of the palms, these were weighed to establish the weight of the block, then they were passed through a sieve to remove and determine the weight of the roots and establish the concentration of roots (g/kg). For the PPR, 68 palm clusters were weighed under each treatment. In this work, a significant increase in the concentration of roots was evidenced in the area of the plate with the arrangement of the pruning leaves (113.3 g/kg) compared to the palms with the plates without the pruning leaves (44.2 g/kg) (ANOVA $P > 0.05$). The average weight of the bunches in the palms with leaves on the plate (20.6 kg) was significantly higher (ANOVA $P > 0.05$) than the weight of the bunches on the palms without the pruned leaves on the plate (16.9). This work documents the benefits of the arrangement of pruning leaves in the plate of palms in sandy soils, on the concentration of roots and the weight of the bunches.

Keywords: Leaf, roots, plate, moisture, absorption.

Contenido

Introducción	12
Justificación	14
Objetivos.....	15
Objetivo general	15
Objetivos específicos.....	15
Marco Conceptual y Teórico	16
Descripción del Problema.....	21
Metodología	22
Ubicación	22
Material de siembra.....	23
Descripción de los tratamientos	23
Variables evaluadas.....	23
Diseño Experimental.....	24
Resultados y discusión.....	25

Conclusiones	29
Recomendaciones	30
Referencias Bibliográficas	31
Apéndices.....	34

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Factores que afectan el crecimiento de racimos en palma de aceite.</i>	20
Tabla 2 <i>Comparación de datos de análisis de suelo del lote 4/11 entre el año 2021 y el año 2023.</i>	28

Lista de figuras

Figura 1 <i>Mapa del predio Buenos Aires, donde se resalta el lote 1/11 y 4/11 lugares de toma de muestras.....</i>	<i>22</i>
Figura 2 <i>Concentración de raíces en el suelo, asociado a la disposición de las hojas de poda en el área del plato en las palmas híbrido OxG establecidas en suelos arenosos.....</i>	<i>25</i>
Figura 3 <i>Peso promedio de racimo, asociado a la disposición de las hojas de poda en el área del plato en las palmas híbrido OxG establecidas en suelos arenosos.....</i>	<i>26</i>

Lista de apéndices

Apéndice A <i>Disposición de hoja en el plato de la palma</i>	34
Apéndice B <i>Formación de racimos</i>	35
Apéndice C <i>Formación de raíces</i>	36
Apéndice D <i>Calicata T1 - palma 8</i>	37
Apéndice E <i>Calicata T1 - palma 10</i>	38
Apéndice F <i>Calicata T1 - palma 15</i>	39
Apéndice G <i>Calicata T1 - palma 21</i>	40
Apéndice H <i>Calicata T1 - palma 24</i>	41
Apéndice I <i>Calicata T1 - palma 25</i>	42
Apéndice J <i>Calicata T2 - palma 5</i>	43
Apéndice K <i>Calicata T2 - palma 7</i>	44
Apéndice L <i>Calicata T2 - palma 10</i>	45
Apéndice M <i>Calicata T2 - palma 20</i>	46
Apéndice N <i>Calicata T2 - palma 24</i>	47
Apéndice O <i>Calicata T2 - palma 28</i>	48
Apéndice P <i>Limpieza de raíces</i>	49
Apéndice Q <i>Resultados análisis de suelo del lote 4/11 en el año 2021</i>	50
Apéndice R <i>Resultados análisis de suelo del lote 4/11 en el año 2023</i>	51

Introducción

Colombia es el cuarto productor de aceite de palma en el mundo y el primero de sur América. El cultivo de palma representa un aporte importante en la economía del país considerando que en 2021 la palmicultura estuvo dentro de los cinco renglones más importantes de exportaciones agropecuarias con USD 664 millones, que correspondían a 30 % de la producción nacional (Silva, 2022).

La palma de aceite en Colombia genera más de 140.000 empleos directos lo que a su vez mejora las condiciones sociales y económicas en las zonas de influencia, esto viene asociado también a las alianzas estratégicas productivas y núcleos palmeros que propende por la preservación de los recursos naturales, la biodiversidad y restauración de áreas de alto valor estratégico de conservación (Fedepalma, 2016).

Este agronegocio tiene un reto importante el cual es subir la producción de aceite por hectárea de palma sembrada, lo que implica mejorar la producción en los cultivos, para hacerlos más competitivos y lograr, de esta manera, hacer frente a los costos de producción que tienen los principales países productores como Malasia e Indonesia (Silva, 2022); teniendo en cuenta que la fertilización es uno de los costos más altos del proceso productivo llegando a alcanzar hasta el 31% de los costos variables y el 16% de los costos totales (Alfonso & Castiblanco, 2013), es preciso crear alternativas de manejo que permitan un mejor aprovechamiento de los recursos actuales.

La materia orgánica ayuda a conservar la humedad del suelo y estimula el crecimiento de raíces absorbentes, permitiendo mejorar la eficiencia de la fertilización, disminuyendo las pérdidas por lixiviación, evaporización y escorrentía (Giraldo et al, 2016), convirtiéndose en una

alternativa de manejo complementario, para reducir los costos en el manejo de suelos sin riego, la biomasa permite soportar déficit hídrico hasta de 300 mm de agua, equivalente a las necesidades hídricas de 2 meses en zonas donde la evapotranspiración no es tan alta, también permite una eficiente estimulación del desarrollo de raíces terciarias y cuaternarias lo que garantiza que estén en su punto óptimo para la aplicación y absorción de los fertilizantes, (Guerrero et al, 2016)

En este proyecto aplicado se evaluó la concentración de raíces y el peso promedio de los racimos, en palmas híbrido (Corari x La Mé) en suelos arenosos, con la disposición de las hojas cortadas en actividades culturales y agronómicas como la poda y la cosecha y en palmas con manejo convencional sin la disposición de hojas en los platos.

