

**UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA AMAZONÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROFORESTAL ACUÍCOLA**



**Evaluación de la concentración de cadmio en el suelo y granos en  
una plantación de *Theobroma cacao* L (cacao) en Puerto Sungaro -  
Huánuco 2021**

***Tesis para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Agroforestal Acuícola***

***Presentado por::***

**Br.Cristhian Alexsander Elías Vela**

**Yarinacocha – Perú**

**2023**

## ANEXO 16. ACTA DE CALIFICACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN DE LA TESIS

En la sala destinada para la sustentación de la tesis, Campus universitario de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, en el distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, ciudad capital de Pucallpa, a 10 horas del día .....del 2023, se reunió el Jurado de Tesis presidido por Dr. RUBEN CASAS REATEGUI, e integrado por: Mb. JOHN EDUAR AVILES SANDI y Mb. MANUEL M. CHUYMA T. TOMAYLLA en calidad de miembros, con la exclusiva finalidad de evaluar la sustentación de tesis titulada “

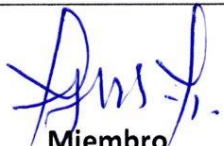
”, cuya responsabilidad corresponde al Bachiller: ELIAS VERA CRISTIAN ALEXSANDER; a fin de optar el Título Profesional de Ingeniero Agroforestal Acuicola.

Terminada la sustentación, el autor de la tesis respondió a las preguntas formuladas por los miembros del jurado, cuya evaluación se consolida según la tabla y parámetros cuantitativos que siguen:

|            |                                            |           |
|------------|--------------------------------------------|-----------|
| Presidente | <u>DR. RUBEN CASAS REATEGUI</u>            | <u>26</u> |
| Miembro    | <u>Mb. JOHN EDUAR AVILES SANDI</u>         | <u>24</u> |
| Miembro    | <u>Mb. MANUEL MARIO CHUYMA T. TOMAYLLA</u> | <u>26</u> |
| Promedio   |                                            | <u>25</u> |

El Jurado después de deliberar y calibrar los aportes de la tesis y la fundamentación del sustentante, compatibilizó el resultado cuantitativo con la tabla cualitativa equivalente sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como APROBADO..... asignándole un calificativo de BUENO.... puntos, según el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía.

Siendo las 11:25 horas del mismo día se dio por terminado el acto de sustentación firmando los miembros del Jurado en señal de conformidad.

|                                                                                                                                              |                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>Presidente<br><u>DR. RUBEN CASAS REATEGUI</u>         | <br>Miembro<br><u>Mb. JOHN EDUAR AVILES SANDI</u> |
| <br>Miembro<br><u>Mb. MANUEL MARIO CHUYMA T. TOMAYLLA</u> |                                                                                                                                       |

Nombre Asesor: Juan Luis Pery Marin  
Distribución: Integrantes del Jurado de Tesis, tesista y archivo FICA (Todas con firmas en original).



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
INTERCULTURAL DE LA AMAZONÍA**

Licenciada con Resolución N° 131-2018-SUNEDU/CD

**BIBLIOTECA  
CENTRAL**

*"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"*

## CONSTANCIA

N°043 - 2023

**ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION SISTEMA ANTIPLAGIO TURNITIN**

La Biblioteca Central, hace constar por la presente, que le informe Final (Tesis) titulado:

**EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN EL SUELO Y  
GRANOS EN UNA PLANTACIÓN DE THEOBROMA CACAO L (CACAO)  
EN PUERTO SUNGARO - HUÁNUCO 2021.**

Cuyo autor es : **ELÍAS VELA, CRISTHIAN ALEXSANDER.**

Facultad : **FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES**

Escuela Profesional : **INGENIERÍA AGROFORESTAL ACUÍCOLA.**

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 9%.**

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecido en el **artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO**, aprobada con **RESOLUCIÓN N°164-2021-UNIA-CO**, el cual indica que no se debe superar el 24%. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si está dentro de los límites aceptables de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.**

En señal de conformidad y verificación se FIRMA Y SELLA la presente constancia.

Fecha: 29/09/2023

 **UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL  
DE LA AMAZONIA - UCAYALI**

  
**Dr. Jesús Taylor Dávila Francia**  
Jefe de la Oficina de Biblioteca Central

*La primera universidad intercultural del Perú*



 biblioteca\_central@unia.edu.pe

 www.unia.edu.pe

 arretera a San José 0.63 Km. Yarinacocha - Ucayali - Perú

## **DEDICATORIA**

A nuestro padre celestial, Dios, por sostener mi existencia y darme sabiduría e inteligencia para seguir cumpliendo mis metas para el orgullo de mi familia.

A mis queridos padres por darme la fuerza y consejos para seguir luchando por mi superación en esta vida, decirles gracias Papá y Mamá, esto es la mejor herencia que me dieron, ser profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, por darme la oportunidad de trazarme un sendero con muchas expectativas como profesional.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroforestal Acuícola, por impartirme sus conocimientos y experiencias, cuyos frutos seré sus reflejos.

A mi asesor Dr. José Luis Pérez Marín, por la valiosa orientación de este estudio, su confianza y sugerencias, fueron de mucho valor para llegar a un término favorable del trabajo de tesis.

Finalmente, un gran agradecimiento a los Miembros del jurado calificador; Señores: MSc. Rubén Casas Reátegui, Mg. Jhon Edwar Avilés Sandi y Mg. Manuel Mario Chuyma Tomaylla, por su paciencia en la revisión de la presente Tesis y sus aportes para mejorar en su contenido.

## INDICE

|       |                                                             |    |
|-------|-------------------------------------------------------------|----|
| I.    | Introduccion .....                                          | 11 |
| II.   | Revision literaria .....                                    | 14 |
| 2.1.  | Antecedentes de la investigación .....                      | 14 |
| 2.2.  | Bases teóricas .....                                        | 16 |
| III.  | Métodos.....                                                | 29 |
| 3.1.  | Ubicación y descripción del área de estudio .....           | 29 |
| 3.2.  | Identificación y descripción del material experimental..... | 29 |
| 3.3.  | Procedimiento .....                                         | 30 |
| 3.4.  | Variables .....                                             | 32 |
| 3.5.  | Población y muestra .....                                   | 33 |
| 3.6.  | Tratamientos .....                                          | 33 |
| 3.7.  | Recolección de los datos .....                              | 33 |
| 3.8.  | Procesamiento de los datos .....                            | 34 |
| IV.   | Resultados y discusion.....                                 | 35 |
| V.    | Conclusiones .....                                          | 41 |
| VI.   | Recomendaciones.....                                        | 42 |
| VII.  | Bibliografia.....                                           | 43 |
| VIII. | Anexos .....                                                | 47 |

## INDICE DE CUADROS

|                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Cuadro 1. Operacionalización de variables .....                                                        | 32 |
| Cuadro 2. Aleatorización aplicados en los tratamientos .....                                           | 33 |
| Cuadro 3: Estadísticos descriptivos del nivel de Cadmio en suelo en los distintos<br>tratamientos..... | 35 |
| Cuadro 4: Pruebas de normalidad para el nivel de Cadmio en Suelo .....                                 | 36 |
| Cuadro 5: Prueba ANOVA para el nivel de Cadmio en Suelo .....                                          | 37 |
| Cuadro 6: Prueba Tukey para el nivel de Cadmio en Suelo.....                                           | 37 |
| Cuadro 7: Estadísticos descriptivos del nivel de Cadmio en grano por tratamiento<br>(mg/kg) .....      | 38 |
| Cuadro 8: Pruebas de normalidad del nivel de cadmio en grano .....                                     | 39 |
| Cuadro 9: Prueba ANOVA del nivel de Cadmio en grano .....                                              | 40 |

## INDICE DE FIGURAS

|                                                                                                         |                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Figura 1: Ubicación geográfica del estudio: Google Earth 2022.....                                      | 29                                   |
| Figura 2: Nivel de cadmio en suelo según tratamiento .....                                              | 36                                   |
| Figura 3: Nivel de cadmio en grano según tratamiento .....                                              | 39                                   |
| Figura 3: Gigantografía que identifica la parcela de cacao, donde se llevó a cabo la investigación..... | 55                                   |
| Figura 4: Extrayendo las muestras de suelo .....                                                        | 55                                   |
| Figura 5: Toma de muestra de suelo .....                                                                | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Figura 6: Identificación del tratamiento 1.....                                                         | 58                                   |
| Figura 7: Identificación del tratamiento 3.....                                                         | 59                                   |
| Figura 8: Identificación del tratamiento 4.....                                                         | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Figura 9: Recolectando las muestras de frutos para tener los granos para la muestra.....                | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Figura 10: Recolectando muestras de los frutos de cacao .....                                           | 58                                   |
| Figura 11: Muestras de frutos de cacao para extraer los granos.....                                     | 59                                   |
| Figura 12: Identificación de la planta de cacao para extraer la muestra de semillas ...                 | 59                                   |

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo determinar la concentración de Cadmio en el suelo y granos en una plantación de Theobroma cacao L (cacao) en Puerto Sungaro – Huánuco, tomando a la variedad CCN51, de diferentes edades, establecidos en 4 unidades experimentales (T1= 6 años, T2= 7 años, T3= 8 años y T4= 9 años), con parcelas experimentales de 81 m<sup>2</sup> ocupados por 16 plantas. Se tomó una población de 192 plantas de Theobroma cacao L (cacao), siendo la muestra de diseño aleatorio simple de 12 plantas, seleccionados por el investigador. Los resultados encontrados muestran que el nivel de concentración de cadmio en suelo de los diferentes tratamientos son; tratamiento 1 (Testigo) el que obtuvo mayor nivel de cadmio con 1.64 mg/kg con una desviación estándar del 0.02, el tratamiento 2 (Clon CCN 51 de 7 años) presenta un resultado promedio de 1.57 mg/kg, con una variabilidad 0.04, el tratamiento 3 (Clon CCN 51 de 8 años) tuvo 1.58 mg/kg de cadmio con una variabilidad de 0.02 y el tratamiento 4 fue el que obtuvo menor nivel de cadmio con 1.55 mg/kg; y en los granos de cacao, cuyos promedio de dimensión fue de 2 a 3 cm., con un peso aproximado de 3 gr., fueron analizados determinando la concentración de Cadmio, el tratamiento 1 (testigo) fue el que obtuvo mayor nivel de cadmio en grano con un promedio de 0.74 mg/kg con una variabilidad de 0.02, el tratamiento 2 (Clon CCN 51 7 años) tuvo como promedio 0.53 mg/kg, con una variabilidad de 0.23; el tratamiento 3 (Clon CCN 51 8 años) tuvo como promedio 0.42 mg/kg, con una variabilidad de 0.33; mientras que el tratamiento 4 (Clon CCN 51 9 años) obtuvo el menor nivel con 0.38 mg/kg con una variabilidad de 0.33. Concluyendo que la concentración de Cadmio en el suelo y los granos de cacao en las plantaciones de Theobroma cacao L (cacao) en Puerto Sungaro, son aceptables según indicadores propuestos por la Unión Europea y otros países del mundo.

**Palabras claves:** Concentración, Cadmio, Cacao

## ABSTRACT

The present investigation aims to determine the concentration of Cadmium in the soil and grains in a *Theobroma cacao L* (cocoa) plantation in Puerto Sungaro - Huánuco, taking the CCN51 variety, of different ages, established in 4 experimental units (T1= 6 years, T2= 7 years, T3= 8 years and T4= 9 years), with experimental plots of 81 M<sup>2</sup> occupied by 12 plants. A population of 192 *Theobroma cacao L* (cocoa) plants was taken, with a simple random design sample of 16 plants, selected by the researcher. The results found show that the level of cadmium concentration in the soil of the different treatments are; treatment 1 (Control) the one that obtained the highest level of cadmium with 1.64 mg/kg with a standard deviation of 0.02, treatment 2 (Clone CCN 51 of 7 years) presents an average result of 1.57 mg/kg, with a variability of 0.04, Treatment 3 (8-year-old Clone CCN 51) had 1.58 mg/kg of cadmium with a variability of 0.02 and treatment 4 was the one with the lowest level of cadmium with 1.55 mg/kg; and in the cocoa beans, whose average dimension was 2 to 3 cm., with an approximate weight of 3 gr., were analyzed determining the concentration of Cadmium, in averages, for treatment 1 (control) was the one that obtained higher level of cadmium in grain with an average of 0.74 mg/kg with a variability of 0.02, treatment 2 (Clone CCN 51 7 years old) had an average of 0.53 mg/kg, with a variability of 0.23; Treatment 3 (Clon CCN 51 8 years old) had a mean of 0.42 mg/kg, with a variability of 0.33; while treatment 4 (Clone CCN 51 9 years old) obtained the lowest level with 0.38 mg/kg with a variability of 0.33. Concluding that the concentration of Cadmium in the soil and cocoa beans in *Theobroma cacao L* (cocoa) plantations in Puerto Sungaro, are acceptable according to indicators proposed by the European Union and other countries in the world.

