



# **Evaluación de Contaminantes en Cacao, contenido de Cd y Otros metales pesados en Santa Marta financiado por la Universidad Del Magdalena.**

**Brayan Stee Fuenmayor Medina  
Carlos Alonso Bellozo Carvajal**

**Universidad Magdalena**

Facultad de ingeniería  
Programa de ingeniería ambiental y sanitaria  
Santa marta, Colombia  
2018



# **Evaluación de Contaminantes en Cacao, contenido de Cd y Otros metales pesados en Santa Marta financiado por la Universidad Del Magdalena.**

**Brayan Stee Fuenmayor Medina  
Carlos Alonso Bellozo Carvajal**

Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Ingeniero Ambiental y Sanitario**

Director (a):

Ph.D. Sonia Esperanza Aguirre Forero

Codirector (a):

Ph.D Nelson Piraneque

Línea de Investigación:

Gestión sostenible.

Grupo de Investigación:

Suelo Ambiente y Sociedad

Universidad del Magdalena

Facultad de ingeniería

Programa de ingeniería ambiental y sanitaria

Santa marta, Colombia, 2018

# Nota de aceptación:

Aprobado por el Consejo de Programa en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad del Magdalena para optar al título de Ingeniero Ambiental Y sanitario

---

**Jurado**

---

**Jurado**

Santa Marta, \_\_\_\_ de \_\_\_\_ del \_\_\_\_\_

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a nuestros padres: por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Agradecemos a nuestros docentes de la Universidad del Magdalena, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, al Ph.D. Sonia Esperanza Aguirre Forero tutor de nuestro proyecto pasantía investigativa quien ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente.

Gracias a nuestros amigos: por sus contribuciones desinteresadas y consejos oportunos, sin ellos este proyecto hubiera sido más complicado de finalizar muchas gracias a nuestros grandes amigos Yan Carlos Acosta Pérez, nuestras colegas y amigas Yesenia Gómez Almanza y Paula Andrea Meza Peláez no se pueden encontrar palabras para agradecerles de todo corazón muchas gracias.

## Resumen

En el siguiente trabajo se presenta un estudio de las concentraciones de Cd y metales pesados en los cultivos de cacao de la zona bananera y la sierra nevada de santa marta. con el trazado de un trayecto se escogieron 20 puntos de muestreo en donde se seleccionaron tres parámetros de referencia los cuales son suelo, fruto y hoja de la planta de cacao a esta muestras, se les realizo un estudio de Cd y metales pesados en el laboratorio de centro internacional agricultura tropical (CIAT), pero en el laboratorio de la Universidad del magdalena, se le realizaron pruebas de PH, Conductividad eléctrica y textura arrojando como conclusión que el comportamiento de la conductividad del suelo puede estar influenciado con el contenido de iones presentes en los sitios de estudio. Además, a pH ácidos hay mayor posibilidad que se absorban los metales

## ABSTRACT

The following work presents a study of the concentrations of Cd and heavy metals in the cocoa crops of the banana zone and the Sierra Nevada of Santa Marta. with the tracing of a path, 20 sampling points were chosen where three reference parameters were selected, which are soil, fruit and leaf of the cocoa plant to these samples, a study of Cd and heavy metals was made in the laboratory of the international tropical agriculture center (CIAT), but in the laboratory of the University of Magdalena, tests of PH, electrical conductivity and texture were carried out, concluding that the behavior of the conductivity of the soil may be influenced by the content of ions present in the study sites. Also at acid pH there is a greater possibility that metals are absorbed.

**Keywords:** cadmio, contaminación, cacao, absorción, metales pesados, riesgo a la salud

# Contenido

	<u>Pág.</u>
Resumen.....	5
Contenido .....	5
Introducción .....	8
Justificacion .....	82
1. Objetivo General .....	114
1.1. Objetivo especifico .....	1;Error! Marcador no definido.
1.1.1. Actividades .....	114
2. Actividades como pasante .....	1;Error! Marcador no definido.
2.1. Revisión de literatura.....	128
2.2. Reconocimiento .....	136
2.3. Georreferenciación .....	1;Error! Marcador no definido.
2.4. recoleccion de muestras .....	1;Error! Marcador no definido.
2.4.1. Muestra de suelo .....	18
2.4.2. Muestra de hoja.....	19
2.4.3. Muestra de fruto .....	20
2.4.4. Preparación de la muestra.....	21
2.4.4.1. Muestra de suelo.....	21
2.4.4.2. Muestra de hoja.....	23
2.4.4.3. Muestra de fruto .....	25
2.4.4.4. Moler Muestra .....	26
2.5. Envió de las Muestra al laboratorio.....	29
2.6. Determinar textura, PH y conductividad eléctrica .....	29
2.7. Método de textura .....	32
3. Resultados y Discusión.....	3;Error! Marcador no definido.
4. Conclusión .....	43
5. Bibliográficas .....	44

## LISTA DE SÍMBOLOS

Significado

micro siemens

desi siemens

cadmio

partes por millón

## Introducción

El cacao es poco conocido dentro de las comunidades urbanas, pero su derivado, más famoso como el chocolate, es reconocido por ser símbolo de perdón y de amor. A muchos les encanta el chocolate y esto ha llevado a que las industrias tecnifiquen los procesamientos y estos sean cada vez más exigente con la materia prima que reciben.

El cacao ya era cultivado por los mayas hace más de 2500 años. De hecho, para encontrar el significado de la palabra cacao hemos de recurrir a la lengua maya:

- cac que en lengua maya quiere decir rojo (en referencia al color de la cáscara del fruto)
- cau que expresa las ideas de fuerza y fuego.

Los aztecas aprendieron de los mayas el cultivo y el uso del cacao. Llamaban cacahuat” al cacao y “xocolatl” la bebida aromática que se obtenía de sus frutos. Por aquel entonces el “xocolatl” era apreciado como reconstituyente que daba fuerza y despertaba el apetito sexual. Las semillas de cacao también se utilizaban como monedas de cambio, costumbre que perduró mucho después de la colonización de los españoles. De hecho, Hernán Cortés pagaba a sus soldados con cacao.

El cultivo de cacao está presente en nuestra idiosincrasia y constituye un importante medio de vida y desarrollo para más de 350 .000 agricultores ubicados en diversos territorios de los países de América Latina y el Caribe donde se produce. Para su cultivo se emplean 1,7 millones de hectáreas y se obtienen más de 650 mil TM de almendras por año que generan flujos comerciales superiores a los 900 millones de dólares de exportación anual.(IICA 2018),por el contrario, Las plantas de cacao absorben metales pesados de los suelos y los concentran en semillas (Minaya M, Florida N y Neira G 2012), cada vez son más países los que vienen poniendo restricciones y reglamentaciones al respecto, lo cual podría influir en un futuro cercano de la exportación del producto (naturaleza interior 2018).

Esta preocupación ha resultado en el desarrollo de numerosos procedimientos analíticos utilizados para determinar las concentraciones totales y disponibles de metales pesados en esta planta (Guerra F, Travizan A, Carvalho R, Muraoka T 2014).