Justificación

La fertilización de la palma de aceite representaba un gran rubro para los palmicultores dentro de los costos de producción; sin embargo, con el aumento de más del 40% en los costos de los fertilizantes para finales de 2021, este rubro se acerca al 35% según datos de la plantación Agropecuaria la Holanda SAS. Esto aunado a condiciones de suelos con altos contenidos de arena, baja retención de nutrientes y de agua, hacen perentorio la formulación de estrategias de carácter agronómico, que beneficien la toma de nutrientes, por parte de las palmas. La estimulación de las plantas para una mayor producción de raíces que aumenten el área rizosférica, la intersección de nutrientes y la retención de agua, son estrategias agronómicas que pueden mejorar el uso de los fertilizantes en el cultivo de palma de aceite y como efecto secundario obtener una mayor cantidad de racimos bien formados aumentando la producción, por lo que se hace necesario la evaluación del desarrollo radicular de las palmas con la disposición de residuos orgánicos, como las hojas de las podas y cosecha, en el plato de las palmas.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar la concentración de raíces y el peso promedio de los racimos en palmas de aceite establecidas en suelos arenosos, con la disposición de las hojas de poda como residuos orgánicos en el área del plato, en la plantación la Holanda SAS.

Objetivos específicos

Cuantificar la concentración de raíces en las palmas con la disposición de las hojas de poda como residuos orgánicos en el área del plato.

Determinar el peso promedio de los racimos en las palmas con la disposición de hojas de poda y cosecha como residuos orgánicos en el área del plato.

Caracterizar el perfil de suelo de los lotes donde se evaluó la concentración de raíces en el plato de las palmas.

Marco Conceptual y Teórico

El híbrido interespecífico OxG (Corari x La Mé) es un cruce entre las especies *E. oleifera* y *E. guinensis*, con propiedades de resistencia a plagas defoliadoras y barrenadoras, y a enfermedades como la pudrición del cogollo PC y la marchitez letal ML. Dentro de sus características están los altos niveles de oleína y buenos resultados en producción de racimos con características de calidad, lo que convierte a este híbrido en una oferta competitiva para los palmicultores, aunque requiera de polinización asistida (Tuirán, 2020).

En los diferentes escenarios agrícolas se busca la optimización del recurso tomando cada vez más fuerza las producciones sostenibles; alcanzar esta sostenibilidad es un reto por los diferentes factores que intervienen, siendo uno de los más limitantes la productividad, porque de esta depende el avance y ejecución de otras actividades, junto con las características fisicoquímicas poco deseables en el suelo, el cual es el soporte fundamental para el desarrollo de las plantas.

Entre las estrategias de Fedepalma para aumentar la productividad, se propone el incremento de materia orgánica en el suelo con el uso de biomasa del cultivo para mantener las altas producciones. En un estudio realizado por Castillo (2021) se logró demostrar que la aplicación de biomasa producida por hojas de poda y aplicaciones de tuza más hojas poda, aumentó la productividad al mejorar el sistema radicular del cultivo, lo que hizo optima la nutrición al maximizar el aprovechamiento de los fertilizantes; en los tres años de estudio, la aplicación de hoja subió la materia orgánica a 21,47% mientras que hojas más tuza a 61,65%.

Como este autor hay diferentes autores que refieren la importancia del correcto desarrollo radicular y los efectos que tiene sobre la producción, tal como los investigadores Clark et al

(2003) que destacan como una de las diferentes bondades que tiene la aplicación de materia orgánica el crecimiento potencial del sistema radicular de las plantas; también mencionan que un factor importante en el ritmo de desarrollo de las plantas es la habilidad de las raíces para crecer y explorar el suelo en la obtención de agua y los nutrientes necesarios en su ciclo de vida.

Puesto que el sistema radicular de la palma es fasciculado compuesto por raíces primarias, secundarias, terciarias y cuaternarias, estudios con radioisótopos e indicadores de oxidorreducción demostraron que solo las raíces terciarias y cuaternarias son absorbentes, aunque también se establece que las primarias, antes de lignificarse, pueden ser absorbentes (Torres et al, 2013). Dicha lignificación es un factor importante a tener en cuenta ya que la longevidad de las raíces terciarias y cuaternarias es <1 mes y estas son las que están abasteciendo la planta, por esta razón cobra más fuerza crear las condiciones para que se mantenga el ciclo continuo de estas emisiones (Vázquez et al, 2020)

Como lo señala Hartley (1988) en su libro sobre la palma de aceite, especifica que todas las raíces de la palma muestran un tropismo positivo hacia las mejores condiciones de abastecimiento de agua y de nutrientes, y hacia donde haya material vegetal en descomposición.

El humus contenido en la materia orgánica degradada es muy importante porque tiene efecto sobre las propiedades físicas del suelo, formando agregados y dando estabilidad estructural uniendo a las arcillas y formando el complejo de cambio, favoreciendo la penetración del agua y su retención, disminuyendo la erosión y favoreciendo el intercambio gaseoso (Julca et al, 2006).

También cuando se cubre la capa del suelo con material orgánico se puede prevenir plantas arvenses, conservar la humedad del suelo y estabilizar su temperatura (Henríquez, 2014), sumado a esto se beneficia la rizosfera del suelo y se minimizan las pérdidas por lixiviación.

La eficiencia de uso de los nutrientes aportados y/o disponibles del suelo, el rendimiento económico y la protección ambiental se encuentran dentro de los parámetros base en la planeación y ejecución de las producciones agrícolas, en especial con extensiones y producciones masivas como la palma de aceite, donde la aplicación de fertilizantes con la dosis, época y localización correctas, puede derivar en un incremento en la producción de racimos y el peso de los mismos.