**Keywords:** Concentration, Cadmium, Cocoa

## I. INTRODUCCION

El *Theobroma cacao* L (Cacao) es uno de los cultivos alternativos seleccionados debido a su importancia exportadora actualmente y de una demanda potencial creciente en el mercado mundial. Los productores de cacao siempre han tenido la preocupación por la presencia de los metales pesados, como el cadmio en el suelo y de ello se nutre las plantas del cacao; también pueden llegar al suelo de manera antropogénica a través de afluentes mineros, fertilizantes, residuos sólidos, entre otros. Los niveles de cadmio en los granos de cacao dependen de una serie de factores, entre ellos: características químicas, biológicas y físicas del suelo; el origen del material del suelo (la geología); la contaminación por el fertilizante o agua de riego con alto contenido de cadmio; y las capacidades de asimilación de los árboles de cacao, influenciadas por su origen genético. El cadmio es uno de los metales pesados más tóxicos, pequeñas concentraciones podrían provocar grandes problemas al ambiente y a la salud del ser humano; sin embargo, existen técnicas biológicas de saneamiento para remediar suelos contaminados con cadmio y demás metales pesados, destacando entre ellas la fitorremediación (Llatance et al. 2018).

Este es un tema que ha adquirido gran relevancia en las últimas décadas debido a que los consumidores a nivel mundial han tomado conciencia de que tienen derecho a esperar que los alimentos que consumen estén libres de peligros y que ofrezcan alta calidad. Adicionalmente, no solamente la inocuidad de los alimentos salvaguarda el bienestar de los consumidores, también es crucial para que los productores agrícolas puedan acceder a los mercados locales o internacionales, lo que en consecuencia significa un aumento del desarrollo económico y la reducción de la pobreza (Huamaní et al. 2012).

Si bien casi todos los límites se establecen en los productos de chocolate y cacao y no en el producto crudo, los compradores utilizan límites en los granos de cacao para garantizar que los productos finales estén por debajo de los niveles máximos permitidos establecidos. Estos caen entre 0.5 a 1.1 ppm (partes por millón). El cadmio es absorbido por las plantas a través del transporte mediante procesos específicos y no específicos utilizados para iones. Particularmente interesante es la variabilidad en la absorción de cadmio a través de diferentes genotipos de cacao, lo que abre la posibilidad de identificar variedades de cacao de baja acumulación (MINAG-Perú 2012).

En los últimos años, las exportaciones de cacao a nivel mundial han tenido más control por parte de las autoridades alimenticias europeas, ya que se ha comprobado que las altas

concentraciones de Cadmio en alimentos elaborados a base del fruto, han sido la principal fuente del aumento en las consultas médicas asociadas al deterioro de la salud de la población infantil y adolescente, esto ha catalogado al cadmio como un elemento problema de salud pública (Lara, 2017).

Los resultados de los estudios no permiten conclusiones claras, parece que las prácticas postcosecha, como la fermentación, el secado, el tostado y el descascarillado, pueden afectar el contenido de cadmio en los granos de cacao. El reglamento de la Unión Europea –UE, establece diferentes niveles para cuatro categorías de productos específicos de cacao y chocolate enumerados a continuación: 0.10 ppm para chocolate con leche con un contenido de materia seca total de cacao < 30%; 0.30 ppm para chocolate con un contenido de materia seca total de cacao < 50% y chocolate con leche con un contenido de materia seca total de cacao ≥ 30%; 0.80 ppm para chocolate con un contenido de materia seca total de cacao ≥ 50%; 0.60 ppm para cacao en polvo vendido al consumidor final o como ingrediente en cacao en polvo edulcorado vendido al consumidor final (chocolate para beber) (Meter et al. 2019).

El cacao ha tenido un crecimiento significativo en los últimos años en el Perú y la presencia de metales pesados en los suelos de estas plantaciones es un potencial problema para las exportaciones de este producto. Sin embargo, para que estos elementos sean absorbidos por las plantas existen varios factores, entre los que se cuentan, por ejemplo, los atributos del suelo que juegan un papel importante en reducir o aumentar la toxicidad de los metales en el suelo; en recientes estudios han indicado que los suelos y granos en áreas de cultivo de cacao podrían presentar altos niveles de metales pesados, lo que podría llevar a problemas de consumo y exportación de este producto en el futuro (Andina 2012).

Los metales pesados del suelo una vez disponibles, pueden ser absorbidos por la planta de cacao; sin embargo, su distribución en la planta y su acumulación es variable. En el caso del cadmio, en la actualidad, no se conoce un papel fisiológico definido en la planta, pero puede concentrarse en las raíces, brotes, hojas o partes comestibles como los granos por su constitución grasos (Arévalo et al. 2016).

La presencia de metales pesados en el cacao, actualmente es un serio problema para los cacaoteros de varias regiones del país, y entre ellas San Martín, Perú. Se evaluó el contenido de cadmio en suelos, hojas, almendras frescas (testa y embrión), almendras fermentadas secas, licor de cacao y tabletas de chocolate con 70% de cacao, en 02 provincias (Bellavista y Huallaga), obteniéndose los siguientes resultados; para suelos, todas las

localidades en estudio, presentan diferencias altamente significativas en contenido de cadmio. De otro lado, es notorio el incremento de los valores de cadmio determinados en chocolate respecto al licor de cacao, insumo principal para la elaboración de chocolates, lo cual puede deberse a los ingredientes adicionales (leche, canela) o al equipo de proceso empleado (Santander y Mendieta 2019).

Es de importancia este estudio debido a que actualmente no contamos con estudios generales y específicos sobre la concentración de cadmio en el suelo y en los granos de Cacao, causado por el uso incontrolable de agroquímicos por los agricultores, trayendo como consecuencia contaminación producidos tanto en el suelo como en los granos de cacao, por metales pesados tóxicos los cuales se acumulan en concentraciones altas causando daños la salud humana, con esta evaluamos la cantidad de cadmio alcanzada en los granos de cacao; este sustento permitieron desarrollar la presente investigación, trazando los siguientes objetivos:

### **Objetivo General**

Determinar la concentración de cadmio en el suelo y granos en una plantación de Theobroma Cacao L (cacao) en Puerto Sungaro - Huánuco 2022.

### **Objetivos Específicos**

1. Evaluar la concentración de cadmio en el suelo en una plantación de Theobroma Cacao L (cacao) en Puerto Sungaro - Huánuco 2022.
2. Evaluar la concentración de cadmio en granos de una plantación de Theobroma Cacao L (cacao) en Puerto Sungaro - Huánuco 2022.

## II. REVISION LITERARIA

### 2.1. Antecedentes de la investigación

Florida et al. (2018), realizaron un estudio para evaluar la influencia del pH del suelo en los niveles de absorción del cadmio en granos de cacao CCN-51. Se seleccionaron 20 parcelas agrícolas de socios de la Cooperativa Cacao Alto Huallaga. Encontraron como resultado que el pH promedio del suelo fue de 5.68; el cadmio disponible en el suelo fue de  $0.32 \mu\text{g g}^{-1}$  y el contenido de cadmio en las almendras de cacao de las 20 muestras analizadas arrojó  $0.98 \mu\text{g g}^{-1}$ . Concluyen que los valores de cadmio en almendras se encuentran encima del nivel máximo permitido por la unión europea, determinándose correlación negativa entre el pH del suelo y el contenido de cadmio en almendras de cacao ( $R^2=0.0522$ ).

Del Águila (2017), realizó una investigación sobre los niveles de cadmio y plomo mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica de Llama en granos frescos y secos. La composición química de los granos frescos de cacao fue variada. El grano de Tingo María presentó el mayor porcentaje de acidez (4,16%), el de San Martín de Pangoa el mayor contenido de humedad (49,45%) y proteína (14,32%) y el de Pucallpa el mayor contenido de cenizas (4,36%). La composición química de los granos secos de cacao fue variada, los granos de San Martín de Pangoa presentaron mayor contenido de humedad (49,45%) y acidez (1,22%) y el de Pucallpa el mayor contenido de cenizas (4,65%) y proteína (14,25%). En granos frescos de Pucallpa se encontró los niveles más altos de cadmio (0,08 mg/Kg) y en secos (0,11mg/Kg).

Chávez (2020), realizó un estudio sobre la concentración de cadmio en el suelo y frutos de una plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Aucayacu. Los resultados encontrados fueron para suelos cacaoteros, de la zona de Aucayacu presentaron un pH, de 5.19, lo cual refiere que es muy ácido, en cuanto a la concentración de cadmio en el suelo fue de 0.21 ppm, estos resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), indicando que no sobrepasa el ECA; para suelos agrícolas. Si bien no sobrepasan el ECA (1.4 ppm), demuestra la presencia de cadmio en el suelo del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.).

Condezo y Huaraca (2018), realizaron un estudio sobre la cuantificación de plomo, cadmio y arsénico en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) y café (*Coffea arábica L.*). Se recolectó un total 16 muestras que fueron analizados por el método de absorción atómica asociada a horno de grafito e hidruros FIAS. Encontrando como resultado en los granos de cacao de la zona de Jaén - Cajamarca concentraciones promedio de arsénico (0,11 µg/g), cadmio (0,11µg/g) y plomo (1,18µg/g). Las concentraciones de cada metal hallado al ser comparado con el valor permisible por el Codex Alimentarius nos dan como resultado que más del 60% de las muestras son admisibles para el consumo humano.

López et al. (2018), realizaron un estudio sobre la determinación de la concentración de cadmio (Cd) y plomo (Pb) en el suelo, hojas y almendras de ocho clones de cacao (*Theobroma cacao L.*). La población estuvo compuesta por 859 plantas de cacao de 12 clones. De estos clones se seleccionaron solo 8 y por cada clon selecto, se tomó 5 plantas, que fueron evaluadas por su contenido de cadmio y plomo en el suelo, hojas y almendras. Obteniéndose como resultado que los clones ICS-6, ICS-1, IMC-67, ICS-95, SCA-6, UF-29, POUND-12 y CCN-51 presentaron valores promedios en el suelo por debajo de los 3 ppm, considerados como límites permisibles. Mientras que en las hojas maduras los clones ICS-6, ICS-1, IMC-67, ICS-95, SCA-6, UF-29, POUND-12 y CCN-51 registraron valores por debajo de los límites permisibles por la Unión Europea.

Arévalo et al. (2016) en una investigación realizada sobre los contenidos totales de metales pesados (Cd, Ni, Pb, Fe, Cu, Zn, Mn) en los suelos de plantaciones de cacao en las principales áreas de producción del Perú: Zona Norte (Tumbes, Piura, Cajamarca y Amazonas); Zona central (San Martín, Huánuco y Junín); Zona Sur (Cuzco). Se consideraron plantaciones entre 10 y 15 años de edad. Se realizaron los análisis físicos (textura) y químicos (pH, materia orgánica, CIC, P, K, Ca, Mg, Al, Cd, Ni, Pb, Fe, Cu, Zn, Mn) de los suelos muestreados. Encontrándose que los valores promedio de hierro, zinc, manganeso, níquel y plomo fueron mayores en la zona sur, mientras que en la zona norte los valores de cobre y cadmio fueron mayores. De forma general el pH, % de arcilla y Mg fueron las variables que tuvieron mayor correlación con la concentración de metales pesados.

Zambrano (2018), realizaron un estudio sobre la determinación del contenido de cadmio en cacao (*Theobroma cacao L.*) ecuatoriano en variedades de

CCN51 y Nacional. Los resultados mostraron niveles máximos de 0,28 mg/Kg en el sistema de secado asfalto, para las dos variedades CCN51 y Nacional; en cambio, valores mínimos de 0,10 mg/Kg en la variedad Nacional secado en tendal de cemento. En ningún caso se sobrepasan el límite de 0,80 mg/kg establecido por la Unión Europea para chocolate con un contenido de materia seca total de cacao  $\geq$  50%.

Furcal y Torres (2020), realizaron un estudio sobre la concentración de cadmio en suelo, raíz, hoja y en grano seco no fermentado de cacao en dos regiones productoras de este cultivo de Costa Rica. Determinándose la presencia de cadmio en las partes raíz y hoja del árbol de cacao, y en el grano. Se detectó en la mazorca concentraciones de cadmio en los granos en un rango de 0 a 8,70 mg/kg.

Pardo (2016) en un estudio sobre, la concentración de cadmio, plomo y mercurio en granos de cacao. Obtuvo como resultado la presencia de cadmio, plomo y mercurio en granos de cacao, siendo más vulnerables la población infantil por la ingesta de cacao como fruta y derivados, encontrándose estos metales en cantidades no aceptables aún sin hacer uso durante el manejo de agroquímicos.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Cadmio Cd)**

El cadmio (Cd, número atómico 48, masa atómica 111,40) se obtiene como subproducto del tratamiento metalúrgico del zinc y del plomo, a partir de sulfuro de cadmio; en el proceso hay formación de óxido de cadmio, compuesto muy tóxico. Además de contaminar el ambiente. (Ramírez, 2002).

El cadmio es un elemento no esencial y poco abundante en la corteza terrestre y a bajas concentraciones puede ser tóxico para todos los organismos vivos. Químicamente, el cadmio se puede encontrar disuelto en el agua contenida en el suelo, adsorbido en superficies orgánicas e inorgánicas, formando parte de minerales, precipitado con otros compuestos del suelo o incorporado a estructuras biológicas. Sin embargo, la biodisponibilidad del cadmio para la planta depende de numerosos factores físicos, químicos y biológicos que modifican su solubilidad y el estado del metal en el suelo (Rodríguez et al. 2008).