---

En Colombia existen alrededor de 38.000 familias productoras de cacao, las cuales pertenecen a un estrato social bajo en su mayoría. Se ubican en zonas económicamente deprimidas (bajos niveles de escolaridad, dificultad en vías de acceso y bajos ingresos) y en muchos casos de difícil orden público (Tumaco, Arauca y Catatumbo). El departamento de Santander es el principal productor a nivel nacional con una participación del 40% del total de la producción, seguido por Arauca con una participación del 11%, Antioquia 9% Huila 7%, Tolima 6% y Cundinamarca 4%. (min agricultura informe de cacao enero 2018)

El tamaño de letra sugerido y teniendo en cuenta la familia fuente Arial de 11 puntos para el texto de estilo "Párrafo", Arial para los títulos, de 20 puntos (estilo "Título Primer nivel") y de 16 y 14 para los subtítulos (estilos "Título segundo nivel" y "Título tercer nivel", respectivamente).

El cultivo de cacao en la zona bananera y en la sierra nevada es respuesta a los cultivos ilícitos que se producen en las zonas. La Sierra Nevada, situada en el norte del país y declarada en 1979 por la Unesco Reserva de la Biosfera y Patrimonio de la Humanidad, pasó de tener 1.262 hectáreas de coca en 2004 a 35 en 2016, según la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (efe 2017).

Más de 60 personas ligadas al cultivo de cacao entre pequeños y medianos productores, representantes de gremios e instituciones (el informador 2017). Se están beneficiando de esta iniciativa a lo largo de la zona bananera. Hoy el cacao tiene a su disposición en el Magdalena 402.725 hectáreas aptas para su cultivo, de las cuales tan solo 2.318 son aprovechadas. En el primer trimestre de 2017, el país produjo 14.600 toneladas de cacao (efe 2017).

El departamento del magdalena ha venido tecnificando esta práctica de cultivo del cacao lo que llevo que por su sabor y aroma, un reconocimiento otorgado en 2015 por los Premios Internacionales del Chocolate (semana 2017).

Los metales pesados guardan una relación directa con los riesgos por contaminación de los suelos, toxicidad en las plantas y los efectos negativos sobre la calidad de los recursos naturales y el ambiente (Martínez Z, González M, Paternina J, Cantero M 2016). En general, la distribución de metales pesados en los suelos es un fenómeno complejo que se ve influenciada por factores como el potencial redox, el pH, el contenido de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico, el nivel de las aguas subterráneas y sus fluctuaciones, entre otros (Vázquez et al. 1989; Barceló y Poschenrieder 1992).

El cadmio es fácilmente absorbido por las raíces de las plantas y se acumula en los brotes en concentraciones que podrían afectar negativamente a la cadena alimentaria (Guerra y Tevizan et al, 2014). Es tóxico, acumulativo en el organismo, de alta permanencia y se moviliza a través de agua y aire. Cumpliendo los 4 requisitos establecidos para los contaminantes más tóxicos (naturaleza interior 2017). Las plantas de cacao que se ven expuestas a altos niveles de Cadmio (Cd) pueden verse afectadas por la reducción de la actividad fotosintética, la disminución en la absorción del agua y la adsorción de nutrientes que son esenciales para su crecimiento (Yadav 2010). Plantas cultivadas en suelo que contienen altos niveles de Cd muestran síntomas visibles de lesión reflejados en términos de clorosis, crecimiento inhibición, dorado de las puntas de las raíces y finalmente muerte (Wójcik y Tukiendorf, 2004; Mohanpuria et al., 2007).

La Sierra Nevada de Santa Marta, declarada como Reserva de la Biosfera y Patrimonio de la humanidad en 1979 por la Unesco cuenta en este momento con 1.200 hectáreas en 22 veredas de plantaciones cacaoteras. Por lo que la hace un área enriquecedora para estudiar la influencia de los metales pesados y el Cadmio en las plantaciones cacaoteras.

El cultivo de cacao en la zona bananera y en la sierra nevada son respuesta a los cultivos ilícitos que se producen en las zonas. La Sierra Nevada, situada en el norte del país y declarada en 1979 por la Unesco Reserva de la Biosfera y Patrimonio de la Humanidad, pasó de tener 1.262 hectáreas de coca en 2004 a 35 en 2016, según la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (efe 2017).

Más de 60 personas ligadas al cultivo de cacao entre pequeños y medianos productores, representantes de gremios e instituciones (el informador 2017). Se están beneficiando de esta iniciativa a lo largo de la zona bananera. Hoy el cacao tiene a su disposición en el Magdalena 402.725 hectáreas aptas para su cultivo, de las cuales tan solo 2.318 son aprovechadas. En el primer trimestre de 2017, el país produjo 14.600 toneladas de cacao (efe 2017).

El departamento del Magdalena ha venido tecnificando esta práctica de cultivo del cacao lo que llevo que por su sabor y aroma, un reconocimiento otorgado en 2015 por los Premios Internacionales del Chocolate (efe 2017).

El presente trabajo tiene como principal objetivo analizar las plantaciones cacaoteras de la Sierra Nevada y Zona Bananera De Santa Marta, para determinar presencia de metales pesados como el Cd en los suelos, material foliar y frutos de la plantación de cacao para evaluar los niveles de afectación que puedan llegar a causar la presencia de estos elementos en los suelos y plantaciones.

## Justificación

Los metales pesados constituyen un riesgo considerable para la salud, entre los más peligrosos se encuentran el plomo, el mercurio, el arsénico y el cadmio. La comida y los cigarrillos son las principales fuentes de exposición al cadmio en la población general. (Pérez & Azcona, 2012)

La absorción del Cadmio en humanos es relativamente baja (3-5 %), pero es retenido en el riñón y el hígado; para el riñón, la toxicidad radica en la acumulación, especialmente, en las células tubulares proximales con posibles consecuencias de disfunción renal, y posterior desmineralización ósea. Después de la exposición prolongada, del daño tubular puede progresar a una disminución de la filtración glomerular, y, finalmente, a la insuficiencia renal. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer ha clasificado el cadmio como un cancerígeno humano (Grupo 1) sobre la base de estudios ocupacionales. Los nuevos datos sobre la exposición humana al cadmio en la población general han sido estadísticamente asociados con un mayor riesgo de cáncer, como en el pulmón, endometrio, vejiga y mama (European Food Safety Authority, 2011, 1. Jiménez, 2014).

Específicamente para el cacao y sus derivados, la Comisión Europea se apoyó en que el chocolate y el cacao en polvo que se venden al consumidor final puede contener altos niveles de cadmio, son una fuente importante de exposición humana y, frecuentemente, son consumidos por los niños; por esta razón, se deben establecer los niveles máximos de cadmio, para los distintos tipos de chocolates y de cacao en polvo de venta al consumidor final (European Commission, 2013, 3. Jiménez, 2014).

Como consecuencia de lo anterior, la Unión Europea notificó al Committee on Sanitary and Phytosanitary Measures del World Trade Organization, el Draft Commission Regulation amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of cadmium in foodstuffs, en el cual incluye para niveles máximos de cadmio permitido, otros alimentos que no habían sido tenido en cuenta en el documento del año 2006. La Unión Europea notifica que esta adición al Reglamento 1881 de 2006 comienza a ser obligatoria a partir de enero de 2019 (European Commission, 2013, 7. Jiménez, 2014)

Por lo tanto desde el campo de la ingeniería ambiental y sanitaria se hace necesario plantear estudios que determinen las posibles concentraciones de contaminante en el recurso suelo y su incidencia en la salud humana.