Castillo (2021) expone en su investigación que “algunas condiciones de los suelos como el contenido de materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico se pueden mejorar con el uso de la biomasa que el mismo cultivo genera: hojas, fibra, raquis, lodos, etc.”, resaltando el valor de mantener el suelo con una buena capa de materia orgánica y que mejor forma de hacerlo que con los residuos del mismo cultivo.

Los microorganismos del suelo crean vínculos positivos con las plantas, estas relaciones en la mayoría de los casos representan una ventaja para los cultivos porque se pueden crear las condiciones para favorecer su desarrollo y potencializar sus beneficios, como lo explica A. Wild citado por Junca et al, (2006) “un suelo naturalmente fértil es aquel en el que los organismos edáficos van liberando nutrientes inorgánicos a partir de las reservas orgánicas con la velocidad suficiente para mantener un crecimiento rápido de las plantas”. Entre las funciones determinantes para la nutrición están, fijación de N, mineralización, solubilización, oxidación y reducción. Una de las condiciones que mejoran la absorción y retención del suelo es su contenido biológico hablando específicamente de los macro y microorganismos benéficos en la

descomposición de los residuos, dando una mayor disponibilidad de biomasa convertible en materia orgánica rica en nutrientes.

Comúnmente los suelos catalogados como oxisoles y ultisoles, encontrados en los llanos orientales, presentan características particulares en su composición química y física, tales como la baja capacidad de intercambio catiónico (CIC), carga dependiente de pH y las partículas de arena se sedimentan más rápidamente que las de limo, siendo las más lentas en sedimentarse las partículas de arcilla; además, la fracción de arena contiene niveles bajos de materia orgánica y existe una mayor infiltración de agua por lo que se generan pérdidas por lixiviación de nutrientes y erosión del suelo (Rincón et al, 2012)

Otro rasgo de este tipo de suelos son sus perfiles con una transición difusa entre los horizontes aunque bien desarrollados y profundos; se logra observar coloraciones desde amarillo pasando por el pardo hasta un rojo oscuro particular de concentraciones altas de óxidos.

En el documento de Montagnini & Jordan (2002), se hace una comparación entre la reserva de nutrientes que presentan las zonas tropicales frente a las zonas templadas, explicando como la combinación de temperaturas y precipitaciones altas se convierten en una dificultad en los reservorios de nutrientes del suelo, debido a todos los procesos y cambios que se llevan a cabo bajo estas condiciones en las zonas tropicales. Sin embargo, estas características climáticas permiten acelerar los procesos de descomposición y transformación del material orgánico como las hojas, lo que se convierte en una oportunidad de generar fracciones de materia orgánica en el perfil superior del suelo.

Todos los parámetros mencionados anteriormente pueden afectar la formación de racimos junto con algunos otros factores como:

Tabla 1

Factores que afectan el crecimiento de racimos en palma de aceite.

Factor interviniente	Descripción
Déficit hídrico	En la palma de aceite el déficit hídrico tiene efecto en la diferenciación sexual de las inflorescencias.
Radiación	Con buenos niveles de radiación se puede llegar a que la producción sea estacional a través de los años.
Humedad relativa	En porcentajes menores de 85% de humedad va disminuyendo la tasa fotosintética.
Manejo agronómico	Es importante la aplicación de las Buenas Prácticas Agrícolas y labores agronómicas oportunas.
Material genético	Seleccionar un buen material que cumpla con los requerimientos de la zona y con alto potencial productivo.
Preparación del suelo	Busca mejorar las condiciones iniciales del suelo para un óptimo desarrollo radicular.
Drenajes	Se pueden evitar afectaciones por exceso de humedad.
Manejo de malezas	Se debe realizar un manejo adecuado para evitar dejar descubierto el suelo pero que no exista competencia con la palma.
Manejo de la cosecha	Se debe tener una adecuada técnica de corte y respetar los ciclos de cosecha.
Poda y área foliar	No exceder el umbral mínimo de número de hojas.
Masa foliar	De esta depende la capacidad de reserva de nutrientes de la palma.
Polinización	Está directamente relacionada al peso de los racimos, ya que estos son el resultado de la fecundación producida con la polinización
Manejo de plagas y enfermedades	Si no se hace un buen control pueden existir afectaciones en hojas, raíces, haces vasculares y directamente en racimos.

Fuente. Corzo (2018).

Descripción del Problema

La palma de aceite es un cultivo ampliamente establecido en Colombia, principalmente en las zonas planas que están por debajo de los 500 msnm, donde por lo general se presentan suelos con limitaciones menores al desarrollo del cultivo; sin embargo, dentro de estas limitaciones, los suelos arenosos presentan retos adicionales por su baja capacidad de intercambio catiónico (CIC), poca retención de agua y baja fertilidad (Bueno & Fernández, 2019). Dentro de la zona palmera oriental, en el municipio de Cumaral en la vereda de san Nicolás, se encuentra establecida la plantación Agropecuaria la Holanda, con una extensión de 101 hectáreas en materiales híbridos OxG, dentro de la plantación, los lotes 1/11 y 4/11 con 63 hectáreas sembradas, son suelos con contenidos de arena superiores al 64,52% (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), los cuales presentan producciones menores respecto a otros tipos de textura con más contenidos de arcilla, esto representa un reto en cuanto al manejo de la fertilización, ya que su baja CIC, y poca retención de agua, hace que los abonos aplicados se laven y se pierdan fácilmente. Dentro de los manejos recomendados para la intervención de suelos arenosos, es la incorporación de residuos orgánicos, con el objetivo de incrementar la formación de humus, la actividad microbiana, la retención de agua y nutrientes, el desarrollo de raíces, la asimilación de los fertilizantes entre otros beneficios.

En este trabajo se evaluó la concentración de raíces y el peso promedio de los racimos en palmas establecidas en suelos con contenidos altos de arena, los cuales se han intervenido con la disposición de las hojas de poda y cosecha en el área del plato de las palmas.