### **2.2.2. Efectos del Cadmio en la salud de las personas**

En los últimos años, el cadmio ha surgido como un tema importante en los medios de comunicación debido a una oleada de retiros de la circulación de productos de gran popularidad suscitados por la presencia de cadmio en bisutería, juguetes, pinturas y otros artículos comunes. Es importante resaltar que no existen reglas sobre el control de cadmio en los artículos de uso diario y también el hecho de que ninguna organización internacional se pone de acuerdo en la cantidad de cadmio exacta que provocaría daños a la salud a corto o largo plazo (Ramírez, 2002).

El cadmio entra en la alimentación humana con los vegetales y productos animales. La habilidad de la vida silvestre para acumular y concentrar metales pesados tales; como, el cadmio, incrementan el riesgo de toxicidad sobre la cadena alimenticia, siendo la dieta una de las principales vías de exposición a metales. El cadmio afecta diversos órganos y tejidos como son: riñón (produciendo disfunción renal tubular, proteinuria e insuficiencia renal crónica), corazón (produciendo artero esclerosis aórtica y coronaria, incremento en colesterol y ácidos grasos); huesos, testículos placenta, y sistema nervioso central y periférico. El pulmón es un órgano muy susceptible a la exposición a cadmio, la inhalación crónica subaguda, puede producir bronquitis con daño progresivo alveolar, fibrosis secundaria y enfisema (Nava y Méndez, 2011).

### **2.2.3. Efectos del Cadmio en el medio ambiente**

En lo ambiental, el cadmio es un elemento relativamente raro en la litosfera. Por afinidad química, se le encuentra junto al zinc, en proporción muy variable. Las principales fuentes de contaminación son: la minero metalurgia de metales no ferrosos, la metalurgia del hierro y acero, la fabricación de fertilizantes fosfatados, la incineración de residuos de madera, carbón o “plásticos”, la combustión de aceite y gasolina y las aplicaciones industriales de cadmio. La concentración de cadmio en aire de áreas industriales varía de 9,1 a 26,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  frente a 0,1 a 6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en el aire de

áreas rurales. El tiempo de permanencia del cadmio en suelos es de hasta 300 años y el 90% permanece sin transformarse (Ramírez, 2002).

Presentamos cuatro de las características más temidas de un tóxico como el cadmio

1. Efectos adversos para el hombre y el medio ambiente.
2. Bioacumulación.
3. Persistencia en el medio ambiente.
4. “Viaja” grandes distancias con el viento y en los cursos de agua.

#### **2.2.4. Biomarcadores de Contaminación por Cadmio en las Plantas**

Los biomarcadores ofrecen información completa y biológicamente relevante sobre el potencial impacto de los contaminantes tóxicos en la salud de los organismos. Tienen la ventaja de poner en evidencia síntomas tempranos del daño causado por el contaminante y, por tanto, pueden ser utilizados como señales de alarma ante la presencia de contaminantes químicos (Pernía et al. 2008).

Estos son:

##### **2.2.4.1. Aumento en la peroxidación lipídica**

La peroxidación lipídica implica la formación y propagación de radicales lipídicos, pérdida de O<sub>2</sub> y la eventual destrucción de las membranas, generando una variedad de productos que incluye cetonas, alcoholes, éteres y aldehídos. Uno de estos productos es el malondialdehído (MDA) generado con la ruptura de los ácidos grasos poliinsaturados, el que es utilizado para determinar el grado de peroxidación (Rodríguez et al. 2008).

Las distintas concentraciones de Cd y a distintos períodos de exposición, observando un aumento de especies reactivas del ácido tiobarbitúrico (TBAR) proporcional a las concentraciones del metal y al tiempo de exposición, tanto en raíces como en hojas, indicando que el Cd genera peroxidación lipídica y estrés oxidativo. De aquí que la medición de este parámetro puede ser utilizado como un biomarcador del estrés generado por el Cd (Pernía et al. 2008).

#### **2.2.4.2. Variación en la relación clorofila/carotenoides**

Es ampliamente aceptado que los metales pesados pueden sustituir al ión Mg en la molécula de clorofila, lo que imposibilita la captación de fotones, generando como consecuencia una disminución de la actividad fotosintética. Los carotenoides desempeñan un papel importante en el ensamblaje de los complejos captadores de luz y tienen una función indispensable, ya que protegen al aparato fotosintético del daño fotooxidativo. Indica que en condiciones de estrés oxidativo las plantas aumentan sus concentraciones de carotenoides, como una medida para contrarrestar la formación de radicales libres. La relación clorofila /carotenoide disminuye, por lo que puede ser considerada como un biomarcador del estrés generado por metales pesados. La disminución en la concentración de clorofila es atribuida al hecho de que el Cd inhibe su biosíntesis a través de las enzimas implicadas en este proceso (MINAG-Perú 2012).

#### **2.2.4.3. Aumento en la concentración de ácido jasmónico**

El ácido jasmónico fue identificado inicialmente como un inhibidor del crecimiento. Actualmente se sabe que está implicado en varios procesos fisiológicos, tales como inhibición de la germinación de las semillas y del crecimiento de las raíces, activación de la producción de inhibidores de proteasas y la síntesis de proteínas antifúngicas. Existen evidencias de que los metales pesados inducen la síntesis de proteínas similares a las expresadas en presencia de patógenos, así como la expresión de genes marcadores de la respuesta de hipersensibilidad. Una de las evidencias más resaltantes fue la obtenida por quienes observaron una disminución en el efecto de los iones de Cd en algunos parámetros de crecimiento y en la actividad del aparato fotosintético en *Arabidopsis thaliana* al aplicar inhibidores de la síntesis de ácido jasmónico. De aquí que la medición de este parámetro sería un excelente biomarcador para la detección temprana del daño generado por el Cd en las plantas y probablemente por otros metales pesados (Gaur y Adholeya 2004).

#### **2.2.4.4. Nicotianamina**

La Nicotianamina es un aminoácido no proteinogénico, reseñado en gramíneas como el precursor de la biosíntesis del ácido mugeneico, perteneciente a la familia de los fitosideróforos, que son excretados por las raíces para atrapar Fe III en el suelo. Sin embargo, las plantas no gramíneas carecen de la maquinaria para sintetizar fitosideróforos. La Nicotianamina es sintetizada por la trimerización de tres moléculas de S-adenosil metionina, cuya reacción es catalizada por la nicotianamina sintetasa. Las plantas transgénicas de *Arabidopsis* y tabaco que expresaban constitutivamente el gen de una nicotianamina sintetasa, lo cual resultó en un aumento de nicotianamina y en la tolerancia a varios metales pesados, entre los cuales se encuentra el Cd. Estas evidencias llevaron a proponer a la nicotianamina como un importante compuesto participante en la depuración de metales pesados (Huamaní et al 2012).

#### **2.2.4.5. Aumento en actividad o inhibición de enzimas antioxidantes**

Se ha reseñado que el Cd genera estrés oxidativo, el cual se caracteriza por la producción de grandes cantidades de especies reactivas de O<sub>2</sub> (ROS en inglés), consistentes en singletes de O<sub>2</sub>, anión superóxido, peróxido de hidrógeno y radical hidroxil. El Cd es capaz de aumentar seis veces el contenido de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en hojas de *Pisum sativum* tratadas con 50µM de CdCl<sub>2</sub> en comparación con plantas control (Llatance et al 2018). Las especies reactivas de O<sub>2</sub> son muy tóxicas porque pueden reaccionar con componentes celulares, generando una cascada de reacciones que culminan en la ruptura de ácidos nucleicos y proteínas, así como en degradación de pigmentos, inactivación de enzimas y peroxidación lipídica. Sin embargo, su producción es un proceso natural que ocurre en la fotosíntesis, por lo que las plantas han desarrollado un mecanismo de depuración de estos radicales, llamado sistema antioxidante. Las actividades enzimáticas pueden ser utilizadas como biomarcadores tempranos en bioensayos con plantas que se encuentran en suelos contaminados (Meter et al. 2019).

#### **2.2.4.6. Fitoquelatinas, glutatión y tioles**

Las fitoquelatinas (FQ) son polipéptidos que enlazan metales, de PM entre 10 y 14KDa, y han sido descritas en todos los organismos autótrofos. Estos péptidos actúan como agentes quelatantes, formando complejos con metales pesados en las plantas. Entre las funciones propuestas para las fitoquelatinas se encuentran la depuración de metales pesados, el mantenimiento del balance de los metales esenciales en las células y el transporte de formas reducidas del azufre asimilado. Para la síntesis de las fitoquelatinas es necesario en primer lugar, que ocurra la síntesis de cisteína necesaria para la formación de glutatión (GSH), proceso donde intervienen las enzimas  $\gamma$ -glutamyl cys sintetasa y el glutatión sintetasa. Una vez que el metal pesado entra en contacto con la enzima fitoquelatina sintetasa, ésta se activa y cataliza la conversión del glutatión a la molécula de fitoquelatina. Las fitoquelatinas pueden ser detectadas mucho antes de que se incremente la concentración de metales, por lo que pueden ser utilizadas como biomarcadores de contaminación por metales pesados (Andina 2012).

#### **2.2.5. Cacao**

El árbol de cacao es una planta perenne de la familia de las Esterculiáceas que rinde varias cosechas al año. Alcanza una altura media de 6 m y tiene hojas lustrosas de hasta 30 cm de longitud y pequeñas flores rosas que se forman en el tronco y en las ramas más viejas. Sólo una treintena de las 6000 flores que se abren durante el año llegan a formar semillas, éstas, llamadas comúnmente habas de cacao están encerradas en una mazorca o piña de color pardo rojizo de 28 cm de longitud. Las semillas de cacao, tienen un sabor amargo, son de color púrpura o blancuzco y se parecen a las almendras. La cáscara (testa) representa 10-14% del peso seco de la semilla de cacao, mientras que el núcleo o cotiledón se compone de la mayor parte del restante 86-90%. El cotiledón confiere sabores y aromas característicos de chocolate. Los factores climáticos críticos para el desarrollo del cacao son la temperatura, la lluvia, el viento y la luz o radiación solar, es una planta que se desarrolla bajo sombra. El cacao requiere suelos muy ricos en materia orgánica, profundos, francos arcillosos, con buen drenaje y topografía regular. Las plantaciones están localizadas en suelos que van desde arcillas pesadas

erosionadas hasta arenas volcánicas recién formadas y limos, con pH que oscilan entre 4 y 7 (Morales et al. 2006).

#### **2.2.5.1. Especificaciones técnicas**

**Nombre común:** Cacao.

**Nombre científico:** *Theobroma cacao L.*

**Familia:** Sterculiáceas.

**Origen:** Amazonía.

**Fuente:** Cerrón 2012.

#### **2.2.5.2. Principales grupos genéricos**

- i. Criollo
- ii. Forastero del Alto Amazonas o Amazonas
- iii. Forastero del Bajo Amazonas o Guyanas,
- iv. Nacional (peruano)
- v. Cultivares Trinitario (cruce entre Forastero y Criollo).

Período vegetativo: Arbusto perenne, comienza a producir a los 6 a 7 años. Hay especies mejoradas en algunos países que lo hacen desde los 2 años (Cerrón, 2012).

#### **2.2.5.3. Propiedades y usos**

Las semillas se tuestan y muelen para obtener la cocoa y el chocolate, que se utiliza en la fabricación de dulces, confituras, helados y bebidas. Las semillas, hojas y raíces contienen los alcaloides teobromina y cafeína que tienen propiedades diuréticas y vaso dilatadoras. La manteca de cacao se emplea además en las industrias cosmética y farmacéutica. (INIA 2019).

#### **2.2.5.4. Usos**

- Aromatizante (semilla). La semilla encierra un aceite esencial que le da un sabor aromático particular.

- Comestible (semilla). Las semillas se muelen y tuestan para obtener la cocoa y el chocolate, sustancias apreciadas en la fabricación de dulces, confituras, helados y bebidas.
- Cosmético/Higiene (semilla). La manteca de cacao se usa para elaborar cosméticos, perfumería. Las semillas contienen hasta 50% de aceite. El aceite esencial contiene 50 % de linalol, un ácido alifático y algunos ésteres.
- Estimulante (semilla). El contenido de alcaloides tales como teobromina (1.5 a 3%) y cafeína, le confiere propiedades estimulantes.
- Medicinal (semilla, hoja, raíz, corteza). Las semillas, hojas y raíces contienen los alcaloides teobromina y cafeína que tiene propiedades diuréticas y vasodilatadoras (Conabio 2018).

-

#### **2.2.4.5. Requerimientos para su habita del cacao**

##### **2.2.4.5.1. Clima y altitud**

Los factores climáticos contribuyen a la producción del cultivo por tal motivo las condiciones térmicas y humedad deben ser adecuadas para las plantas ya que su ciclo de vida es muy largo, el tiempo de floración y brotamiento. Por lo tanto, el cacao es de estancias húmedas y son cultivadas en ambientes de latitud 15° N y 15° S del ecuador en pocas situaciones son localizadas en una latitud subtropicales de 23° y 25°S (DRAU 2020).

El cacao es una planta que se desarrolla mejor en las zonas tropicales donde se siembra desde el nivel del mar hasta los 800 metros de altitud. Sin embargo, en latitudes cercanas al ecuador los cultivos son desarrollados normalmente en otras altitudes mayores que van desde 1.000 a 1.400 msnm (Paredes 2003).