En el Magdalena son pequeñas familias que tienen la producción de cacao, específicamente la zona de la Sierra de Santa Marta y la zona bananera el cual les genera un sustento que les permite satisfacer algunas necesidades básicas.

Por lo anterior se plantea la necesidad de investigar si existen concentraciones de metales pesados en las zonas cacaoteras del Magdalena.

# 1. objetivo

Apoyo Logístico a actividades enmarcadas en el proyecto al fin de llevar a buen término los compromisos adquiridos.

## 1.1 Objetivos específicos del proyecto

- Caracterizar zonas cacaoteras en Santa Marta.
- Determinar el contenido de metales pesados con énfasis en (Cd) en el cacao.
- Evaluar inocuidad de frutos.

### 1.1.1 ACTIVIDADES

OBJETIVO- actividad. Objetivo esp 1. Caracterizar zonas cacaoteras en santa marta

- Actividades: 1. diagnóstico de la zona de estudio.
- Localización, historia y reconocimiento del cultivo en la zona.

OBJETIVO ESP.2. Determinar metales pesados con énfasis en (Cd) en el cacao

- ACTIVIDADES: 1. Selección de puntos y transeptos para el muestreo.
- Muestreo de fruto, suelo y planta.
- Caracterización en laboratorio y envío para determinación de contaminantes.

## **2.Actividades como pasante**

### **2.1. Revisión de literatura**

En la revisión literaria se dio prioridad a las zonas con antecedente de contaminantes en plantaciones de cacao a lo largo de Latinoamérica. En Perú, Ecuador y República Dominicana.

Estos sitios se tomaron como antecedentes representativos, debido a que en sus suelos demuestran la presencia de metales pesados, pero sus variantes de análisis fueron diferentes y difieren en sus conclusiones de los factores causantes de esta problemática, esto ayudo a escoger las principales que podrían tener influencias en la zona analizada, realizando la escogencia basados en ámbitos de referencia como el clima y la temperatura, que coincidieran.

Para la recolección de suelo y fruto, hojas metodología escogida de la literatura consultada en donde se especificaba detalladamente el proceso de recolección de la muestra.

### **2.2. El reconocimiento**

El reconocimiento de la zona fue complicado desde el principio, ya que , la información que se obtenía era limitada y la comunidad no era buena fuente de información, debido al historial violento que se maneja en estas zonas, al visitarlo y poder dar con una finca cacaotera, muchos no permitían el ingreso, complicando así nuestro tiempo y cronogramas ya establecidos, si visitaban hasta 3 veces a distintas horas con los permisos y carnet que nos acreditan como estudiantes de la universidad del magdalena, pero las respuesta de apoyo eran nulas y llegando muchos a cobrar por permitirnos el ingreso a sus zonas.

Al recurrir a la tutora de pasantía, esta nos orienta a la búsqueda de un líder comunitario que facilitara el proceso de reconocimiento de las fincas cacaoteras de la zona de la zona bananera del magdalena. Este líder nos orientó y nos brindó información de ubicación y

posterior acompañamiento a las zonas de siembra y cultivo de cacao en esta zona, esta inclusión logro un fortalecimiento y enriquecimiento a la actividad.

Para el reconocimiento de la zona media de la sierra nevada de santa marta, fue imposible acceder a las zonas cacaoteras, ya que estas están ubicadas en asentamientos indígenas y para poder entrar se necesitaba un permiso de los líderes indígenas, que negaron entrar para el reconocimiento de dicha zona.

### **2.3. Georreferenciación**

Para la selección de los puntos de los transeptos y puntos de muestreo se siguieron los pasos señalados en la guía para muestreo de suelo del IGAC (instituto geográfico Agustín Codazzi), todo esto definido en la oficina con detalle en la selección de la literatura guía del procedimiento.

Se escogieron dos zonas referentes del cultivo de cacao en el departamento los cuales fueron la zona baja que hace referencia a la zona bananera del magdalena y una parte alta que se enfocó en la parte media de la sierra nevada de santa marta. Al tener identificados los puntos o fincas productoras de cacao se les examino el extracto socioeconómico en el cual Vivian los cuidadores o dueños de estas mismas, así como el nivel de conocimiento técnico del cultivo y el manejo de estos.

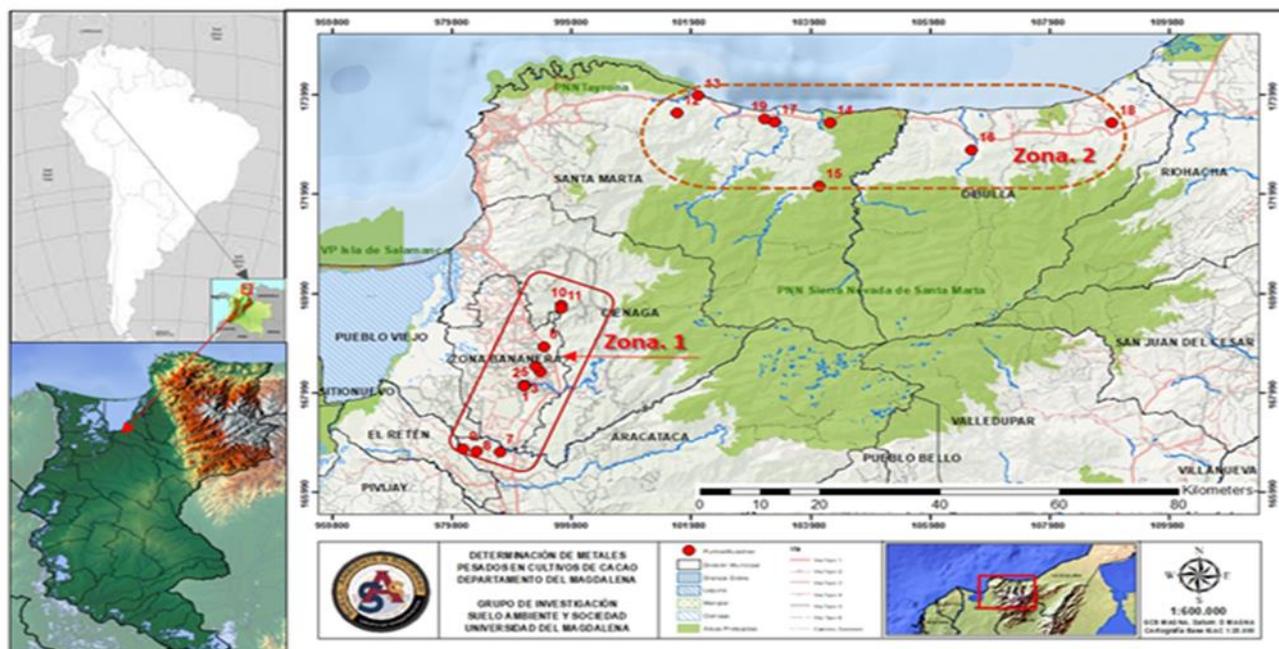


Ilustración 1 ubicación de los puntos muestreados

## 2.4. Recolección de muestras

### Zona bananera

Una vez realizado el reconocimiento de la zona se escogen los puntos de toma de muestras más cercanos a los transeptos propuestos en oficina. En donde se recolectaron muestras de suelo, de hoja y fruto.

Para la recolección de suelo se despeja de la zona la hojarasca que podía tener en la superficie, con una pala de punta cuadrada metálica se recoge el material de 0-20cm y de 20-40cm y por último se empacaron y rotularon respectivamente.



