

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA AGRÓNOMA**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**BIOACUMULACIÓN DEL CADMIO (Cd) EN  
PLANTACIONES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)  
ASOCIADAS A LA COOPERATIVA APROCAM EN LA  
REGIÓN AMAZONAS**

**Autor: Bach. Felix Antonio Tuesta Gomez**

**Asesor: Dr. Segundo Manuel Oliva Cruz**

**Co-Asesor: Mg. Nilton Beltrán Rojas Briceño**

**Registro: (.....)**

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2022**

## **DATOS DE ASESORES**

**Dr. Segundo Manuel Oliva Cruz**

DNI N° 05374749

Registro ORCID N° 0000-0002-9670-0970

<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>

**Campo de la Investigación y Desarrollo, según la Organización para la  
Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE):**

**4.00.00 – Ciencias agrícolas**

**4.01.00 – Agricultura, Silvicultura, Pesquería**

**4.01.06 -- Agronomía**

## **DEDICATORIA**

### ***A MI FAMILIA***

*A mis padres que me permitieron dar este paso en mi vida profesional gracias a su apoyo incondicional. A mis hermanos por confiar en mí, darme su apoyo y motivarme en todo momento.*

### ***A MIS AMIGOS***

*A todas las personas que me brindaron su apoyo y me ayudaron a seguir adelante, amigos, compañeros y docentes.*

## **AGRADECIMIENTO**

Esta tesis se realizó como parte del proyecto “Fitoextracción de cadmio con hierba mora (*Solanum nigrum* L.) en suelos cultivados con cacao (*Theobroma cacao* L.) en Amazonas” - FitoCd (contrato N° 366-2019-FONDECYT); financiado por el Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica (FONDECYT) y ejecutado por el Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM-A).

A la universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza que me acogió en su centro superior de estudios y por todas las oportunidades brindadas a lo largo de mi formación, agradezco el afecto de mis maestros, mis compañeros y a la universidad en general, por todos los conocimientos que me han otorgado.

A mis padres, que siempre me brindaron su apoyo y comprensión en todos los momentos difíciles, son el motivo que me impulsa a seguir a delante y cumplir todas mis metas planteadas.

**Felix Antonio Tuesta Gomez**

## **AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**Dr. Policarpo Chauca Valqui**

Rector

**Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón**

Vicerrector Académico

**Dra. Flor Teresa García Huamán**

Vicerrectora de Investigación

**M.Sc. Armstrong Barnard Fernández Jeri**

Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias



**UNTRM**

**REGLAMENTO GENERAL**

PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

**ANEXO 3-K**


**VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo ( ), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada "Bioacumulación del cadmio (cd) en plantaciones de cacao (Theobroma cacao L.) asociadas a la cooperativa APROCAM en la región Amazonas"; del egresado Baeh. Felix Antonio Tuesta Gomez de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias. Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma de esta Casa Superior de Estudios.



El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 05 de enero del 2022

  
Firma y nombre completo del Asesor  
Dr. Cs. Segundo Manuel Oliva Cruz



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL

PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-K

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM ( )/Profesional externo ( ), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada "Bioacumulación del cadmio (cd) en plantaciones de cacao (Theobroma cacao L.) asociadas a la cooperativa APROCAM en la región Amazonas; del egresado Bach. Felix Antonio Tuesta Gómez. de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 05 de enero del 2022

Firma y nombre completo del Asesor  
Mg. Néilton Beltrán Rojas Biceño



**JURADO EVALUADOR DE LA TESIS**



Ing. Mg. Santos Triunfo Leiva Espinosa  
**PRESIDENTE**



Ing. Guillermo Idrogo Vásquez  
**SECRETARIO**



Ing. M. Cs. César Guevara Hoyos  
**VOCAL**



# CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



**UNTRM**

**REGLAMENTO GENERAL**

PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

## ANEXO 3-0

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

"Bioacumulación del cadmio (cd) en plantaciones de cacao  
(Theobroma cacao L.) asociadas a la cooperativa APROCAM en la región Ama

presentada por el estudiante ( )/egresado (X) Bach. Felix Antonio Tuesta Gomez

de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma

con correo electrónico institucional 7289322451@untrm.edu.pe

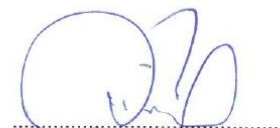
después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- La citada Tesis tiene 22 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (x) / igual ( ) al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- La citada Tesis tiene ..... % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.