Metodología

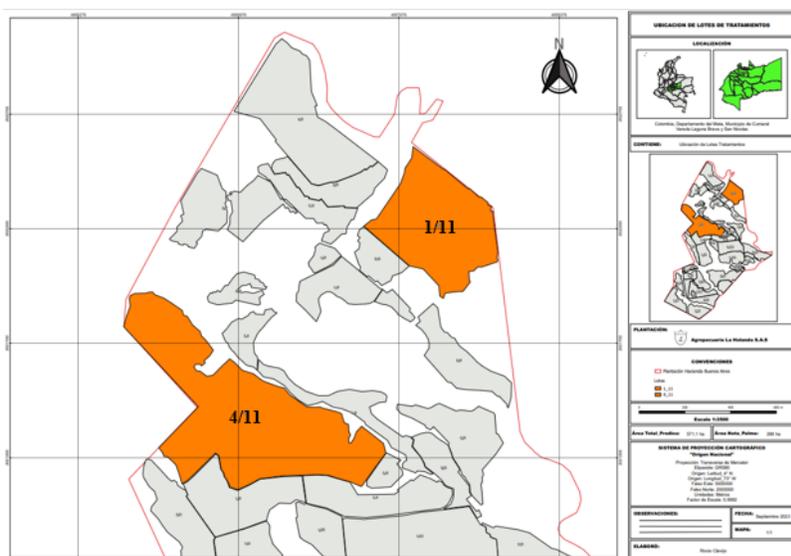
El resultado de este proyecto aplicado es producto del desarrollo de valoraciones de tipo cuantitativo, para establecer el desarrollo de raíces y el peso de los racimos, en palma de aceite material híbrido (Corari x La Mé), establecido en suelos arenosos, con la disposición de las hojas de poda en el área del plato de las plantas.

Ubicación

Este proyecto aplicado se desarrolló en la vereda San Nicolas, en el predio Buenos Aires en la plantación Agropecuaria La Holanda SAS municipio de Cumaral, bajo las coordenadas $40^{\circ}11'27''$ N - $73^{\circ}23'00''$ W a una altura de 325 m.s.n.m. con precipitaciones promedio anuales de 2981 mm, temperatura entre 20°C - 32°C con una media anual de 26°C y humedad promedio anual de 73%.

Figura 1

Mapa del predio Buenos Aires, donde se resalta el lote 1/11 y 4/11 lugares de toma de muestras.



Fuente. Autor

Material de siembra

El material sobre el que se desarrolló el proyecto aplicado, fue material la cabaña, palmas híbrido OxG (*E. oleífera* x *E. guineensis*) (Corari x La Mé), siembra 2011, establecidas a 9,5 metros entre palmas para un total de 128 palmas por hectárea.

Descripción de los tratamientos

Para el desarrollo de este proyecto aplicado, se evaluaron dos tratamientos, en el primero se manejaron palmas con la disposición de las hojas de poda y de labores culturales alrededor de las plantas sobre el área del plato, labor que se viene desarrollado de manera constante desde el febrero de 2018, y en el segundo se manejaron palmas con los platos descubiertos, de la manera convencional como se maneja en las plantaciones de la zona.

Variables evaluadas

Las variables analizadas en este proyecto aplicado fueron, la concentración de raíces, medida en gr de raíces sobre Kg de suelo, tomando registro del peso de un bloque de suelo de 50x30x20cm (largo x ancho x profundo) a 20 cm desde el estipe de la palma, posteriormente con la ayuda de una zaranda se separaron las raíces del bloque de suelo y se pesaron en laboratorio, a continuación, dividimos el peso en gr de las raíces en el peso en Kg del bloque de suelo (Relación peso a peso), estableciendo la concentración de raíces; también evaluamos el peso promedio de los racimos, cosechando los racimos de las palmas en observación para cada tratamiento y haciendo el registrando in situ, con ayuda de una báscula portátil, del peso de cada uno de estos.

Para la caracterización del perfil del suelo, como variable cualitativa, se hizo un registro fotográfico donde se describió las tonalidades dentro del perfil de las calicatas realizada en campo en cada una de las palmas muestreadas.

Diseño Experimental

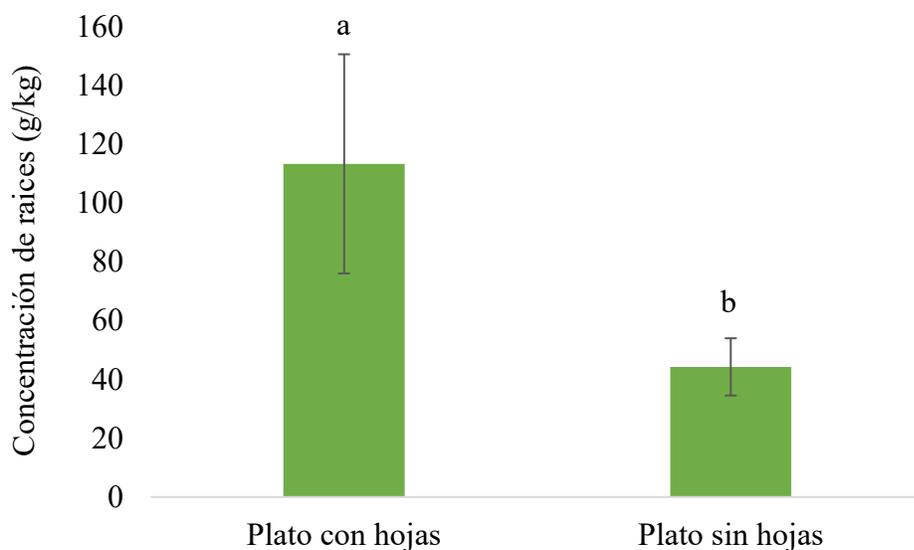
Teniendo en cuenta la homogeneidad de la condición de suelos de la plantación, se manejó un diseño completamente al azar, con dos tratamientos, palmas con las condiciones de disposición de las hojas en los platos (Tratamiento 1) y palmas con los platos limpios (Tratamiento 2), para la variable de concentración de raíces, se manejaron 30 repeticiones por tratamiento, para un total de 60 unidades experimentales. Respecto a la variable peso de racimo, se evaluaron 68 repeticiones por tratamiento, para un total de 136 unidades experimentales. Para establecer diferencias entre los tratamientos, se realizó un análisis de varianza ANOVA, se validaron los supuestos de normalidad y homogeneidad, (Shapiro-Wilks y Levene respectivamente), ajustando la variable concentración de raíces, con la transformación (Log+1).