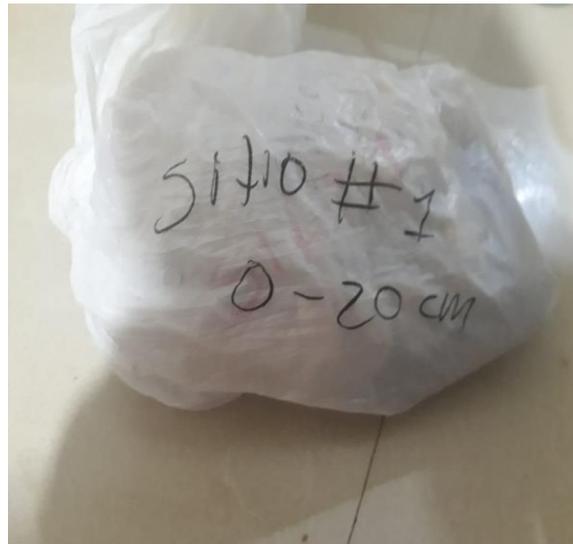
**Ilustración 2 tomada por Carlos Bellozo  
Limpieza de la superficie de la hojarasca**



**Ilustración 3 tomada por Brayan Fuenmayor se  
introducción en el rango 0-20cm**



**Ilustración 4 tomada por Brayan Fuenmayor  
segunda introducción en el rango 20-50cm**



**Ilustración 5 tomada por Brayan Fuenmayor  
empaque y rotulado de la muestra de suelo**

### 2.4.1. Muestra de hojas

Para el análisis foliar en cual consiste en tomar un tercio de las hojas de una planta de la zona estudiada, para su posterior análisis. el grupo decidió con asesoría de la tutora de pasantía tomar una muestra compuesta; el cual consistía en tomar muestras del tercio de la planta de cacao ya que por literatura en este sitio se encuentra almacenada la mayoría de los nutrientes y esto se realizó de varios árboles de cacao en la zona seleccionada, todo esto con el fin de no alterar, ni maltratar los arboles de cultivo, esto con previa supervisión y asesoría de la tutora de pasantía, después de realizado su recolección se procedió a empacar y rotular para su posterior análisis en el laboratorio.



Ilustración 6 tomada por Brayan Fuenmayor, Toma de muestra de hoja del tercio



Ilustración 7 foto tomada por Brayan Fuenmayor. Empacado de las muestra de hojas

### 2.4.2 Muestra de fruto

Para la recolección de Cacao, estos se les compraron a los agricultores los cuales tenían un buen tamaño y color. El fruto de cacao está compuesto por una cascara que se denomina mazorca y una almendra que es donde se deriva los productos.



Ilustración 8 tomada por Carlos Bellozo obtención del fruto De cacao para su empacado y posterior rotulado

## **Zona media de la SNS**

Como fue imposible entrar a las zonas cacaoteras se contrató una persona la cual hacía parte del grupo técnico de fedecacao (federación Colombiana De Cacaoteros) el cual ya tenía tiempo de estar trabajando en esta zona, por tal motivo se le hizo fácil realizar el procedimiento.

### **2.4.4 preparación de muestra**

#### **2.4.4.1. Muestra de suelo**

En el laboratorio se dejó secar por 24 horas a temperatura ambiente, algunas muestras se dejaron por más tiempo hasta que estuvieran completamente seca, posteriormente al secado se pasó por un tamiz 2mm y se tomaron 100gr de suelo tamizado se empacaron y rotularon.



Ilustración 9 tomada por Brayan Fuenmayor,  
Secado de las muestras de suelo



Ilustración 10 tomada por Carlos Bellozo tamizado de las  
muestras de suelo



Ilustración 11 tomada por Carlos Bellozo pesado de las  
muestras de suelo



Ilustración 12 tomada por Carlos Bellozo rotulado y  
empacado los 100 gramos de suelo

#### 2.4.4.2. Muestra de hoja

Se lavaron con agua destilada las hojas, se dejaron secar y se les corto el tallo, luego se tomaron muestras de 15 – 20 hojas del mismo tamaño para empacar y dejar secar por 72 horas a 48 °C en un horno.



Ilustración 13 tomada por Brayan Fuenmayor, lavado de las hojas con agua destilada

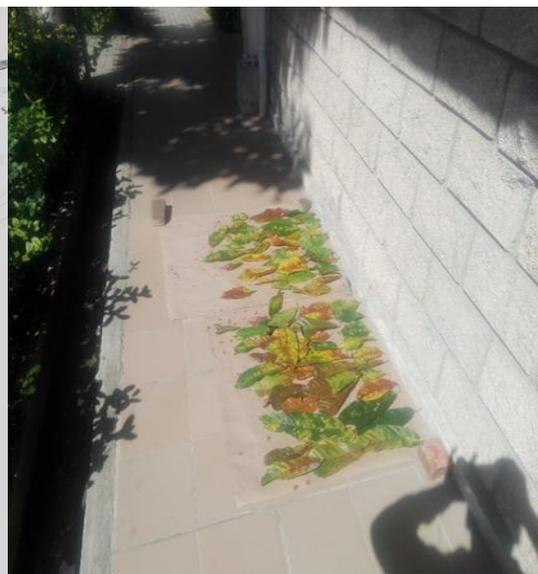


Ilustración 14 tomada por Carlos Bellozo secado de registro de agua destilada



Ilustración 15 tomada por Brayan Fuenmayor corte del tallo de la hoja



Ilustración 16 tomada por Carlos Bellozo selección del tallo y número de hojas



Ilustración 17 tomada por Carlos Bellozo rotulado y empackado de las hojas

#### 2.4.4.3. Muestra de fruto

Como el fruto está compuesto de la mazorca y almendra esta se les hizo una separación la cual consistía en abrir la mazorca y retirar el racimo de almendra, después separar la babaza de las almendras y empacarlas y rotularlas por separado, para dejarlos secar por 72 horas a 48°C en un horno.



Ilustración 18 tomada por Brayan Fuenmayor, separación de almendras, babaza y mazorca

#### **2.4.5. Moler muestras**

Una vez transcurrido el tiempo de secado se molió las muestras de hojas, mazorca y almendra la cual se hizo por varios días. A través de un molino industrial que se tornó complicado encontrar uno con las cualidades necesarias para trabar con dichas muestras, aunque se encontraron un par de molinos que cumplían estos requisitos eran muy costosos y no se podían costear, finalmente se ratificó una carta al SENA agropecuarios regional magdalena para poder utilizar los equipos. Estos demoraron cerca de 1 mes en darnos respuesta condicionada el uso de los equipos asignándonos un tutor para el correcto uso de estos, antes de arrancar con la molienda o cambiar de sitio de muestra, estas se debieron agrupar en hoja, almendra y cascara de la mazorca.

Utilizando pasto para limpiar el molido de los residuos que podían generar cada una de las muestra en su interior, se depositaba y pasado 10 minutos e procedía a cambiar el sitio de muestreo.