#### **2.2.4.5.2. Suelos**

Para el desarrollo y producción del cultivo de cacao no solo se necesitan condiciones químicas y físicas que se encuentren en una profundidad de 30 cm de la superficie donde están la mayor cantidad de raíces que se encargan de tomar la mayor parte de nutrientes y agua. Además, las condiciones físicas y químicas que están dentro del horizonte e inferior y son las que fijan la planta y se desarrollan su raíz principal sin introversiones de tal forma que estas raíces pueden alcanzar una profundidad de 1.5 metros de profundidad. Por lo tanto, la planta conserva la cantidad de agua que ella requiere. La profundidad del suelo es la que permite almacenar la cantidad de agua y esta pueda ser absorbida cuando la planta la requiera (INIA 2019).

#### **2.2.4.5.3. Ph del suelo**

El pH del suelo es una de las características más importantes ya que este es un factor que determina la velocidad de descomposición de la materia orgánica, así como la disponibilidad de los elementos nutritivos. Los suelos cuya acidez o pH se encuentra entre los 6,0 a 7,0 son los más óptimos para el cacao, pero también se puede adaptar a rangos extremos muy ácidos hasta los muy alcalinos (4,5 – 8,5) aunque su rendimiento es deficiente, por ejemplo cuando hay texturas arcillosas, el agua se mueve muy lento provocando un aumento en la humedad y causando la aparición de enfermedades en los frutos del cacao, por eso la importancia de un adecuado manejo del agua en lugares donde las precipitaciones son intensas. (Mejía et al. 2017).

#### **2.2.4.5.4. Cadena de valor del Cacao en el Perú**

El cacao, como insumo para producir chocolate es apreciado al nivel mundial por su sabor y sus beneficios nutritivos. Esta importancia lo convierte en un producto de demanda significativa, que debido a sus diversas presentaciones es accesible a todo tipo de público. La comercialización del cacao es influida por la demanda de productores de chocolate que se ubican en Europa –los más

importantes— a pesar de que este fruto es de origen americano. La demanda del producto lleva a que su cultivo se expanda en tres continentes: África, Asia y América (INIA 2019). La potencialidad es expectante, al integrarse a la cadena de consumo países emergentes como China e India. En Perú se produce de una manera ordenada y competitiva desde inicios del siglo XXI. Tal situación permite una mejor articulación económica entre los productores y el mismo mercado local, influyendo en su integración al mercado global que cada día requiere productos elaborados con cacao especiales más sofisticados. Es un mercado dispuesto a pagar mejores precios, con respecto a los que se cotizan en las bolsas de valores más importantes, como la de Nueva York y Londres (Cerrón 2012). El crecimiento de la producción del cacao se ha convertido en algunas localidades de Perú en una importante fuente de ingresos de los productores, mejorando así el producto interno bruto (PIB) de la región. Este esfuerzo permite que estos se integren, directa o indirectamente, al mercado internacional. Esta situación de rápido crecimiento, considerando que la mayoría de productores son pequeños, asume en su interior la cuestión de la sostenibilidad económica. Los territorios de clima tropical, desde San Martín hasta Puno, son ideales para el cultivo de cacao. Para 2014, el Perú produce más de 30 mil toneladas de cacao. Sin embargo, su potencial de producción y demanda es expectante, motivo por el cual el cultivo debe ser sostenible en el tiempo y ahí debe concentrarse el esfuerzo, el sistema de producción, cuando se trata de la economía sostenible del cacao, se refiere a que la cadena de producción tenga permanencia en el tiempo, de manera que tanto vendedores como compradores, incluyendo los prestadores de servicios, puedan satisfacer sus necesidades o expectativas sin tener un perjuicio entre ellos (Barrientos 2015).

#### **2.2.4.5.5. Impacto en el comercio internacional por la presencia del cadmio en el cacao**

La demanda mundial de cacao se ha incrementado de manera importante en los últimos diez años, registrando un crecimiento de 29% en todo ese período, incluso en cuatro de los diez años superó a la oferta, generando un déficit que tuvo que ser cubierto con

inventarios de años previos. Solo en tres de los diez años la demanda se redujo y en los restantes siete años la variación ha sido positiva (Paredes 2003). El impacto negativo específicamente para el cacao y sus derivados en el comercio internacional la dio la Comisión Europea, tomando como punto de referencia al chocolate y el cacao en polvo que se venden al consumidor final, que 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. En el cual incluye para niveles máximos de cadmio permitido, otros alimentos que no habían sido tenidos en cuenta en el documento del año 2006. Entre ellos están la cocoa y los derivados del chocolate que se presentan a continuación: chocolate de leche con sólidos de cacao inferiores a 30 % 0,1 mg/kg, chocolate con sólidos de cacao inferiores al 50% y chocolates con leche con sólidos de cacao superiores o iguales al 30%, 0,3 mg/kg. Chocolates con sólidos de cacao superiores o iguales al 50 %, 0,8 mg/kg; cocoa en polvo 0,6 mg/kg. La Unión Europea notifica que esta adición al Reglamento 1881 de 2006 comienza a ser obligatoria a partir de enero de 2019 (Unión Europea 2014).

#### **2.2.4.5.6. Dimensiones de productividad por regiones amazónicas en el Perú**

De acuerdo a Paredes (2003) y Andina (2012), la producción de caco en nuestro país, se localiza en las siguientes regiones.

##### **a) Región San Martín**

San Martín es una región del Perú ubicada en el norte del país, en la zona amazónica, su limitación territorial es al este con Ucayali, por el norte con Amazonas y Loreto por el oeste con Loreto y por el sur con Huánuco. Cuenta con una expansión territorial de 51,253km<sup>2</sup> de las cuales 43 mil ha, han sido destinadas para el cultivo de cacao. Cuenta con clima cálido y húmedo que permite el desarrollo de la abundante vegetación. Esta región es materia de estudio en esta

investigación debido a que es una de las regiones donde existe una mayor producción de cacao.

#### **b) Región Cuzco**

Cusco es la segunda región con mayor producción de cacao en el Perú su limitación territorial es al norte con Ucayali, al sur con Arequipa, al este con Madre de Dios y Puno al oeste con Apurímac y Ayacucho. Su expansión territorial es 71987 km<sup>2</sup> de las cuales 25 mil ha. Están destinadas al cultivo de cacao. Su ubicación geográfica abarca zonas andinas y amazónicas, también cuenta con los ríos más importantes como los ríos Urubamba, Vilcanota y el Apurímac, su gran diversidad de climas le permiten tener una gran diversidad de cultivos como lo es el cacao.

#### **c) Región Junín**

Junín es la tercera región con mayor producción de cacao, su privilegiada posición central le permite tener mayor tránsito no solo de productos sino también de personas lo que la hace más comercial y tener mayor crecimiento económico. Su limitación geográfica es al norte con Pasco al sur con Ayacucho y Huancavelica al oeste con Lima y al este con Cusco, cuenta con una superficie de 44197 km<sup>2</sup> de las cuales 30 mil ha. Están destinadas al cultivo de cacao.

#### **d) Región Ucayali**

Ucayali es también una región que se encuentra en la selva central del Perú sus limitaciones geográficas es al norte con Loreto al este con Brasil al sur con Madre de Dios y Cusco al oeste con Junín y al oeste con Pasco y Huánuco cuenta con una superficie geográfica de 102,4 mil km<sup>2</sup>, es la segunda región más extensa del país. Se destina 1.25 mil ha., al cultivo de cacao.

#### **e) Región Huánuco**

Huánuco región se caracteriza por tener un excelente clima, estar ubicada en la zona central del Perú, cuenta con una variada

geografía, también con una gran riqueza natural, destacando su capacidad hídrica y forestal. Su limitación geográfica es al norte con La Libertad y San Martín, al sur con Pasco al este con Ucayali y al oeste con Lima. Cuenta con una superficie geográfica de 36850 km<sup>2</sup> y se destina 35 mil ha al cultivo de cacao.

### 2.3. Definición de términos básicos

- **Suelo.** El suelo es la capa superficial de la tierra y constituye el medio en el cual crecen las plantas, es capaz de aportar los nutrientes fundamentales para el crecimiento de los vegetales y almacenar agua de lluvias cediéndola a las plantas a medida que la necesitan (INIA 2015).
- **Fertilidad de los Suelos.** Es la capacidad que tiene el suelo de sostener el crecimiento de especies vegetales, que depende principalmente de su contenido en materia orgánica, de su textura y material parental. A mayor contenido de materia orgánica más fértil es el suelo, ya que es a partir de ella que los microorganismos que viven en el suelo liberan elementos nutritivos para las plantas (INIA 2019).
- **pH.** El pH es una medida que indica la acidez o la alcalinidad del agua. Se define como la concentración de iones de hidrógeno en el agua. La escala del pH es logarítmica con valores de 0 a 14. (Folleto 3.1.4.0 2014 y Wikipedia 2014).
- 
- **Biomarcadores de Contaminación.** Los biomarcadores, especialmente fisiológicos y no específicos, han sido utilizados ampliamente en el laboratorio para documentar y cuantificar tanto la exposición como los efectos de los contaminantes ambientales sobre los organismos. (Toro, 2011).
- **Estándares de Calidad Ambiental (ECA).** Establecidos por el Ministerio del ambiente (MINAM), fijan los valores máximos permitidos de contaminantes en el ambiente. El propósito es garantizar la conservación de la calidad ambiental mediante el uso de instrumentos de gestión ambiental sofisticados y de evaluación detallada. (El Peruano 2013).

### III. MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación y descripción del área de estudio

La presente investigación se realizó en una parcela de cacao en producción de seis años de la variedad CCN 51, ubicado en la localidad de Puerto Sungaro (Caserío Galicia, Fundo Buenos Frutos), sembrío de cacao perteneciente al Sr. Yuri Wagner Tolentino Raymundo, Distrito de Puerto Inca, Provincia de Puerto Inca, Región Huánuco. Las coordenadas UTM de la localidad de Puerto Sungaro son: E (499003), N (89775165), altitud de 209.5 msnm con una temperatura promedio mensual de 28 °C y una precipitación promedio mensual de 138 mm (SENAMHI 2021).



Figura 1: Ubicación geográfica del estudio: Google Earth 2022.

#### 3.2. Identificación y descripción del material experimental

El material experimental estuvo conformado por el suelo donde están sembrados las plantas de cacao y granos de los frutos de una parcela de Theobroma cacao L, los cuales se describen a continuación:

- Plantas de Theobroma cacao (cacao) de la variedad CCN 51

Las plantas que se utilizó en la presente investigación son plantas productoras de la variedad CCN51, procedente del Fundo Buenos Frutos, instaladas en el caserío Galicia de Puerto Sungaro, las plantas seleccionadas tenían 6, 7, 8 y 9 años en

producción. Se tuvo 12 unidades experimentales, cada unidad experimental tenía 16 plantas en un distanciamiento de 3 m x 3 m. Sea requerido de 192 plantas de cacao.

- **Presencia de Cadmio en el suelo**

El suelo contaminado con cadmio (Cd) se recolectó de las parcelas de producción ubicadas en el centro experimental del caserío de Galicia, haciéndose un muestreo al equivalente de 5 kilos de suelo por parcela, para obtener 1 kilo mezclado y preparado para el análisis que sustenta la contaminación de cadmio. Las muestras fueron llevadas de la estación experimental al laboratorio del INIA de Pucallpa para el análisis respectivo.

- **Presencia de Cadmio en los granos de frutos de cacao**

Se seleccionó en cada parcela una planta con fruto maduro, obteniéndose un total de 16 frutos para la extracción de las semillas, una vez extraídas los mucilagos de los granos se preparó y llevados al laboratorio del INIA de la ciudad de Pucallpa para el análisis de contaminación por cadmio.

### **3.3. Procedimiento**

#### **3.3.1. Etapa de demarcación de las parcelas**

Las parcelas con plantas de cacao fueron de la variedad CCN51, de diferentes edades.

Se midió un área de 36 m de largo x 27 m de ancho, equivalente a 972 m<sup>2</sup>, en donde estaban sembrados las plantas de cacao, se hizo la señalización de las parcelas con etiquetas de identificación.

Cada parcela tenía un área de 9 m x 9 m = 81 m<sup>2</sup> con 12 plantas, la señalización de las parcelas se hizo por años de la planta: T1 (Testigo, 6 años), T2 (7 años), T3 (8 años), T4 (9 años).

#### **3.3.2. Plantas de cacao clon CCN 51**

Se seleccionó 3 plantas por unidad experimental siendo los tratamientos por años de producción.

Cada tratamiento tuvo 3 unidades experimentales equivalente a 12 plantas.

Se seleccionaron 3 plantas productivas de 6 años del testigo (T1), 3 plantas de 7 años del (T2), 3 plantas de 8 años del T3 y 3 plantas de 9 años del (T4).

### **3.3.3. Contaminación del suelo por cadmio**

De cada parcela se obtuvo 5 muestras de suelo, para luego mezclarlos y tener una muestra equivalente a 1 kilo.

Se envió al laboratorio para el análisis una muestra de suelo por unidad experimental.

Se realizó el análisis del suelo mediante la prueba de espectrometría de absorción atómica para los cálculos del contenido de cadmio en cada tratamiento.

### **3.3.4. Contaminación de los granos de cacao por cadmio**

De cada planta por parcela se obtuvo 1 fruto maduro, para luego extraer las semillas y preparados fueron llevados al laboratorio para analizar el contenido de cadmio en los granos del fruto.