Resultados y discusión

La concentración de raíces en suelo presentó diferencias significativas, entre las palmas con la disposición de las hojas de poda en el área del plato y las palmas con el plato limpio, (ANOVA $P > 0,05$) con valores de 113,3 g por kilogramos de suelo y 44,2 g por kilogramos de suelo respectivamente (Figura 2). Los suelos arenosos presentan una baja capacidad de intercambio catiónico, por lo que no son capaces de retener los nutrientes disponibles para el desarrollo de las palmas y deben gastar una gran cantidad de energía en la exploración de grandes volúmenes de suelo en busca de nutrientes para suplir sus necesidades (Rincón, et al. 2012).

Figura 2

Concentración de raíces en el suelo, asociado a la disposición de las hojas de poda en el área del plato en las palmas híbrido OxG establecidas en suelos arenosos.



Fuente. Autor

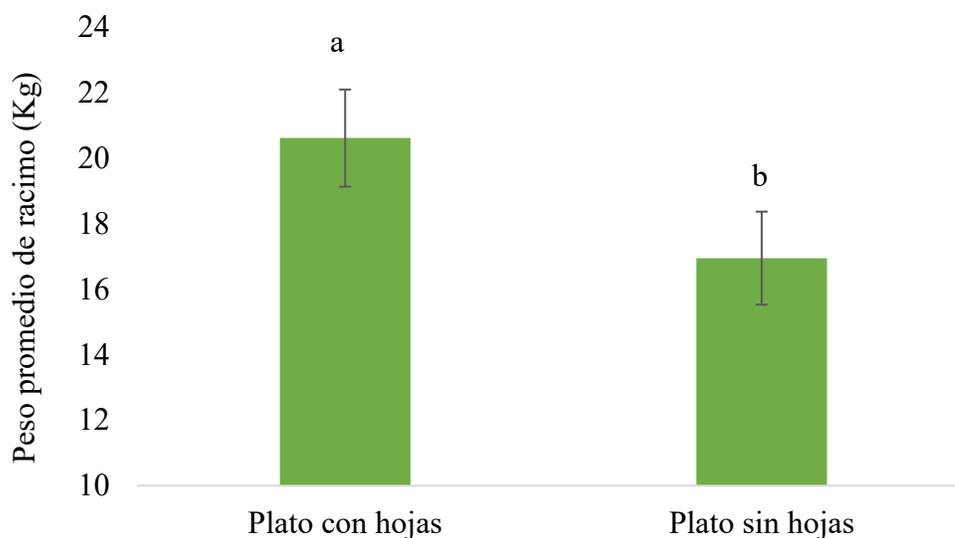
La disposición de las hojas de poda en los platos de las palmas genera una mayor concentración de raíces en esta área, gracias a la incorporación de materia orgánica que mejora la

capacidad de intercambio catiónico en el suelo, hace más eficiente el reciclamiento de nutrientes, en esta zona, por lo tanto, las plantas no tienen que gastar energía en el desarrollo de raíces exploratorias para examinar grandes volúmenes de suelo en busca de alimento (Castillo, 2021)

Esta mayor concentración de raíces permite un mayor amarre del suelo, evitando la erosión hídrica y eólica, una mayor concentración de raíces, también está relacionada con una mayor eficiencia de la fertilización, ya que se concentran los puntos de absorción lo que permite la ubicación del fertilizante donde hay una mayor posibilidad de ser asimilados por las plantas (Guerrero et al, 2016).

Figura 3

Peso promedio de racimo, asociado a la disposición de las hojas de poda en el área del plato en las palmas híbrido OxG establecidas en suelos arenosos.



Fuente. Autor

Una mayor concentración de raíces y su relación con una mayor cantidad de materia orgánica en el suelo, también está relacionada con una mayor biodiversidad de microorganismo en el suelo, los cuales aportan a la solubilización de muchos de los nutrientes como el fósforo, que está

relacionado con la energía de los procesos fisiológicos de la palma y nutrientes como el nitrógeno y el potasio que aportan a la eficiencia fotosintética y el desarrollo vegetativo y productivo, como el pesos de los racimos (Junca et al, 2006).

El peso promedio de los racimos, presentó diferencias significativas, entre las palmas con la disposición de las hojas de poda en el área del plato y las palmas con el plato limpio, (ANOVA $P > 0,05$) con valores de 20,6 kg y 16,9 kg respectivamente (Figura 3). El peso promedio de los racimos es la manifestación de la disponibilidad de nutrientes y agua en el suelo, factores que son una problemática en los suelos arenosos (Rincón, et al. 2012), por esto la importancia de tratar los suelos arenosos con la adición de biomasa, como las hojas de la poda directamente en el plato, con resultados significativos en el peso de los racimos.

La acción de los microorganismos en el suelo es muy importante ya que estos son los encargados de poner los nutrientes en formas disponibles para la asimilación por las palmas, nutrientes presentes tanto en la materia orgánica producto de la descomposición de las hojas de poda, como de la que se aporta con la fertilización química y la propia fertilidad del suelo (Junca, et al. 2006).