Ilustración 19 tomada por Brayan Fuenmayor, introducción de pasto al molino para su limpieza interna



Ilustración 20 tomada por Brayan Fuenmayor organización por zonas de muestreo



Ilustración 21 tomada por Brayan Fuenmayor, molino utilizado en la molienda de muestras



Ilustración 22 tomada por Brayan Fuenmayor, introducción de muestras al molino



Ilustración 23 foto tomada por Carlos Bellozo, material molido empacado y rotulado

## 2.5- Envió de muestras al laboratorio

Se tomaron las muestras de suelo, hoja y frutos (almendra y mazorca) y se enviaron al laboratorio centro internacional agricultura tropical (CIAT)



## 2.6. Determinar textura, PH y conductividad eléctrica

De las muestras de suelo ya previamente secadas y rotuladas se tomaron nuevamente para realizar tres laboratorios de PH, conductividad eléctrica y textura.

El laboratorio de PH y conductividad eléctrica se realizaron en simultaneidad.

Al seleccionar las muestras fueron tamizada, en un tamiz de diámetro de malla de 2mm, se pesaron 20 gr de suelo en una báscula digital gramera para aumentar el rango de precisión, se pasaron a un beaker en donde se le agregaron 40ml de agua destilada, con este tipo de agua no se alteran las propiedades del suelo, que dando consigo una

Ilustración 24 <https://www.ecured.cu/images/thumb/5/50/CIAT-PALMIRA.JPG/260px-CIAT-PALMIRA.JPG>

relación 1:2. Se colocaron en el agitador eléctrico digital durante 20 minutos a 105rpm

El pH-metro y conductímetro utilizados en cada toma de datos se deben lavar con agua destilada para evitar la contaminación y alteración de las muestras seleccionadas cada muestra se tomaron los apuntes correspondientes para la creación de la tabla correspondiente.



Ilustración 25 tomada por Carlos Bellozo, selección de muestras de suelo



Ilustración 26 tomada por Carlos Bellozo, tamizado



Ilustración 27 tomada por Carlos Bellozo pesado de 20 gramos de suelo

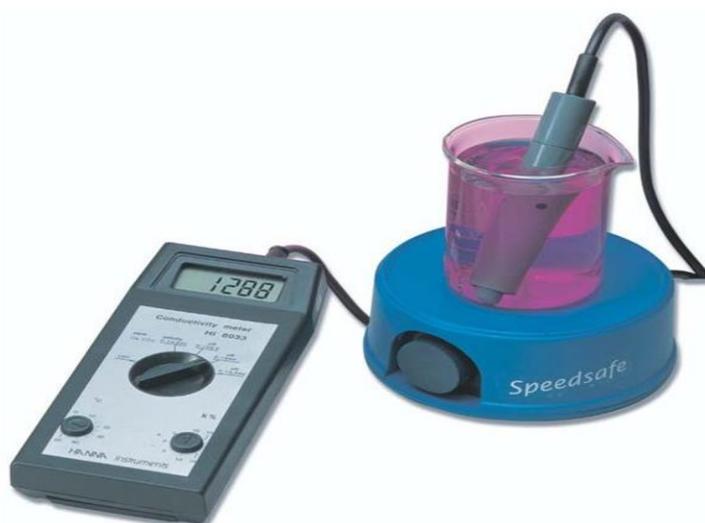




Ilustración 29 foto tomada por Carlos Bellozo, agitadora digital de las muestras de suelo



Ilustración 30 <http://www.inilab.es/ph-metro-temperatura-m150.html>



os Bellozo adición  
:tras de suelo

Ilustración 31 <https://www.ibdciencia.com/es/otros-instrumentos-de-medida-para-laboratorio/6277-conductimetro-tds-para-el-campo-educativo-.html>

## 2.7. Método de textura

Consistía en tomar la muestras ya rotuladas de suelo y tamizarlas en un tamiz de 2mm, y pesar 50 gr, se le agrego 25 mil de peróxido de hidrogeno para eliminar cualquier registro de materia orgánica, al pasar la reacción se procede a agregarle agua destilada hasta cierto punto para facilitar así el licuado en la batidora , se pasó el contenido a una probeta y se aforaba hasta los 1000 mil con agua, se tomaba una muestra de temperatura y a los 10 segundos se hacia el primer registro del hidrómetro, después de 2 horas se repetía el proceso de la toma de temperatura y el registro del hidrómetro. Se hacían los cálculos necesarios para determinar el porcentaje de arena lino y arcilla.



Ilustración 33 tomada por Carlos Bellozo pesado de 40 gramos de las muestras de suelo



Ilustración 32 tomada por Brayan Fuenmayor, adición de 25 ml de peróxido a los 40 gramos de suelo



Ilustración 35 tomada por Carlos Bellozo, adición de agua destilada a los 40 gramos de suelo con 25 mil de peróxido



Ilustración 36 tomada por Carlos Bellozo, Licuado de las muestras de suelo



Ilustración 37 tomada por Carlos Bellozo aplicación del Método Bouyoucos



Ilustración 38 toma de muestra a los 10 segundos



Ilustración 39 tomada por Carlos Bellozo, toma de muestra a las dos horas

### 3 Resultados y Discusión.

El análisis de resultados no estaba dentro de nuestras actividades, pero se hizo una interpretación de estos

En la zona de estudio se verifica un pH moderadamente básico para los sitios 2,3 y 17 mientras que para los sitios 4, 12,14 y 20 moderadamente ácido y en el sitio 1 se presentó un pH neutro (tabla 1)

SITIO		PH
<b>ZONA 1</b>	1	7
	2	7,42
	3	7,3
	4	6,23
<b>ZONA 2</b>	12	6,35
	14	6,38
	17	7,15
	20	6.76

**Tabla 1 Resultado pH**

Para la conductividad eléctrica se obtuvieron los siguientes resultados (ver tabla 2)

SITIO		CONDUCTIVIDAD ( $\mu$ S/cm)	CONDUCTIVIDAD (dS/m)
<b>ZONA 1</b>	1	79,7	0.0797
	2	125,3	0.1253
	3	79,6	0.0795
	4	107	0.1070
<b>ZONA 2</b>	12	83,4	0.0834
	14	72	0.0720
	17	42,6	0.0426
	20	70,4	0.0704

**Tabla 2 Resultados conductividad eléctrica**

<b>CEe(dS/m)</b>	<b>CE<sub>1/5</sub>(dS/m)</b>	<b>Clasificación</b>
<b>&lt;2</b>	<0,35	No salino
<b>2-4</b>	0,35-0,65	Ligeramente salino
<b>4-8</b>	0,65-1,15	Salino
<b>&gt;8</b>	>1,15	Muy salino