De cada unidad experimental se seleccionó 1 kilo de semilla para el análisis respectivo sobre el contenido de cadmio.

Se realizó el análisis de los granos de cacao mediante la prueba de espectrometría de absorción atómica para los cálculos del contenido de cadmio en los granos del fruto de cada tratamiento.

### **3.3.5. Evaluación de las variables del estudio**

#### **3.3.5.1. Contenido de cadmio en el suelo**

La evaluación del contenido de cadmio en el suelo se hizo cuando las parcelas están con frutos maduros.

El contenido de cadmio se realizó en base a 1 kilo de suelo por unidad experimental.

Se analizó en el laboratorio 3 muestras, una por repetición en cada unidad experimental.

#### **3.3.5.2. Contenido de cadmio en granos de cacao**

La evaluación del contenido de cadmio en los granos de cacao se hizo cuando los plantones de las parcelas tienen frutos maduros.

El contenido de cadmio se realizó en base a 1 kilo de semilla por unidad experimental.

Se analizó en el laboratorio 3 muestras, una por repetición en cada unidad experimental.

### 3.4. Variables

| VARIABLES                                        | DEFINICION                                                                                                                                                                                                                                | DIMENSION                  | INDICADOR<br>ES                                                  | UNIDAD DE<br>MEDICION                        | INSTRUMENTOS<br>DE<br>MEDICION                              |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| <b>INDEPENDIENTE</b>                             |                                                                                                                                                                                                                                           |                            |                                                                  |                                              |                                                             |
| HECTAREAS<br>DE<br>PLANTACIO-<br>NES DE<br>CACAO | El cacao ha<br>tenido un<br>crecimiento<br>significativo en<br>los últimos años<br>en el Perú<br>(Andina 2012).                                                                                                                           | Plantaciones<br>por edades | T1(Testigo<br>): 6 años.<br>T2: 7 años<br>T3: 8años<br>T4: 9años | mg/kg-1<br><br>mg/kg-1<br>mg/kg-1<br>mg/kg-1 | - Prueba<br>de<br>espectrometría<br>(absorción<br>atómica). |
| <b>DEPENDIENTE</b>                               |                                                                                                                                                                                                                                           |                            |                                                                  |                                              |                                                             |
| <b>CONCENTRACION DE CADMIO</b>                   |                                                                                                                                                                                                                                           |                            |                                                                  |                                              |                                                             |
| SUELO                                            | Capa superficial<br>de la tierra y<br>constituye el<br>medio en el cual<br>crecen las<br>plantas, es capaz<br>de aportar los<br>nutrientes funda-<br>mentales para el<br>crecimiento de los<br>vegetales y<br>almace-<br>nar (INIA 2015). | Concentración<br>de cadmio | N1=1.68<br>N2=1.58<br>N3= 1.57<br>N4=1.55                        | mg/kg-1<br>mg/kg-1<br>mg/kg-1<br>mg/kg-1     | - Prueba<br>de espectrometría<br>(absorción<br>atómica).    |
| GRANO                                            | Son semillas<br>tienen un sabor<br>amargo, son de<br>color púrpura o<br>blancuzco y se<br>parecen a las<br>almendras<br>(Morales et<br>al.2006).                                                                                          | Concentración<br>de cadmio | N1=0.72<br>N2=0.30<br>N3=0.10<br>N4=0.10                         | mg/kg-1<br>mg/kg-1<br>mg/kg-1<br>mg/kg-1     | - Prueba<br>de espectrometría<br>(absorción<br>atómica).    |

**Cuadro 1. Operacionalización de variables**

### 3.5. Población y muestra

#### 3.5.1. Población

La población estuvo conformada por una planta de *Theobroma cacao* (cacao) utilizando para la producción de granos en la industria en el Distrito de Puerto Inca (Romero 2017).

#### 3.5.2. Muestra

Se tomó una muestra representativa de 3 plantas por tratamiento teniendo un total de 12 plantas unidades experimentales.

### 3.6. Tratamientos

El estudio comprendió los siguientes tratamientos:

T1= Testigo (plantas en producción del clon CCN51 de 6 años) x 3 repeticiones

T2= Plantas en producción del clon CCN51 de 7 años x 3 repeticiones

T3= Plantas en producción del clon CCN51 de 8 años x 3 repeticiones

T4= Plantas en producción del clon CCN51 de 9 años x 3 repeticiones

**Cuadro 2. Aleatorización aplicados en los tratamientos**

| Aleatorización de tratamientos |                               |                               |                               |                               |
|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Tratamientos                   |                               |                               |                               |                               |
| Repeticiones                   | T <sub>1</sub>                | T <sub>2</sub>                | T <sub>3</sub>                | T <sub>4</sub>                |
|                                | T <sub>1</sub> R <sub>2</sub> | T <sub>2</sub> R <sub>1</sub> | T <sub>3</sub> R <sub>3</sub> | T <sub>4</sub> R <sub>1</sub> |
|                                | T <sub>1</sub> R <sub>1</sub> | T <sub>2</sub> R <sub>3</sub> | T <sub>3</sub> R <sub>2</sub> | T <sub>4</sub> R <sub>2</sub> |
|                                | T <sub>1</sub> R <sub>3</sub> | T <sub>2</sub> R <sub>2</sub> | T <sub>3</sub> R <sub>1</sub> | T <sub>4</sub> R <sub>3</sub> |

Fuente: Elaboración propia.

### 3.7. Recolección de los datos

#### 3.7.1. Fuente de información

##### Fuente primaria:

La fuente primaria de nuestro estudio en el campo fue la obtención de las muestras del suelo y granos de frutos maduros de cacao, para ser analizados en el laboratorio y evaluar el contenido y cadmio presente.

### **3.7.2. Unidad experimental y unidad de medición**

#### **3.7.2.1. Unidad experimental**

La unidad experimental para esta investigación fue una planta de Theobroma cacao (cacao) proveniente del clon CCN51 en edad productiva del caserío Galicia del Distrito de Puerto Inca.

#### **3.7.2.2. Unidad de medida**

La unidad de medida fue el concentrado de cadmio mg/kg-1 tanto en el suelo como en los granos por planta de cacao.

### **3.7.3. Tipo de muestreo**

El tipo de muestra utilizado, fue el muestreo aleatorio simple porque cada individuo tuvo la misma probabilidad de ser seleccionado como muestra y además porque todas las muestras estadísticas a formar fueron seleccionadas por el mismo investigador (Hernández 2014, Carmona 2013, Toledo 2015, Carrillo 2015).

### **3.8. Procesamiento de los datos**

La contrastación de datos fue mediante la prueba del ANOVA - Tukey, a un nivel de significancia de 0,05 (95% de probabilidad), con la aplicación del ANOVA encontramos diferencias significativas entre los tratamientos, al comprobarse la diferencia significativa estaremos empleamos la prueba de Tukey, el cual nos permitió determinar que tratamiento tuvo mayor contenido de cadmio tanto en el suelo como en granos de frutos de cacao. Los datos obtenidos fueron analizados mediante el software estadístico SPSS versión 25 (Hernández 2014, Carmona 2013, Toledo 2015, Carrillo 2015).

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

En este apartado se muestra los análisis de laboratorio de la concentración de Cadmio de las muestras obtenidas referente al suelo y los frutos de una plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.) ubicado en la zona Puerto Sungaro – Huánuco; siendo los resultados proporcionados por laboratorios de INIA, ubicado en la ciudad de Pucallpa de acuerdo a mis objetivos de investigación.

##### 4.1. Nivel de concentración de Cadmio en el Suelo.

**Cuadro 3: Estadísticos descriptivos del nivel de Cadmio en suelo en los distintos tratamientos**

| TRATAMIENTO               | N | Mínimo | Máximo | Media | Desv. Estándar |
|---------------------------|---|--------|--------|-------|----------------|
| T1: Testigo               | 3 | 1.62   | 1.66   | 1.64  | 0.02           |
| T2: Clon CCN 51 de 7 años | 3 | 1.52   | 1.60   | 1.57  | 0.04           |
| T3: Clon CCN 51 de 8 años | 3 | 1.56   | 1.59   | 1.58  | 0.02           |
| T4: Clon CCN 51 de 9 años | 3 | 1.52   | 1.57   | 1.55  | 0.03           |

*Fuente:* Propia de la Investigación

El Cuadro 3, nos muestra los datos descriptivos del nivel de cadmio en suelo de los diferentes tratamientos, siendo el tratamiento 1 (Testigo) el que obtuvo mayor nivel de cadmio con 1.64 mg/kg con una desviación estándar del 0.02, el tratamiento 2 (Clon CCN 51 de 7 años) presenta un resultado promedio de 1.57 mg/kg, con una variabilidad 0.04, el tratamiento 3 (Clon CCN 51 de 8 años) tuvo 1.58 mg/kg de cadmio con una variabilidad de 0.02 y el tratamiento 4 fue el que obtuvo menor nivel de cadmio con 1.55 mg/kg. Ver figura 2. Conociendo que ppm = mg/kg. Estos resultados del laboratorio, dan al suelo de un cultivo de cacao, muestras de concentración de cadmio disponible mayores a lo exigido por el ECA; comparando lo que presenta Chávez (2020), quien concluye que para suelos agrícolas no debe sobrepasar el ECA (1.4 ppm), aunque demuestran la presencia de cadmio en el suelo del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.).

De igual manera los resultados encontrados por Furcal y Torres (2020), indica que la presencia de cadmio en las partes raíz y hoja del árbol de cacao, se origina porque las plantas captan nutrientes de los suelos con los contenidos de este metal pesado.

Por otra parte, López et al. (2018), presentaron valores promedios en el suelo por debajo de los 3 ppm, considerados como límites permisibles.

Arévalo et al. (2016); en su análisis en los suelos de plantaciones de cacao, sobre el contenido de metales pesados (Cadmio), en las zonas norte del Perú los valores de cobre y cadmio fueron mayores.

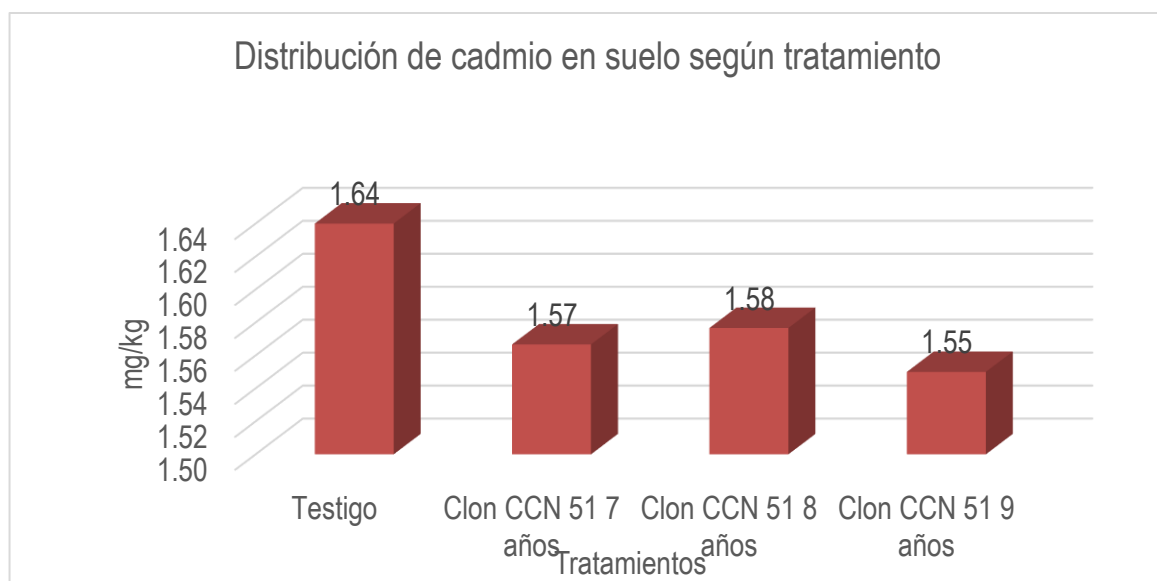


**Figura 2: Nivel de cadmio en suelo según tratamiento**

Fuente: Propia de la Investigación

### Prueba de Normalidad

Se aplicó la prueba de normalidad Shapiro Wilk para el nivel de cadmio en suelo, ya que la muestra es menor a 30 datos, los mismos que se cumplen con este supuesto a un nivel de significancia del 5%. Ver Cuadro 4.

**Cuadro 4: Pruebas de normalidad para el nivel de Cadmio en Suelo**

| TRATAMIENTO        | Shapiro-Wilk |    |       |
|--------------------|--------------|----|-------|
|                    | Estadístico  | gl | Sig.  |
| Testigo            | 1.000        | 3  | 1.000 |
| Clon CCN 51 7 años | 0.923        | 3  | 0.463 |
| Clon CCN 51 8 años | 0.964        | 3  | 0.637 |
| Clon CCN 51 9 años | 0.893        | 3  | 0.363 |

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Propia de la Investigación

La prueba ANOVA para el nivel de cadmio en suelo, evidencia que existen diferencias significativas entre los tratamientos a un nivel de significancia del 5%. Ver Cuadro 5.