Como datos complementarios se muestran los principales resultados obtenidos del análisis de suelo de uno de los lotes muestreados durante este el desarrollo de este proyecto aplicado, tomando como referencia el año 2021 donde era más reciente la colocación de material vegetal en el plato de la palma y comparándolo con datos del presente año.

Tabla 2

Comparación de datos de análisis de suelo del lote 4/11 entre el año 2021 y el año 2023.

Año		2021	2023
Código		S21-00941	S21-00941
Identificación		4/11	4/11
Análisis	Unidades	Resultado	Resultado
Textura		F-An	F-An
pH		4,42	4,81
Carbono Orgánico	%	0,98	2,07
Materia Orgánica	%	1,68	3,57
CICE	cmol(+)/Kg	1,41	2,96
Suma de Bases	cmol(+)/Kg	0,14	2,54
Sat de Bases	%	9,68	85,7
Sat K	%	2,11	16,2
Sat Ca	%	4,08	52,4
Sat Mg	%	2,74	13,9
Sat Na	%	0,76	3,21
Sat Al	%	90,3	14,3
Ca:Mg	%	1,49	3,78
K:Mg	%	0,77	1,17
(Ca+Mg)/K	%	3,24	4,09

Fuente. Autor

En la tabla 2, se pueden observar cambios en la composición química del suelo en el transcurso de dos años, dando como resultado un balance positivo en la CICE y la saturación de bases, lo que a su vez conlleva a una mejora en los niveles de pH, carbono orgánico y materia orgánica que beneficia la vida microbiana del suelo y aporta mayor disposición de nutrientes a la planta; además, se destaca la disminución significativa en el porcentaje de saturación de aluminio.

Conclusiones

La disposición constante de material orgánico para las raíces de la palma junto con un plan de fertilización eficiente y oportuno, le genera la oportunidad al suelo y a la planta de acceder a los nutrientes necesarios en cada uno de sus procesos; los platos de mayor crecimiento radicular se observan en el tratamiento con hojas recicladas de la palma al igual que el mayor peso de racimos cosechados, lo que indica un buen aprovechamiento de nutrientes con resultados efectivos en la productividad y en la mejora de las condiciones edáficas de los lotes.

Los subproductos del cultivo de palma representan una oportunidad para mejorar las condiciones limitantes que afectan la producción; el reciclaje continuo de hojas genera incremento en la zona radicular y aumenta el contenido de materia orgánica lo que mejora la capacidad de intercambio catiónico (CIC). La suma de estos dos factores mejora la eficiencia de los nutrientes, sin embargo son más los componentes intrínsecamente relacionados como la mejora del pH, mayor contenido de los nutrientes en el suelo, porque se crea una reserva de los mismos, retención de humedad e incremento de la rizosfera; que permiten la mejora constante de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.

Teniendo en cuenta que las palmas tienen raíces pivotantes y que están en constante regeneración, tiene mucho sentido crear las condiciones cerca del estipe evitando el desgaste energético de la planta para que dicha energía sea invertida en mejorar las producciones.

Recomendaciones

Complementar la disposición de las hojas con la aplicación de microorganismos eficientes para obtener una descomposición más rápida y que la asimilación de la materia orgánica por parte del suelo y de la planta sea más eficaz.

Continuar la toma de datos para tener una base más sólida en futuras investigaciones, teniendo el seguimiento desde el inicio de la labor de disposición de material orgánico en el plato de la palma.

Realizar este procedimiento en diferentes tipos de suelo que sean limitantes para el crecimiento radicular de la palma y desde una edad temprana para realizar los estudios correspondientes de producción y comprobar la formación de una capa de materia orgánica en el perfil superficial del suelo.

Referencias Bibliográficas

- Alfonso Carvajal, O. A., Castiblanco Riveros, J. S. (2013). Análisis comparativo de costos para la aplicación de fertilizantes en palma de aceite. *Palmas*, 34(1), 31–38.
- Bueno Buevas, R., & Fernández Lizarazo, J. C. (2019). La capacidad de intercambio catiónico del suelo: una bóveda de nutrición clave en la producción de alimentos. *Ámbito investigativo*, 4(1), 7-12.
- Castillo, Ó. A. (2021). Incremento en el contenido de materia orgánica del suelo con el uso de biomasa del cultivo, como estrategia para mantener altas productividades. *Palmas*, 43(1), 97-101.
- Clark, L., Whalley, W. & Barraclough, P. (2003). How do roots penetrate strong soil? *Plant and Soil* 255, 93–104.
- Corzo, Jorge. (2018). Factores que inciden en la formación y conformación del racimo de palma aceitera. NaturAceites S.A. Gremial de palmicultores de Guatemala - GREPALMA.
- Fedepalma. (2016). Vista de Relación de las características edáficas y el desarrollo del sistema de raíces de la palma de aceite (*Elaeis guineensis Jacq*).
- Giraldo, J. A. B., Guerrero, J. M., & Arteaga, D. M. (2016). Ajustándose al cambio climático: ¿Qué camino seguimos: paralización, estancamiento o mayor trabajo en mitigación? *Boletín El Palmicultor*, (533 Julio), 22-24.
- Guerrero, J. M., Beltrán, J. A., Hinestroza, A., Pulver, E., Penagos, Y., Roa, S. A. (2016). Guía de bolsillo mejores prácticas para incrementar la productividad en el cultivo de la palma de aceite [2017].

Hartley, C. (1988) *The Oil Palm*. 3rd Edition, Editorial Longman, London, 958.

Henríquez Henríquez, S. (2014). Efecto de acolchados sobre propiedades físicas de un suelo de la sabana de Bogotá y su relación con el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L). Universidad Nacional de Colombia.

Julca-Otiniano, Alberto; Meneses-Florián, Liliana; Blas-Sevillano, Raúl; Bello-Amez, Segundo. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia* (Arica), 24(1), 49-61.

Lacouture, L. F. D. (2016). Retos del sector palmicultor: innovación y emprendimiento. *Palmas*, 37(3), 139-152.