*Tabla 3. Fuente: (Marisol & Elena, 2014)*

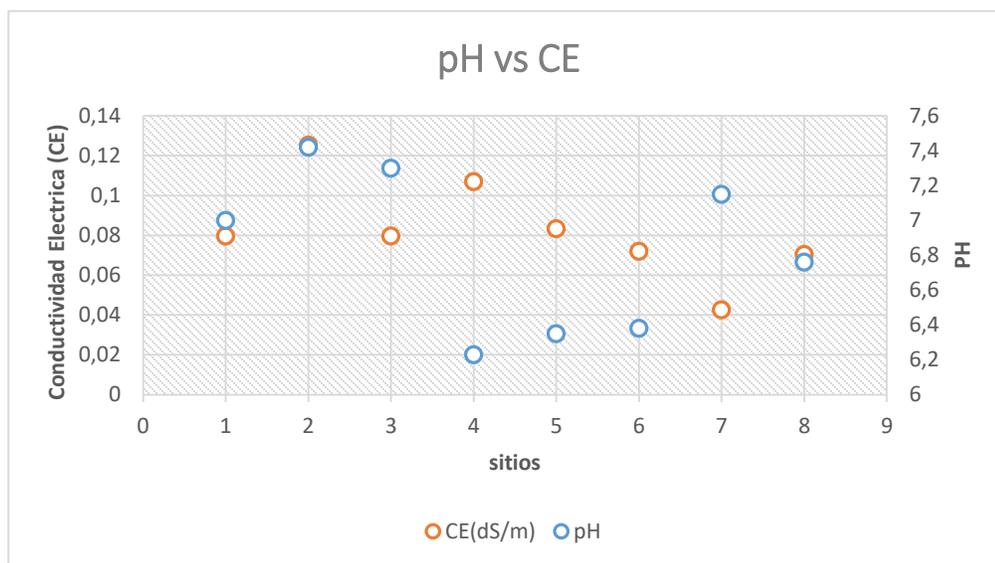
Para las zonas estudiadas se obtuvo una clase de textura FRANCO LIMOSO para el sitio 20 mientras que para los sitios 2, 12,14 y 17 fue FRANCO y finalmente para los sitios 1,3

<b>SITIO</b>		<b>%ARENA</b>	<b>%LIMO</b>	<b>%ARCILLA</b>	<b>TEXTURA</b>
<b>ZONA 1</b>	1	68,67	16,55	14,78	FRANCO ARENOSO
	2	38,52	43,6	17,88	FRANCO
	3	56,87	27,9	15,23	FRANCO ARENOSO
	4	53,47	28,35	18,18	FRANCO ARENOSO
<b>ZONA 2</b>	12	46,17	42,9	10,93	FRANCO
	14	31,3	53	15,93	FRANCO
	17	47,57	40	12,42	FRANCO
	20	43,32	38,25	18,43	FRANCO LIMOSO

y 4 la textura fue FRANCO ARENOSO

*Tabla 4 Estadística descriptiva para textura de arena, limo y arcilla.*

A continuación, se presentan los resultados cruzados para pH y conductividad eléctrica



*Grafica 1 pH vs Conductividad eléctrica*

La grafica nos indica el comportamiento de pH y CE en los sitios de muestreo, se observa el mismo comportamiento en los sitios 4,12 y 14 donde con pH bajos hay un aumento de la conductividad, mientras que los sitios 1,3 y 17 presentan comportamiento inverso, es decir en pH superiores a 7 la conductividad tiende a una disminución; sin embargo, los sitios 2 y 20 son cercanos.

El comportamiento de la conductividad del suelo puede estar influenciado con el contenido de partículas finas presentes en los sitios de estudio. Además “El aumento o disminución del pH del medio depende de varios factores, entre ellos, el pH del sustrato, la alcalinidad del agua, la actividad de cal, la acidificación por las raíces de la planta, y el uso de un fertilizante de reacción ácida o básica” (Barbaro, Karlanian, & Mata, 2014)

Todos los nutrientes se encuentran disponibles en el rango de pH de 5.4 a 6.2 (Figura 1). Sin embargo, cada especie de plantas tiene un rango óptimo de pH. (Torres, Camberato, Lopez, & Mickelbart)

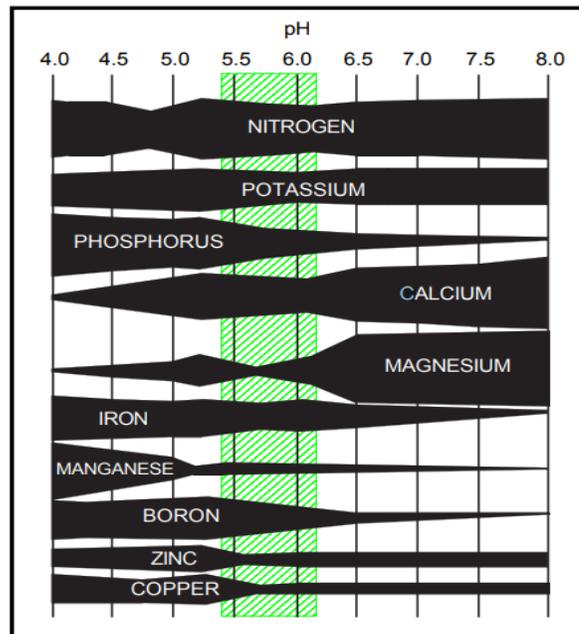


Ilustración 40 Fuente: (Brian, Todd, & William, 2001)

Comportamiento del pH, CE y Textura en sitios de muestreo de la zona de estudio.

SITIO		PH	CONDUCTIVIDAD (dS/m)	TEXTURA
<b>ZONA 1</b>	1	7	0.0797	FRANCO ARENOSO
	2	7,42	0.1253	FRANCO
	3	7,3	0.0795	FRANCO ARENOSO
	4	6,23	0.1070	FRANCO ARENOSO
<b>ZONA 2</b>	12	6,35	0.0834	FRANCO
	14	6,38	0.0720	FRANCO
	17	7,15	0.0426	FRANCO
	20	6.76	0.0704	FRANCO LIMOSO

*Tabla 5 Comportamiento pH, CE y textura*

**RESULTADOS CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT)**

A continuación, se presentan los resultados de los resultados obtenía del análisis del fruto y la hoja del cacao (ver tabla 6)

PREDIO		TEJIDO	(PPM)						
			Caf	Mgf	Kf	Cdf	Pbf	Nif	Crf
<b>ZONA 1</b>	<b>1</b>	Almendra	1,33	3,73	15,42	0,69	0,49	12,66	13,3
	<b>1</b>	Cascara	11,15	4,1	24,5	0,38	0,26	2,99	0,67
	<b>1</b>	Hoja	19,79	6,86	15,5	0,43	2,12	4,03	1,09
	<b>2</b>	Almendra	1,76	4,41	19,71	0,72	0,58	17,65	15,92
	<b>2</b>	Cascara	10,37	4,35	30,02	0,23	7,46	5	1,98
	<b>2</b>	Hoja	17,07	5,37	19,45	0,35	1,2	2,56	0,75
	<b>3</b>	Almendra	1,86	4,19	20,2	0,96	3,44	16,43	0,96
	<b>3</b>	Cascara	6,18	3,3	29,13	0,15	0,87	5,13	1,38
	<b>3</b>	Hoja	14,15	5,34	26,54	0,25	4,61	5,46	1,93
	<b>4</b>	Almendra	0,79	4,11	19,82	0,46	1,86	6,26	1,29
	<b>4</b>	Cascara	7,98	3,76	30,98	0,199	0,61	3,94	1,53
	<b>4</b>	Hoja	7,98	6,01	21,9	0,15	0,26	4,96	1,34
	<b>5</b>	Almendra	0,99	3,64	15,17	0,46	1,62	6,06	1,21
	<b>5</b>	Cascara	7,82	3,62	29,17	0,16	0,92	4,34	1,24
	<b>5</b>	Hoja	19,08	8,55	14,26	0,81	1,42	8,93	1,03
	<b>10</b>	Almendra	0,72	3,8	14,44	0,68	0,48	6,77	2,48
	<b>10</b>	Cascara	2,77	2,65	41,66	0,56	0,1	5,25	1,22
	<b>10</b>	Hoja	19,63	7,33	18,78	0,52	0,28	4,45	0,51
<b>ZONA 2</b>	<b>13</b>	Almendra	1,01	3,99	12,84	0,68	1,13	15,5	0,95
	<b>13</b>	Cascara	9,3	4,68	26,37	0,13	9	6,89	2,46
	<b>13</b>	Hoja	21,25	7,73	14,56	0,59	0,53	6,41	0,91
	<b>15</b>	Almendra	1,08	4	16,68	0,86	0,41	13,06	1,85
	<b>15</b>	Cascara	18	6,28	16,8	0,74	0,75	4,4	0,45
	<b>15</b>	Hoja	18,35	7,47	14,54	0,15	0,59	4,34	0,9
	<b>19</b>	Almendra	2,27	3,91	14,48	0,43	0,34	6,58	0,98