**Cuadro 5: Prueba ANOVA para el nivel de Cadmio en Suelo**

|                  | Suma de<br>cuadrados | gl | Media<br>cuadrática | F     | Sig.  |
|------------------|----------------------|----|---------------------|-------|-------|
| Entre grupos     | 0.014                | 3  | 0.005               | 6.058 | 0.019 |
| Dentro de grupos | 0.006                | 8  | 0.001               |       |       |
| Total            | 0.020                | 11 |                     |       |       |

Fuente: Propia de la Investigación

Al presentar diferencias significativas entre los tratamientos se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey (Cuadro 6), donde se observamos que el tratamiento 1 es diferente a los demás tratamientos, asimismo los tratamientos 2, 3 y 4 se encuentran en el mismo grupo no observamos diferencias significativa entre ellas.

**Cuadro 6: Prueba Tukey para el nivel de Cadmio en Suelo**

| TRATAMIENTO            | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |      |
|------------------------|---|------------------------------|------|
|                        |   | 1                            | 2    |
| T4: Clon CCN 51 9 años | 3 | 1.55                         |      |
| T2: Clon CCN 51 7 años | 3 | 1.57                         |      |
| T3: Clon CCN 51 8 años | 3 | 1.58                         | 1.58 |
| T1: Testigo            | 3 |                              | 1.64 |
| Sig.                   |   | 0.66                         | 0.09 |

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Fuente: Propia de la Investigación.

Donde se muestra el cuadro número 6 que los tratamientos T4=1.55, T2= 1.57 y T3= 1.58 estadísticamente homogéneos. Sin embargo, los tratamientos T4= 1.55 y T2= 1.57 son estadísticamente mejores que el tratamiento T1 (testigo)= 1.64.

Asimismo, se muestra que los tratamientos T3= 1.58 y T1=1.64 estadísticamente son homogéneas.

#### 4.2. Nivel de concentración de Cadmio en el grano

**Cuadro 7: Estadísticos descriptivos del nivel de Cadmio en grano por tratamiento (mg/kg)**

| TRATAMIENTO            | N | Mínimo | Máximo | Media | Desv.<br>Estándar |
|------------------------|---|--------|--------|-------|-------------------|
| T1: Testigo            | 3 | 0.72   | 0.75   | 0.74  | 0.02              |
| T2: Clon CCN 51 7 años | 3 | 0.30   | 0.75   | 0.53  | 0.23              |
| T3: Clon CCN 51 8 años | 3 | 0.10   | 0.75   | 0.42  | 0.33              |
| T4: Clon CCN 51 9 años | 3 | 0.10   | 0.75   | 0.38  | 0.33              |

Fuente: Propia de la Investigación

Estos resultados de las muestras recolectadas en campo de los granos de cacao, cuyos promedio de dimensión fue de 2 a 3 cm., con un peso aproximado de 3 gr., fueron analizados para determinar la concentración de Cadmio, obteniendo los resultados siguiente promedios: El tratamiento 1 (testigo) fue el que obtuvo mayor nivel de cadmio en grano con un promedio de 0.74 mg/kg con una variabilidad de 0.02, el tratamiento 2 (Clon CCN 51 7 años) tuvo una media de 0.53 mg/kg, con una variabilidad de 0.23; el tratamiento 3 (Clon CCN 51 8 años) tuvo una media de 0.42 mg/kg, con una variabilidad de 0.33; mientras que el tratamiento 4 (Clon CCN 51 9 años) obtuvo el menor nivel con 0.38 mg/kg con una variabilidad de 0.33.

Ver Cuadro 7. Comparando los resultados tenemos a Florida et al. (2018), el contenido de cadmio en las almendras de cacao arrojó 0.98  $\mu\text{g g}^{-1}$ , resultado por encima del nivel máximo permitido por la Unión Europea; es decir superiores a los resultados encontrados en la presente investigación.

Sin embargo, Del Aguila (2017), encontró en los granos frescos de cacao en Pucallpa niveles de cadmio (0,08 mg/Kg) y en secos (0,11 mg/Kg), por debajo de los permisibles. Condezo y Huaraca (2018), muestra concentraciones promedio de cadmio (0,11 $\mu\text{g/g}$ ), demostrando que más del 60% de las muestras son admisibles para el consumo humano.

Por su parte, Zambrano (2018), tiene resultados de contenido de cadmio en granos de cacao (*Teobroma cacao* L.), niveles máximos de 0,28 mg/Kg, para las dos variedades CCN51.

Para Pardo (2016) la presencia de cadmio, en granos de cacao, afecta a la población más vulnerable, los niños, debido a que siempre se encuentra fruta y derivados, con contenido de estos metales en cantidades no aceptables aún sin hacer uso durante el manejo de agroquímicos.

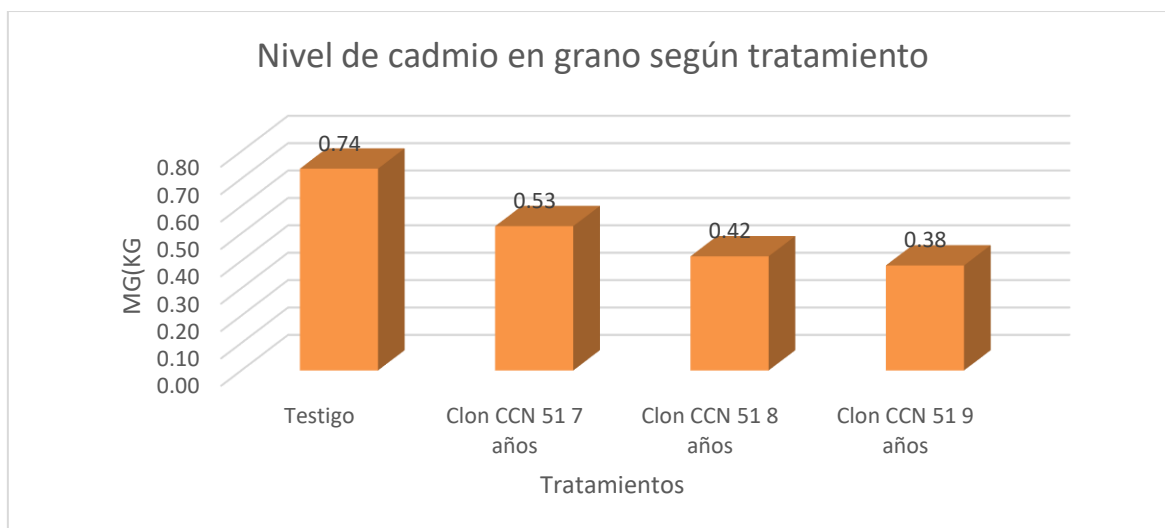


**Figura 3: Nivel de cadmio en grano según tratamiento**

Fuente: Propia de la Investigación

En esta figura se determina que el testigo tiene mayor nivel de cadmio, teniendo un valor de 0.74mg/kg que los demás tratamientos así como el T2 (7 años)= 0.34, T3 (8 años)= 0.42 y teniendo como resultado final de T4 (9 años)= 0.38, siendo esto el menor nivel de absorción de cadmio que los demás tratamientos.

El nivel de cadmio en grano cumple con el supuesto de normalidad a un nivel de significancia del 5 %. Se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro Wilk porque la muestra es menor a 30 datos. Ver tabla 8.

**Cuadro 8: Pruebas de normalidad del nivel de cadmio en grano**

| TRATAMIENTO        | Shapiro-Wilk |    |       |
|--------------------|--------------|----|-------|
|                    | Estadístico  | Gl | Sig.  |
| Testigo            | 0.964        | 3  | 0.637 |
| Clon CCN 51 7 años | 1.000        | 3  | 0.975 |
| Clon CCN 51 8 años | 0.998        | 3  | 0.915 |
| Clon CCN 51 9 años | 0.953        | 3  | 0.583 |

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Propia de la Investigación

El Cuadro 9 mostramos la prueba de normalidad del nivel de cadmio en grano, donde se evidencia que no existen diferencias significativas entre los tratamientos a un nivel de significancia del 5% entre grupos y dentro del grupo.

**Cuadro 9: Prueba ANOVA del nivel de Cadmio en grano**

|                  | Suma de<br>cuadrados | gl | Media<br>cuadrática | F     | Sig.  |
|------------------|----------------------|----|---------------------|-------|-------|
| Entre grupos     | 0.229                | 3  | 0.076               | 1.140 | 0.390 |
| Dentro de grupos | 0.535                | 8  | 0.067               |       |       |
| Total            | 0.764                | 11 |                     |       |       |

Fuente: Propia de la Investigación

Encontramos en la investigación que la significancia de la prueba de ANOVA de cadmio es 0.390.

## **V. CONCLUSIONES**

Por los resultados presentados en el análisis de los suelos y granos de cacao (*Theobroma cacao* L.), en la zona de Puerto Sungaro – Huánuco, llego a las siguientes conclusiones:

- La concentración de cadmio en el suelo de una plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Puerto Sungaro - Huánuco, sobrepasan el ECA, respectivo para suelos agrícolas que es de (1.4 ppm); mientras que nuestros resultados tuvieron un promedio de 1.64, 1.57, 1.58 y 1.55 mg/kg. Según los respectivos tratamientos.
- La concentración de Cadmio en frutos de una plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Puerto Sungaro - Huánuco, no sobrepasa el límite permisible respectivo; establecido por la OMS y UE; que es de 0.80 mg/kg; para granos de cacao; mientras que nuestros resultados tuvieron un promedio de 0.74, 0.53, 0.42 y 0.38 mg/kg., cantidades menores a lo impuesto.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Dar importancia al análisis del contenido de cadmio de este producto agrícola, tanto a nivel suelo y granos; porque es consumido a nivel nacional e internacional por un gran número de personas, preferentemente como chocolate y derivados por los niños.
- Realizar estudios tomando mayor cantidad de muestras para poder obtener datos y resultados más precisos y exactos, en todas las áreas agrícolas dedicados a la producción de cacao, para tener mayor competitividad comercial.
- Realizar capacitaciones dirigidas a los productores de cacao, enfatizando sobre el impacto del uso de plaguicidas y la siembra en suelos mejorados, libres de metales pesados como el cadmio.
- Enfatizar que la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía – UNIA, crea laboratorios referenciales para análisis de muestras de suelos, granos y foliar del cacao, por ser una actividad agrícola de mucha incidencia en el ámbito nacional.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- Andina (Agencia Peruana de Noticias). (2019). Cultivo de cacao en región Ucayali asciende a más de 20,000 hectáreas. Disponible: <https://andina.pe/agencia/noticia-cultivo-cacaoregion-ucayali-asciende-a-mas-20000-hectareas-609323.aspx>
- Arévalo-Gardini, E., Obando-Cerpa, M. E., Zúñiga-Cernades, L. B., Arévalo- Hernández, C. O., Baligar, V., & He, Z. (2016). Metales pesados en suelos de plantaciones de Cacao (*Theobroma cacao* L.) en tres regiones del Perú. *Ecología Aplicada*, 15(2), 81. <https://doi.org/10.21704/rea.v15i2.747>
- Barrientos, P. (2015). Cadena de valor del Cacao en el Perú y su oportunidad en el mercado mundial. *Semestre Económico-Medellin-Colombia*, 18(37), 129–156. <http://udem.scimago.es/index.php/economico/article/view/1505/1587>
- Cerrón. G.G. (2012). Manejo del cultivo de cacao. Satipo, Perú. <https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/010-fcacao CULTIVOS .pdf>
- Chávez S. Y. R. (2020). Universidad De Huánuco [Huánuco. Perú]. In Facultad de ingeniería - ingeniería Ambiental (Vol. 1) [http://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/2517/Chavez\\_Sudario%2CYunior\\_Ruben.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/2517/Chavez_Sudario%2CYunior_Ruben.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Conabio (2018). *Theobroma cacao*. Conabio, 5(1753), 1–414. <https://doi.org/10.1201/9781351072571>
- Condezo Nuñez, S., & Huaraca Mezones, C. V. (2018). Cuantificación de plomo, cadmio y arsénico en granos de cacao *Theobroma cacao* L. t café *Coffea* L. de la zona de Jaen Cajamarca durante el periodo febrero - julio 2018. 88. [http://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1769/TITULO-RomeroMendoza%2CCarlos\\_Alberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1769/TITULO-RomeroMendoza%2CCarlos_Alberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Del Aguila, E. (2017). Determinación de cadmio y plomo en granos de cacao, frescos, secos y en licor de cacao (*Theobroma cacao*). In Universidad Nacional Agraria de la Selva. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1269>
- DRAU. (2020). Contaminación de agroquímicos en diversos cultivos. Pucallpa, Perú.
- El peruano, D. (2013). Decreto Supremo Nro. 002-2013-MINAM “Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.” *El peruano*, 491497–491500. <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/D-S- N-002-2013-MINAM.pdf>
- Europea, U. (2014). REGLAMENTO (UE) No 488/2014 DE LA COMISIÓN. Diario Oficial de La Unión Europea, 9, 10–4. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.1975>