Montagnini, Florencia., Jordan, Carl. (2002). *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Ediciones LUR, Cartago, Costa Rica. Capítulo 8 páginas 167-191.

Rincón, A., Baquero, J., Flórez, H. (2012). E intercambio catiónico. Manejo de la nutrición mineral en sistemas ganaderos de los Llanos Orientales de Colombia, 9. Corpoica. 164p.

Silva Mora, A. (2022). Costos de producción en la agroindustria de palma de aceite. *Palmas*, 43(3).

Torres, Carlos; Etchevers, Jorge, Fuentes, Mariela; Govaerts, Bram; León, Fernando; Herrera, Juan Manuel. (2013). Influencia de las raíces sobre la agregación del suelo. *Terra Latinoamericana*, 31(1), 71-84.

Tuirán Mogollón, J. (2020). Seguimiento y caracterización fenológica de inflorescencias femeninas en tres cultivares del híbrido interespecífico O_xG bajo condiciones climáticas de la zona central de Colombia.

Vázquez, Jacinto; Álvarez-Vera, Manuel; Iglesias-Abad, Sergio, Castillo, Jorge. (2020). La incorporación de enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost reduce los efectos negativos del monocultivo en suelos. *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 105-112.

Apéndices

Apéndice A

Disposición de hoja en el plato de la palma.



Fuente. Autor

Apéndice B

Formación de racimos.



Fuente. Autor

Apéndice C

Formación de raíces.

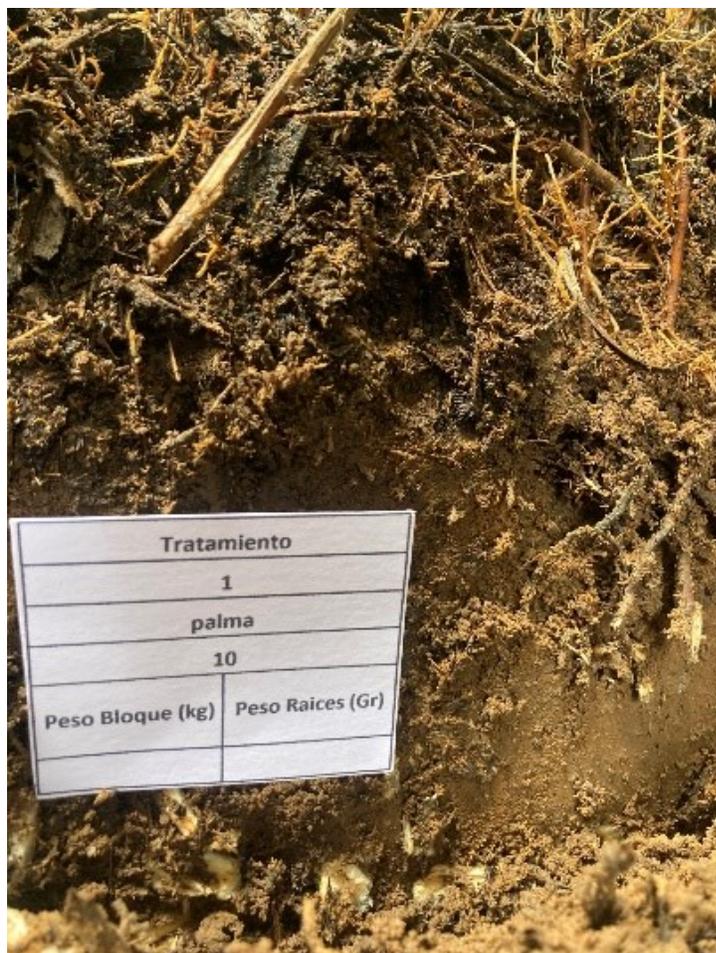


Fuente. Autor

Apéndice D*Calicata T1 - palma 8**Fuente. Autor*

Apéndice E

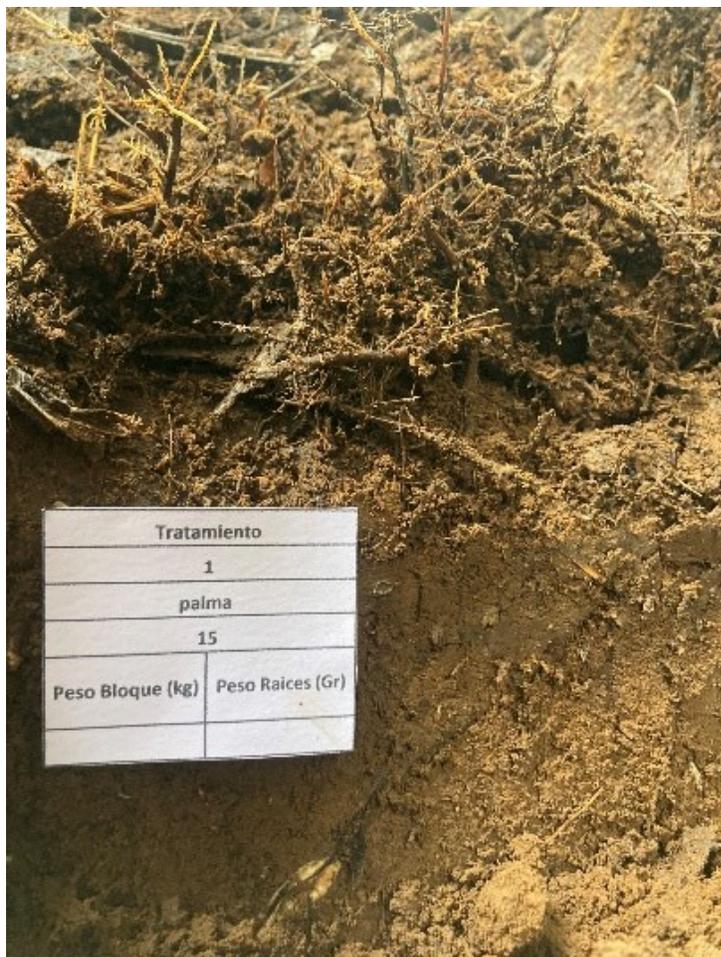
Calicata T1 - palma 10.