<b>19</b>	Cascara	14,92	3,95	17,86	0,24	0,67	4,65	1,13	<i>Tabla 6 Análisis de metales pesados en el fruto</i>
<b>19</b>	Hoja	15,42	7,23	13,78	0,35	0,52	2,39	0,61	
<b>20</b>	Almendra	3,36	3,79	16,85	0,76	0,36	11,54	1,12	
<b>20</b>	Cascara	16,07	4,18	19,25	0,52	0,67	2,14	1,24	
<b>20</b>	Hoja	10,23	4,87	20,7	0,35	0,5	8,73	0,78	
<b>21</b>	Almendra	1,66	4,84	20,59	0,62	0,37	10,84	0,64	
<b>21</b>	Cascara	11,03	3,94	21,04	0,37	0,7	2,98	0,97	
<b>21</b>	Hoja	13,91	5,91	14,78	0,32	0,67	4,82	0,61	

*y hoja*

PREDIO	PH	(PPM)
--------	----	-------

RESULTADOS CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT)

Resultados del análisis del suelo (ver tabla 7)

			COX	M.O	PS	Cas	Mgs	KS	feS	Mns	Zns	Cds	Pbs	Nis	Crs
1	A	5,86	0,69	1,6	40,8	3,3	1,33	0,1	21,5	8,2	3,0	0	0,6	15	23
1	B	5,78	0,39	0,9	62,1	3,0	1,14	0,07	30,9	8,2	2,95	0	0,4	15	22
1	C	5,7	0,5	0,9	50	3,3	1,3	0,05	22	8,2	3	0	0	15	22
2	A	6,01	1,1	2,5	46,4	6,7	1,54	0,09	41,2	8,9	1,02	0,08	0	49	30
2	B	5,77	0,99	2,3	45,9	6,4	1,66	0,09	11,0	12	2,74	0	0	26	30
2	C	5,5	1	2,4	45	6,5	1,55	0,09	24	9	1	0	0	30	30
3	A	5,03	1,16	2,7	66,5	9,0	1,85	0,15	11,7	27	1,76	0,018	0,8	23	44
3	B	5,10	1,14	2,6	74,3	8,0	1,63	0,16	33,7	36	3,35	0,028	0,4	24	34
3	C	5,1	1,1	2,6	65	8,5	1,7	0,15	25	30	1,8	0	0,4	22	32
4	A	6,23	0,96	2,2	56,2	3,9	1,64	0,12	20,4	23	3,3	0,016	0,7	15	37
4	B	6,13	0,69	1,5	46,9	3,5	1,5	0,09	27,3	18	2,1	0	0,3	16,2	40,6
4	C	6	0,9	1,8	46	3,5	1,5	0,1	22	22	2,2	0	0,4	15	35
5	A	6,2	1,08	2,5	10,4	6,0	1,6	0,08	23,2	23	2,2	0,061	2,42	6,9	10,8
5	B	6,02	0,79	1,8	11,6	4,9	1,43	0,07	40,1	12	1,7	0	2,80	8,7	14,2
5	C	6	0,8	1,9	10	5	1,5	0,06	30	18	1,5	0	2	7	12
10	A	5,32	1,18	2,7	3,68	7,1	1,37	0,08	11,7	6,3	0,4	0,2	1,01	0	0
10	B	6,08	0,31	0,7	1,50	7,4	1,63	0,03	11,4	2,5	0,4	0,01	0	0	0
10	C	5	0,5	1	1,5	7	1,4	0,03	11	4	0,4	0,02	0	0	0
13	A	6,06	0,99	2,3	33,9	5,2	1,54	0,17	22,3	12	1,6	0,021	1,35	0	0
13	B	6,23	0,37	0,9	19,1	4,2	1,15	0,08	29,6	6,2	0,6	0,04	0	5,3	13
13	C	6	0,5	0,4	20	5	1,5	0,1	24	8	1	0,04	0	3	10
15	A	5,44	0,84	1,9	9,12	6,4	1,54	0,09	28,8	10	1,0	0,03	0	28	11
15	B	5,72	0,75	1,7	13,27	5,7	1,69	0,08	19,2	18	0,7	0,017	0	29	15
15	C	5	0,7	1,5	10	6	1,5	0,08	20	18	0,8	0,02	0	25	12
19	A	6,06	1,02	2,3	1.468	4,5	2,22	0,35	14,9	12	0,8	0,041	5,5	16	21
19	B	5,13	0,51	1,2	1,22	4,2	2,3	0,27	12,7	10	0,6	0	7,0	28	33
19	C	5,5	0,8	1,8	1,3	4	2	0,25	13	11	0,4	0	6	22	25
20	A	5,93	0,57	1,3	1,70	3,2	1,34	0,09	7,46	34	0,6	0,043	5,1	14	32
20	B	5,92	1,07	2,5	2,35	3,8	1,3	0,19	9,23	51	1,3	0	4,0	18	34
20	C	5,9	0,75	2	2	3	1,3	0,1	8	38	0,8	0	4	15	30

21	A	6,87	1,85	4,2	76,6	8,6	1,8	0,34	18,4	34	12	0,062	6,6	0	10
21	B	5,85	0,57	1,3	41,4	5,8	1,57	0,26	18,3	10	3,6	0,015	2,9	5,5	14
21	C	6	1	2	40	7	1,8	0,2	18	20	4	0,05	4	0,5	12