- Florida, N., Claudio, S., & Gómez, R. (2018). EL ph Yy la absorción de Cadmio en almendras de Cacao orgánico (*Theobroma cacao* L.) en Leoncio Prado, Huánuco, Perú. *Folia Amazónica - Instituto de Investigación de La Amazonía Peruana*, 27(1), 1–8. <https://doi.org/10.24841/fa.v27i1.458>
- Folleto 3.1.4.0. F. I. (2014). Folleto Informativo pH. Folleto Informativo 3.1.4.0, 3–7. [https://www.waterboards.ca.gov/water\\_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidce/3140sp.pdf](https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidce/3140sp.pdf)
- Furcal-Beriguete, P., & Torres-Morales, J. L. (2020). Determinación de concentraciones de cadmio en plantaciones de *Theobroma cacao* L., en Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 33, 122–137. <https://doi.org/10.18845/tm.v33i1.5027>
- Gaur A. y Adholeya A. (2004). Prospects of arbuscular mycorrhizal fungi in phytoremediation of heavy metal contaminated soils. *Current Sci.* 86, 528-534. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/24107905?seq=1>
- Google Earth. (2021). Ubicación digital fundo Buenos Frutos en Puerto Sungaro.
- Huamani, H.; Huauya, R.M.; Mansilla, M.L.; Florida, R.N. y Neira, T.G. (2012). Presencia de metales pesados en el cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) orgánico. *Acta Agronómica*. 61 (4), 339 -344. <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v61n4/v61n4a06.pdf>
- INIA, E. de trabajo (2019). Sistematización de los subproyectos de cacao financiados por el Instituto Nacional de Innovación Agraria a través del Programa Nacional de Innovación Agraria. In INIA. (Ed.), Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA (Primera). Ministerio de Agricultura.
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (2015). Semana de la Ciencia y Tecnología Jornada de Puertas Abiertas INIA Tacuarembó 20 de mayo de 2015. Inia - Uruguay, 19. <http://inia.uy/Documentos/Públicos/INIA Tacuarembó/2015/ElSuelo20demayo.pdf>
- Lara Zambrano, V. (2017). Evaluación del contenido de cadmio en dos variedades de cacao (*Theobroma cacao* L.) considerando distintos métodos de secado en la localidad de Luz de América [Universidad de las Fuerzas Armadas] . <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/12962/1/T-ESPE-002802.pdf>
- Llatance, Gonzales Saavedra, Guzmán Castillo, W., & Pariente Mondragón, E. (2018). Bioacumulación de cadmio en el cacao (*Theobroma cacao*) en la Comunidad Nativa de Pakun, Perú. *Revista Forestal Del Perú*, 33(1), 63 <https://doi.org/10.21704/rfp.v33i1.1156>
- López, A., Cartagena, T., & Vasquez, R. (2018). Niveles de concentración de Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) en el suelo, hojas y almendras de ocho clones de Cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Jardín Interclonal de la Universidad Nacional de Ucayali. Instituto de Investigación de Ciencias, Cd, 1–13

- [http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3928/UNU\\_AGRONOMIA\\_2016\\_A\\_C\\_TEOFLOCARTAGENA\\_ANTONIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3928/UNU_AGRONOMIA_2016_A_C_TEOFLOCARTAGENA_ANTONIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mejía, C., Castro, M., Carvajal, L., Castrillon, H., & Puerta, N. (2017). Agroindustria del cacao (Carlos Arturo Mejía y Margarita Castro (ed.); Primera). Servicio Nacional De Aprendizaje (SENA).  
[https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/5241/agroindustria\\_cacao.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/5241/agroindustria_cacao.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Meter, A., Atkinson, R., & LAbiberte, B. (2019). Cadmio en el cacao de América Latina y el Caribe. In B. I. 2019 (Ed.), Journal of Chemical Information and Modeling (1era., Vol. 53, Issue 9). <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v15n2/a03v15n2.pdf>
- MINAG-Perú (Ministerio de agricultura). (2012). El cultivo de cacao en la Amazonia Peruana. Perfil de Mercado y Competitividad Exportadora de Cacao. Lima-Perú. Disponible en: [file:///C:/Users/HP-USER/Downloads/estudio-cacao-peru-julio-2016%20\(5\).pdf](file:///C:/Users/HP-USER/Downloads/estudio-cacao-peru-julio-2016%20(5).pdf)
- Morales, J. de J., García, A., & Méndez, E. (2006). ¿Qué sabe usted acerca de... Cacao? *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 37(1), 45.  
<https://www.redalyc.org/pdf/579/57928311010.pdf>
- Nava, C., & Méndez, M. (2011). Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). *Arch Neurocien (Mex)*, 16(3), 140–147. [https://doi.org/10.1007/3-54036080-8\\_21](https://doi.org/10.1007/3-54036080-8_21)
- Pardo Barón, L. M. (2016). Perfil del riesgo en inocuidad asociado a la presencia de residuos de cadmio en cacao (*Theobroma cacao* L.). *Ciencia Unisalle - Universidad de La Salle. Colombia*, 1–81.  
[https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?rticle=1055&context=ing\\_alimentos](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?rticle=1055&context=ing_alimentos)
- Paredes, A.M. (2003). Manual del cultivo de cacao. Lima, Perú. Ministerio de Agricultura.  
<https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/MIDAGRI/372/1/cacao%20-%20copia.pdf>
- Pernia, B., De Sousa, A., Reyes, R., & Castrillo, M. (2008). Biomarcadores de contaminación por Cadmio en las plantas. *Interciencia*, 1, 1–18. [http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0378-18442008000200007&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0378-18442008000200007&script=sci_arttext&tlng=en)
- Ramírez, A. (2002). Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. *Anales de La Facultad de Medicina*, 63(1), 51. <https://doi.org/10.15381/anales.v63i1.1477>
- Rodriguez, M., Martinez, N., Romero, M., Del Río, L., & Sandalio, L. (2008). Toxicidad del Cadmio en Plantas. *Ecosistemas*, 17(3), 139–146. <https://doi.org/10.7818/re.2014.17-3.00>
- Romero, L.J. (2017). Eficiencia en la Inmovilización de Plomo en el Suelo Mediante la Aplicación de Cantidades de Biocarbón en el Distrito San Mateo, Lima. Tesis para

obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental. Universidad Cesar Vallejo. Facultad de Ingeniería. 58p. Disponible en:

<https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2975055>

Santander Ruiz, W. E., & Mendieta Taboada, O. W. (2019). Cuantificación de los límites máximos permisibles de cadmio en suelos, frutos (cáscara, almendra fresca), granos fermentados, licor de cacao y chocolate, para garantizar una exportación de calidad en zonas productoras de las provincias de Huallaga y Bella. Instituto de Investigación y Desarrollo- UNSM, 1, 1–68.

SENAMHI. (2021). Datos meteorológicos de la localidad de Puerto Sungaro.

Toro, B. (2011). Uso de los biomarcadores en la evaluación de la contaminación. Luna Azul - Universidad de Caldas. Colombia, 32, 121–127.

<https://doi.org/10.17151/luaz.2011.32.11>

Wikipedia. 2014. Micrómetro (unidad de longitud). Wikipedia, 6–8.

Zambrano, D. (2018). Estudio del contenido en cadmio de cacao (*Theobroma cacao* L) ecuatoriano y su incidencia en el consumo humano. Master El Agroalimentación, 1–30.

[https://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/20041/tfm\\_denisse\\_margoth\\_zambrano\\_muñoz.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/20041/tfm_denisse_margoth_zambrano_muñoz.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

## VIII. ANEXOS

### 8.1. Análisis de suelo



### INFORME DE ENSAYO N° 10441-22/SU/PUCALLPA

#### I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente: ENZO CRISTHIAN ALEXSANDER  
 Propietario / Productor: TOLENTINO RAYMUNDO YURI  
 Dirección del cliente: Pucallpa  
 Solicitado por: ENZO CRISTHIAN ALEXSANDER  
 Muestreado por: Cliente  
 Número de muestra(s): 6  
 Producto declarado: Suelo Agrícola  
 Presentación de las muestras(s): Bolsa de plástico  
 Referencia del muestreo: Reservado por el cliente  
 Procedencia de muestra(s): Galilea/ Puerto Sungaro/ Huánuco  
 Fecha(s) de muestreo: 2021-09-20  
 Fecha de recepción de muestra(s): 2022-09-28  
 Lugar de ensayo: LABSAF Pucallpa  
 Fecha(s) de análisis: del 30/09/2022 al 05/10/2022  
 Cotización del servicio: 130-22-PC  
 Fecha de emisión: 2022-10-06

#### II. RESULTADO DE ANÁLISIS

| ITEM                                                      | 1               | 2               | 3               | 4               | 5               | 6               |
|-----------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>Código de Laboratorio</b>                              | SU886-PC-22     | SU887-PC-22     | SU888-PC-22     | SU889-PC-22     | SU890-PC-22     | SU891-PC-22     |
| <b>Matriz Analizada</b>                                   | Suelo Agrícola  | Suelo Agrícola  | Suelo Agrícola  | Suelo Agrícola  | Suelo Agrícola  | Suelo Agrícola  |
| <b>Fecha de Muestreo</b>                                  | 2021-09-20      | 2021-09-20      | 2021-09-20      | 2021-09-20      | 2021-09-20      | 2021-09-20      |
| <b>Hora de Inicio de Muestreo (h)</b>                     | No especificado | No especificado | No especificado | No especificado | No especificado | No especificado |
| <b>Condición de la muestra</b>                            | Conservada      | Conservada      | Conservada      | Conservada      | Conservada      | Conservada      |
| <b>Código/Identificación de la Muestra por el Cliente</b> | T1R1            | T1R2            | T2R1            | T2R2            | T3R1            | T3R2            |
| Ensayo                                                    | Unidad          | LC              | Resultados      |                 |                 |                 |
| pH                                                        | --              | --              | 6.57            | 7.61            | 7.41            | 7.77            |
| Conductividad eléctrica                                   | mS/m            | --              | 3.64            | 4.83            | 5.69            | 5.14            |
| Materia orgánica                                          | %               | --              | 2.29            | 2.55            | 2.69            | 1.08            |
| Nitrógeno                                                 | %               | --              | 0.11            | 0.13            | 0.13            | 0.05            |
| Fósforo                                                   | mg/kg           | --              | 1.78            | 3.30            | 1.78            | 3.68            |
| Potasio                                                   | Cmol(+)/kg      | --              | 0.28            | 0.23            | 0.37            | 0.34            |
| Calcio                                                    | Cmol(+)/kg      | --              | 5.89            | 6.41            | 7.66            | 7.70            |
| Magnesio                                                  | Cmol(+)/kg      | --              | 5.14            | 2.93            | 4.43            | 2.66            |
| Cadmio                                                    | Mg/kg           | --              | 1.66            | 1.64            | 1.58            | 1.52            |
| Aluminio                                                  | Cmol(+)/kg      | --              | 0.30            | 0.20            | 0.20            | 0.30            |
| ClCe                                                      | Cmol(+)/kg      | --              | 11.60           | 9.76            | 12.65           | 10.99           |
| Bases Totales                                             | Cmol(+)/kg      | --              | 11.30           | 9.56            | 12.45           | 10.69           |
| Saturación Al                                             | %               | --              | 2.59            | 2.05            | 1.58            | 2.73            |
| <b>Análisis de Textura</b>                                |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Arena                                                     | %               | --              | 20.26           | 24.26           | 28.26           | 22.26           |
| Limo                                                      | %               | --              | 23.15           | 33.15           | 23.15           | 29.15           |
| Arcilla                                                   | %               | --              | 56.59           | 42.59           | 48.59           | 48.59           |
| Clase Textural                                            | --              | --              | Arcilla         | Arcilla         | Arcilla         | Arcilla         |

## INFORME DE ENSAYO

### N° 10441-22/SU/PUCALLPA

#### III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

| ENSAYO                  | NORMA DE REFERENCIA                                                                                                                                                              |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| pH                      | EPA 9045D, Rev. 4, 2004. Soil and waste pH.                                                                                                                                      |
| Conductividad eléctrica | ISO 11265, First Edition. 1994. Soil Quality. Determination of the Specific Electrical Conductivity                                                                              |
| Textura                 | Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.9 AS-09.2000. Determinación de la textura del suelo por procedimiento de Bouyoucos. |
| Materia Orgánica        | Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.7 AS-07. 2000. Contenido de Materia Orgánica por el método de Walkley y Black.      |
| Nitrógeno               | Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.7 AS-07. 2000. Contenido de Materia Orgánica por el método de Walkley y Black.      |
| Fósforo                 | Manual de Procedimientos de los Análisis de Suelos y Agua con Fines de Riego, Lima-Perú (Marzo 2017)                                                                             |
| Potasio                 | Manual de Procedimientos de los Análisis de Suelos y Agua con Fines de Riego, Lima-Perú (Marzo 2017)                                                                             |
| Calcio                  | Manual de Procedimientos de los Análisis de Suelos y Agua con Fines de Riego, Lima-Perú (Marzo 2017)                                                                             |
| Magnesio                | Manual de Procedimientos de los Análisis de Suelos y Agua con Fines de Riego, Lima-Perú (Marzo 2017)                                                                             |
| Aluminio                | Método de Yuan. Manual de Procedimientos de los Análisis de Suelos y Agua con Fines de Riego, Lima-Perú (Marzo 2017)                                                             |

#### IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C



**Ing. Edinson Eduardo López Galán**  
**responsable de Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliare**  
**Estación Experimental Agraria Pucallpa-Ucayali**