Fuente. Autor

Apéndice F

Calicata T1 - palma 15.



Fuente. Autor

Apéndice G

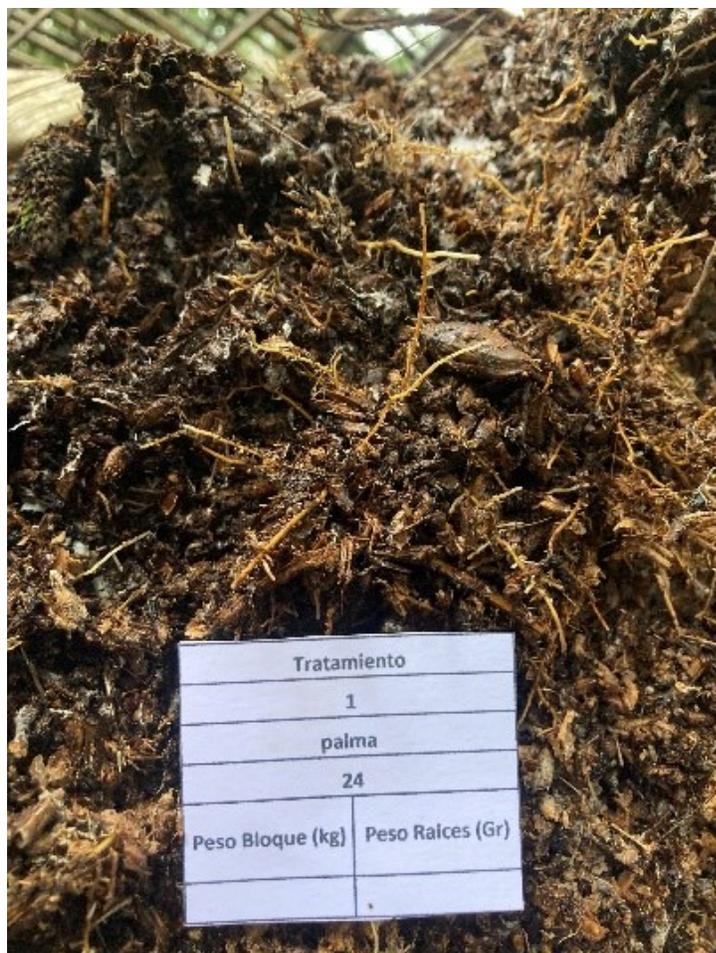
Calicata T1 - palma 21.



Fuente. Autor

Apéndice H

Calicata T1 - palma 24.



Fuente. Autor

Apéndice I

Calicata T1 - palma 25.



Fuente. Autor

Apéndice J

Calicata T2 - palma 5.



Fuente. Autor

Apéndice K

Calicata T2 - palma 7.



Fuente. Autor

Apéndice L

Calicata T2 - palma 10.



Fuente. Autor

Apéndice M

Calicata T2 - palma 20.



Fuente. Autor

Apéndice N

Calicata T2 - palma 24.



Fuente. Autor

Apéndice O

Calicata T2 - palma 28.



Fuente. Autor

Apéndice P

Limpieza de raíces.



Fuente. Autor

Apéndice Q

Resultados análisis de suelo del lote 4/11 en el año 2021.

Código		Identificación	Material de Siembra	Profundidad a la cual se tomó la muestra (cm)	Textura	Arena	Limo	Arcilla	pH	Carbono Orgánico	Materia Orgánica	Fósforo	Azufre	Acidez intercambiable	Aluminio intercambiable	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Capacidad Intercambio Catiónico	Conductividad eléctrica	Boro	Hierro	Cobre	Manganeso	Zinc
						%	%	%		%	%	mg/kg	mg/kg	cmol(+)/kg	cmol(+)/kg	cmol(+)/k	cmol(+)/kg	cmol(+)/k	cmol(+)/	cmol(+)/kg	dS/m	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
S21-00941	4/11	COARI X LAME HIBRIDO LA CABAÑA	30	F-An	64,520	16,000	19,480	4,415	0,977	1,684	2,981	10,106	1,478	1,270	0,057	0,039	0,030	0,011	3,888	0,031	0,257	26,152	0,636	2,403	0,189	

Fuente. Autor

Apéndice R

Resultados análisis de suelo del lote 4/11 en el año 2023.

		TABLA DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS																							
Finca/Plantación : Hacienda Buenos Aires				No suministrada		Informe I 23906																			
Municipio/Departamento : Cumara/ Meta				19-mar-23		Fecha de Entrega																			
Código	Identificación	Material de Siembra	Profundidad a la cual se tomó la muestra (cm)	Textura	Arena	Limo	Arcilla	pH	Carbono Orgánico	Materia Orgánica	Fósforo	Azufre	Acidez intercambiable	Aluminio intercambiable	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Capacidad Intercambio Catiónico	Conductividad eléctrica	Boro	Hierro	Cobre	Manganeso	Zinc
					%	%	%		%	%	mg/kg	mg/kg	cmol(+)/kg	cmol(+)/kg	cmol(+)/kg	cmol(+)/kg	cmol(+)/kg	cmol(+)/kg	cmol(+)/kg	dS/m	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
S23-02203	4/11	COARI X LAME HIBRIDO LA CABAÑA	0,2	F-An	73,180	13,320	13,500	4,810	2,068	3,565	37,031	9,803	0,583	0,423	1,552	0,411	0,480	0,095	4,866	0,155	1,195	59,202	0,167	9,203	4,891

Fuente. Autor