Tabla 7 A: 0-20 cm; B. 20 -50; C. contra muestra

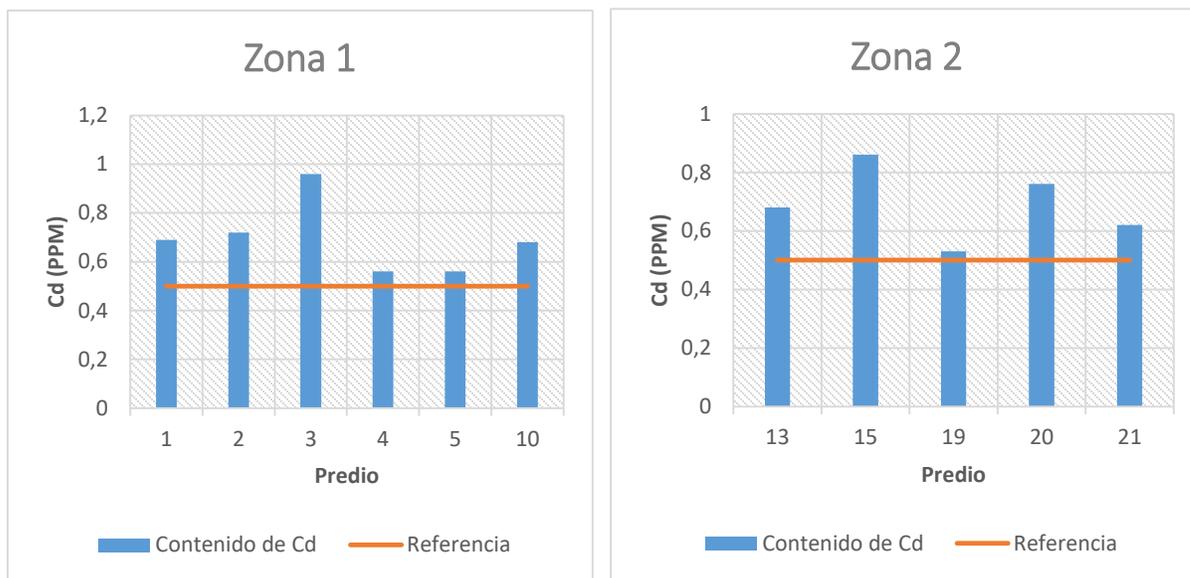
Organismo y la concentración de ese contaminante en el suelo) superior a 1. El Cd y el Hg son los más tóxicos (Ventura, González, & Batista, 2004)

Los estándares máximos de metales pesados admisibles en productos alimenticios, y en especial en las almendras de cacao, se presentan en la tabla 8. Estos niveles pueden variar por países. Hungría es el más exigente. (Marisol, Alberto, & Lépidio, Febrero 2004)

Metal Pesado	UE	UE	Codex
	Productos alimenticios	Almendra de cacao	
	PPM	PPM	
Cadmio (Cd)	1	0.5	
Cobre (Cu)	350	50	30
Niquel (Ni)	40		
Plomo (Pb)	5	2	2
Zinc (Zn)	500		
Mercurio (Hg)	1	0.02	0.02
Cromo (Cr)	45		
Selenio (Se)	0.5		

Tabla 8 Fuente: (Marisol, Alberto, & Lépidio, Febrero 2004)

De acuerdo a los resultados obtenidos del Lab. CIAT y comparándolos con los estándares internaciones se puede ver que todos los predios tienen un contenido mayor (ver grafica 2)



Grafica 2 Contenidos de Cd en almendra en la zona de estudio

## 4. Conclusión

De acuerdo a las observaciones y resultados obtenidos el comportamiento de la conductividad eléctrica (CE) del suelo puede estar influenciado con el contenido de IONES presentes en los sitios de estudio.

Además, a pH ácidos hay mayor posibilidad que se absorban los metales (Figura 1)

Y de acuerdo a las actividades realizadas se espera que se haga un aporte para la publicación de un artículo científico.

## 5. Bibliográficas

(Zoraya Martínez<sup>1\*</sup>, María S. González<sup>2</sup>, Jessica Paternina<sup>2</sup> y Mónica Cantero  
Contaminación de suelos agrícolas por metales pesados, zona minera El Alacrán,  
Córdoba-Colombia

(RESPUESTAS DE LAS PLANTAS A LA CONTAMINACION POR METALES PESADOS  
J. Barceló y Ch. Poschenrieder. Laboratorio de Fisiolog(a) Vegetal. Facultad de Ciencias.  
Universidad Autónoma de Barcelona. 08193 Bellaterra)

Andrades, M., & Martinez, E. (2014). Fertilidad de los suelos y parametros que los  
definen. Logroño: Servicios de publicaciones.

Barbaro, L., Karlanian, M., & Mata, D. (2014). Importancia del pH y la Conductividad  
electrica en el sustrato para plantas. Buenos Aires: Instituto de floricultura.

Jiménez Tobón, C. S. (27 de 20 de 2014). Estado legal mundial del cadmio en cacao  
(Theobroma cacao): fantasía o realidad. Obtenido de SciELO.org:  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-04552015000100009](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552015000100009)

Pérez, P., & Azcona, M. (2012). Los efectos del cadmio en la salud. Mexico: Revista de  
Especialidades Médico-Quirúrgicas.

Torres, A., Camberato, D., Lopez, R., & Mickelbart, M. (s.f.). Medición de pH y  
Conductividad Electrica en Sustrato. West Lafayette: Purdue Extension.

Ventura, M., González, A., & Batista, L. (febrero 2004). Resultados de investigación en  
cacao. Santo Domingo: Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y  
Forestales.

Whipker, B., Cavins, T., & Fonteno, W. (2001). 1, 2, 3's of PourThru. North Carolina.

Naturalezainterior 2018 (<http://www.naturalezainterior.org.pe/index.php/mundo-forestal/item/527-contenido-de-cadmio-en-el-cacao-preocupacion-mundial>)

ICA 2018 (<http://www.iica.int/es/cursos/estado-actual-sobre-la-produccion-y-el-comercio-del-cacao-en-am%C3%A9rica>)

Fernando Guerra I; Anderson Ricardo Trevizam II; Rafael Carvalho Fior I; Takashi Muraoka SUELOS Y NUTRICION DE LA PLANTA Fitodisponibilidad de cadmio en suelos y evaluación de la efectividad del extractante utilizando una técnica de isótopos

ESTIMACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO MEDIANTE REDES NEURONALES ARTIFICIALES, ROBERTO DIB BITTAR, SUELI MARTINS DE FREITAS ALVES, FRANCISCO RAMOS DE MELO

Hugo Alfredo Huamani-Yupanqui<sup>1\*</sup>, Miguel Ángel Huauya-Rojas<sup>1†</sup>, Luis Germán MansillaMinaya<sup>1‡</sup>, Nelino Florida-Rofner<sup>2††</sup>, and Gilmer Milton Neira-Trujillo<sup>3‡</sup>

[http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/2391068D9611ACD085258013005436BC/\\$FILE/Art%201.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/2391068D9611ACD085258013005436BC/$FILE/Art%201.pdf)

(Min agricultura informe de cacao enero 2018)

<https://sioc.minagricultura.gov.co/Cacao/Documentos/002%20-%20Cifras%20Sectoriales/002%20-%20Cifras%20Sectoriales%20-%202018%20Enero%20Cacao.pdf>

[http://www.edualter.org/material/explotacion/unidad5\\_2.htm](http://www.edualter.org/material/explotacion/unidad5_2.htm)

<https://www.semana.com/contenidos-editoriales/.../el-cacao...magdalena/529489>

<http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/6.-Francisco-Mite.-Cadmio.-INIAP.pdf>

[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162016000200003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162016000200003&script=sci_arttext)

<http://190.167.99.25/digital/cacao.pdf#page=66>

Recolección de suelo

(<https://www.bcr.com.ar/Laboratorio%20Varios/Instructivo%20toma%20de%20muestras%20de%20suelo.pdf>)

Recolección de fruto y hoja

([http://herbario.udistrital.edu.co/herbario/images/stories/Guia\\_Para\\_la\\_Recoleccion\\_de\\_Material\\_Vegetal.pdf](http://herbario.udistrital.edu.co/herbario/images/stories/Guia_Para_la_Recoleccion_de_Material_Vegetal.pdf))

Guía de muestreo de suelos IGAC

<https://www.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/guiademuestreo.pdf>