**FIN DE INFORME DE ENSAYO**

## **INFORME DE ENSAYO** **N° 10442-22/SU/PUCALLPA**

### **I. INFORMACIÓN GENERAL**

Cliente : ENZO CRISTHIAN ALEXSANDER  
 Propietario / Productor : TOLENTINO RAYMUNDO YURI  
 Dirección del cliente : Pucallpa  
 Solicitado por : ENZO CRISTHIAN ALEXSANDER  
 Muestreado por : Cliente  
 Número de muestra(s) : 6  
 Producto declarado : Suelo Agrícola  
 Presentación de las muestras(s): Bolsa de plástico  
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente  
 Procedencia de muestra(s) : Galilea/ Puerto Sungaro/ Huánuco  
 Fecha(s) de muestreo : 2021-09-20  
 Fecha de recepción de muestra(s): 2022-09-28  
 Lugar de ensayo : LABSAF Pucallpa  
 Fecha(s) de análisis : del 30/09/2022 al 05/10/2022  
 Cotización del servicio : 130-22-PC  
 Fecha de emisión : 2022-10-06

### **II. RESULTADO DE ANÁLISIS**

| ITEM                                               |            |    | 1               | 2               | 3               | 4               | 5               | 6               |
|----------------------------------------------------|------------|----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Código de Laboratorio                              |            |    | SU892-PC-22     | SU893-PC-22     | SU894-PC-22     | SU895-PC-22     | SU896-PC-22     | SU897-PC-22     |
| Matriz Analizada                                   |            |    | Suelo Agrícola  | Suelo Agrícola  | Suelo Agrícola  | Suelo Agrícola  | Suelo Agrícola  | Suelo Agrícola  |
| Fecha de Muestreo                                  |            |    | 2021-09-20      | 2021-09-20      | 2021-09-20      | 2021-09-20      | 2021-09-20      | 2021-09-20      |
| Hora de Inicio de Muestreo (h)                     |            |    | No especificado | No especificado | No especificado | No especificado | No especificado | No especificado |
| Condición de la muestra                            |            |    | Conservada      | Conservada      | Conservada      | Conservada      | Conservada      | Conservada      |
| Código/Identificación de la Muestra por el Cliente |            |    | T4R1            | T4R2            | T1R3            | T2R3            | T3R3            | T4R3            |
| Ensayo                                             | Unidad     | LC | Suelo Agrícola  |                 |                 |                 |                 |                 |
| pH                                                 | --         | -- | 6.14            | 6.26            | 6.57            | 7.77            | 7.89            | 6.26            |
| Conductividad eléctrica                            | mS/m       | -- | No especificado | 3.75            | 3.64            | 5.14            | 4.60            | 3.75            |
| Materia orgánica                                   | %          | -- | Conservada      | 1.21            | 2.29            | 1.08            | 0.81            | 1.21            |
| Nitrógeno                                          | %          | -- | 0.14            | 0.06            | 0.11            | 0.05            | 0.04            | 0.06            |
| Fósforo                                            | mg/kg      | -- | 1.90            | 2.16            | 1.78            | 3.68            | 1.14            | 2.16            |
| Potasio                                            | Cmol(+)/kg | -- | 0.25            | 0.78            | 0.26            | 0.34            | 0.14            | 0.78            |
| Calcio                                             | Cmol(+)/kg | -- | 6.13            | 8.25            | 5.89            | 7.70            | 5.53            | 8.25            |
| Magnesio                                           | Cmol(+)/kg | -- | 5.13            | 3.88            | 5.14            | 2.66            | 1.47            | 3.88            |
| Cadmio                                             | Mg/kg      | -- | 1.57            | 1.56            | 1.62            | 1.60            | 1.58            | 1.52            |
| Aluminio                                           | Cmol(+)/kg | -- | 0.20            | 0.20            | 0.30            | 0.30            | 0.30            | 0.20            |
| ClCe                                               | Cmol(+)/kg | -- | 11.72           | 13.10           | 11.60           | 10.99           | 7.43            | 13.10           |
| Bases Totales                                      | Cmol(+)/kg | -- | 11.52           | 12.90           | 11.30           | 10.69           | 7.13            | 12.90           |
| Saturación Al                                      | %          | -- | 1.71            | 1.53            | 2.59            | 2.73            | 4.04            | 1.53            |
| Análisis de Textura                                |            |    |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Arena                                              | %          | -- | 16.26           | 22.26           | 20.26           | 22.26           | 24.26           | 22.26           |
| Limo                                               | %          | -- | 25.15           | 27.15           | 23.15           | 29.15           | 35.15           | 27.15           |
| Arcilla                                            | %          | -- | 58.59           | 50.59           | 56.59           | 48.59           | 40.59           | 50.59           |
| Clase Textural                                     | --         | -- | Arcilla         | Arcilla         | Arcilla         | Arcilla         | Arcilla         | Arcilla         |

## **INFORME DE ENSAYO** **N° 10442-22/SU/PUCALLPA**

### **III. METODOLOGÍA DE ENSAYO**

| ENSAYO                  | NORMA DE REFERENCIA                                                                                                                                                              |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| pH                      | EPA 9045D, Rev. 4, 2004. Soil and waste pH.                                                                                                                                      |
| Conductividad eléctrica | ISO 11265, First Edition. 1994. Soil Quality. Determination of the Specific Electrical Conductivity                                                                              |
| Textura                 | Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.9 AS-09.2000. Determinación de la textura del suelo por procedimiento de Bouyoucos. |
| Materia Orgánica        | Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.7 AS-07. 2000. Contenido de Materia Orgánica por el método de Walkley y Black.      |
| Nitrógeno               | Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.7 AS-07. 2000. Contenido de Materia Orgánica por el método de Walkley y Black.      |
| Fósforo                 | Manual de Procedimientos de los Análisis de Suelos y Agua con Fines de Riego, Lima-Perú (Marzo 2017)                                                                             |
| Potasio                 | Manual de Procedimientos de los Análisis de Suelos y Agua con Fines de Riego, Lima-Perú (Marzo 2017)                                                                             |
| Calcio                  | Manual de Procedimientos de los Análisis de Suelos y Agua con Fines de Riego, Lima-Perú (Marzo 2017)                                                                             |
| Magnesio                | Manual de Procedimientos de los Análisis de Suelos y Agua con Fines de Riego, Lima-Perú (Marzo 2017)                                                                             |
| Aluminio                | Método de Yuan. Manual de Procedimientos de los Análisis de Suelos y Agua con Fines de Riego, Lima-Perú (Marzo 2017)                                                             |

### **IV. CONSIDERACIONES**

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C



**Ing. Edinson Eduardo López Galán**  
**responsable de Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliare**  
**Estación Experimental Agraria Pucallpa-Ucayali**

**FIN DE INFORME DE ENSAYO**

## 8.2. Análisis de granos de cacao



### INFORME DE ENSAYO N° 10459-22/FL/PUCALLPA

#### I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : ENZO CRISTHIAN ALEXSANDER  
 Propietario / Productor : TOLENTINO RAYMUNDO YURI  
 Dirección del cliente : Pucallpa  
 Solicitado por : ENZO CRISTHIAN ALEXSANDER  
 Muestreado por : Cliente  
 Número de muestra(s) : 6  
 Producto declarado : Grano de cacao  
 Presentación de las muestras(s): Bolsa de plástico  
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente  
 Procedencia de muestra(s) : Galilea/ Puerto Sungaro/ Huánuco  
 Fecha(s) de muestreo : 2021-09-20  
 Fecha de recepción de muestra(s): 2022-09-28  
 Lugar de ensayo : LABSAF Pucallpa  
 Fecha(s) de análisis : del 30/09/2022 al 13/10/2022  
 Cotización del servicio : 130-22-PC  
 Fecha de emisión : 2022-10-14

#### II. RESULTADO DE ANÁLISIS

| ITEM                                               | 1               | 2               | 3               | 4               | 5               | 6               |
|----------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Código de Laboratorio                              | FL974-PC-22     | FL975-PC-22     | FL976-PC-22     | FL977-PC-22     | FL978-PC-22     | FL979-PC-22     |
| Matriz Analizada                                   | Foliar          | Foliar          | Foliar          | Foliar          | Foliar          | Foliar          |
| Fecha de Muestreo                                  | 2021-09-20      | 2021-09-20      | 2021-09-20      | 2021-09-20      | 2021-09-20      | 2021-09-20      |
| Hora de Inicio de Muestreo (h)                     | No especificado | No especificado | No especificado | No especificado | No especificado | No especificado |
| Condición de la muestra                            | Conservada      | Conservada      | Conservada      | Conservada      | Conservada      | Conservada      |
| Código/Identificación de la Muestra por el Cliente | MAZORCA<br>T1R1 | MAZORCA<br>T1R2 | MAZORCA<br>T2R1 | MAZORCA<br>T2R2 | MAZORCA<br>T3R1 | MAZORCA<br>T3R2 |
| Ensayo                                             | Unidad          | LC              | Resultados      |                 |                 |                 |
| Cadmio total                                       | mg/kg           | ---             | 0.75            | 0.75            | 0.75            | 0.10            |

## **INFORME DE ENSAYO** **N° 10459-22/FL/PUCALLPA**

### **III. METODOLOGÍA DE ENSAYO**

| ENSAYO       | NORMA DE REFERENCIA                                                      |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Cadmio total | Digestión vía húmeda: digestión con ácido nítrico-ácido perclórico (5:1) |

### **IV. CONSIDERACIONES**

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C



**Ing. Edinson Eduardo López Galán**  
**Responsable de Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliares**  
**Estación Experimental Agraria Pucallpa-Ucayali**



**FIN DE INFORME DE ENSAYO**

## **INFORME DE ENSAYO** **N° 10460-22/FL/PUCALLPA**

### **I. INFORMACIÓN GENERAL**

Cliente : ENZO CRISTHIAN ALEXSANDER  
 Propietario / Productor : TOLENTINO RAYMUNDO YURI  
 Dirección del cliente : Pucallpa  
 Solicitado por : ENZO CRISTHIAN ALEXSANDER  
 Muestreado por : Cliente  
 Número de muestra(s) : 6  
 Producto declarado : Grano de cacao  
 Presentación de las muestras(s): Bolsa de plástico  
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente  
 Procedencia de muestra(s) : Galilea/ Puerto Sungaro/ Huánuco  
 Fecha(s) de muestreo : 2021-09-20  
 Fecha de recepción de muestra(s): 2022-09-28  
 Lugar de ensayo : LABSAF Pucallpa  
 Fecha(s) de análisis : del 30/09/2022 al 13/10/2022  
 Cotización del servicio : 130-22-PC  
 Fecha de emisión : 2022-10-14

### **II. RESULTADO DE ANÁLISIS**

| ITEM                                               |        |     | 1               | 2               | 3               | 4               | 5               | 6               |
|----------------------------------------------------|--------|-----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Código de Laboratorio                              |        |     | FL980-PC-22     | FL981-PC-22     | FL982-PC-22     | FL983-PC-22     | FL984-PC-22     | FL985-PC-22     |
| Matriz Analizada                                   |        |     | Foliar          | Foliar          | Foliar          | Foliar          | Foliar          | Foliar          |
| Fecha de Muestreo                                  |        |     | 2021-09-20      | 2021-09-20      | 2021-09-20      | 2021-09-20      | 2021-09-20      | 2021-09-20      |
| Hora de Inicio de Muestreo (h)                     |        |     | No especificado | No especificado | No especificado | No especificado | No especificado | No especificado |
| Condición de la muestra                            |        |     | Conservada      | Conservada      | Conservada      | Conservada      | Conservada      | Conservada      |
| Código/Identificación de la Muestra por el Cliente |        |     | GRANO<br>T4R1   | GRANO<br>T4R2   | GRANO<br>T1R3   | GRANO<br>T2R3   | GRANO<br>T3R3   | GRANO<br>T4R3   |
| Ensayo                                             | Unidad | LC  | Resultados      |                 |                 |                 |                 |                 |
| Cadmio total                                       | mg/kg  | --- | 0.75            | 0.30            | 0.75            | 0.53            | 0.40            | 0.10            |

## **INFORME DE ENSAYO** N° 10460-22/FL/PUCALLPA

### **III. METODOLOGÍA DE ENSAYO**

| ENSAYO       | NORMA DE REFERENCIA                                                      |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Cadmio total | Digestión vía húmeda: digestión con ácido nítrico-ácido perclórico (5:1) |

### **IV. CONSIDERACIONES**

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C



**Ing. Edinson Eduardo López Galán**  
**Responsable de Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliare**  
**Estación Experimental Agraria Pucallpa-Ucayali**

**FIN DE INFORME DE ENSAYO**



### 8.3. Iconografía del desarrollo de la investigación



**Figura 3:** Gigantografía que identifica la parcela de cacao, donde se llevó a cabo la investigación.



**Figura 4:** Extrayendo las muestras de suelo



**Figura 5: Identificación del tratamiento 1**



**Figura 6: Identificación del tratamiento 2**



**Figura 7: Identificación del tratamiento 3**



**Figura 8 : Identificación del tratamiento 4**



**Figura 9:** Recolectando las muestras de frutos para tener los granos para la muestra



**Figura 10:** Recolectando muestras de los frutos de cacao



**Figura 11:** Muestras de frutos de cacao para extraer los granos



**Figura 12:** Identificación de la planta de cacao para extraer la muestra de semillas



**Figura 13:** Enumeración de plaqu coastos.



**Figura 14:** Muestra de suelo



**Figura 15: Extracción de fruto.**



**Figura 16: Parcela de Cacao**



***Figura 17: Evaluación de frutos***