Chachapoyas, 25 de enero del 2022



  
SECRETARIO

  
PRESIDENTE

  
VOCAL

OBSERVACIONES:

.....  
.....

# ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



**UNTRM**

## REGLAMENTO GENERAL

PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

### ANEXO 3-Q

#### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 10 de marzo del año 2022 siendo las ..... horas, el aspirante: Felix Antonio Tuesta Gomez, defiende en sesión pública presencial ( ) / a distancia (X) la Tesis titulada: Bioacumulación del cadmio (cd) en plantaciones de cacao (Theobroma cacao L.) asociadas a la cooperativa APROCAM en la región, Amazonas teniendo como asesor a Dr. S. Segundo Manuel Oliva Cruz, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: Ing. Mg. Santos Trunfo Leiva Espinoza

Secretario: Ing. Guillermo Idrogo Vázquez

Vocal: Ing. M. Cs. César Reina Hoyos

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.



Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado (X) Desaprobado ( )

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 17:00 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

[Firma]  
SECRETARIO

[Firma]  
PRESIDENTE

[Firma]  
VOCAL

OBSERVACIONES:

.....  
.....

## ÍNDICE GENERAL

|   |      |
|---|------|
| DATOS DE ASESOR .....   | ii   |
| DEDICATORIA.....  | iii  |
| AGRADECIMIENTO .....  | iv   |
| AUTORIDADES UNIVERSITARIAS .....  | v    |
| VISTO BUENO DEL ASESOR.....   | vi   |
| VISTO BUENO DEL COASESOR.....   | vii  |
| JURADO EVALUADOR DE LA TESIS .....  | viii |
| CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS.....   | ix   |
| ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.....   | x    |
| ÍNDICE GENERAL .....  | xi   |
| ÍNDICE DE TABLAS .....  | xii  |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....   | xiii |
| RESUMEN .....   | xiv  |
| ABSTRACT.....   | xv   |
| I. INTRODUCCIÓN.....  | 16   |
| II. MATERIAL Y MÉTODOS .....  | 18   |
| 2.1. Diseño experimental.....   | 18   |
| 2.2. Población y muestra.....   | 18   |
| 2.3. Variables de estudio .....   | 20   |
| 2.4. Recolección, secado y almacenamiento de muestras.....  | 20   |
| 2.5. Análisis de las muestras de suelo .....  | 21   |
| 2.6. Análisis de las muestras de las partes vegetales del cacao.....  | 21   |
| 2.7. Análisis de datos .....  | 22   |
| III. RESULTADOS .....   | 22   |
| 3.1. Análisis físico-químico del suelo de las plantaciones de cacao.....  | 22   |
| 3.2. Contenido de cadmio en las partes vegetales del cacao .....  | 27   |
| 3.3. Correlación de los parámetros físico químicos del suelo y el contenido de cadmio en las partes vegetales del cacao ..... | 33   |
| IV. DISCUSION .....   | 38   |
| V. CONCLUSIONES .....   | 41   |
| VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 42   |
| ANEXOS.....   | 45   |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Variables de estudio.....   | 18 |
| Tabla 2. Parámetros físico-químicos del suelo a profundidad de 0 cm - 30 cm, a nivel de altitudes (Media $\pm$ desviación estándar).....   | 21 |
| Tabla 3. Parámetros físico-químicos del suelo a profundidad de 30 cm - 60 cm, a nivel de altitudes (Media $\pm$ desviación estándar).....  | 22 |
| Tabla 4. Parámetros físico-químicos del suelo a profundidad de 0 cm - 30 cm, por variedades (Media $\pm$ desviación estándar).....   | 23 |
| Tabla 5. Parámetros físico-químicos del suelo a profundidad de 30 cm - 60 cm, por variedades (Media $\pm$ desviación estándar).....  | 24 |
| Tabla 6. Contingencia de la relación entre la clase textural del suelo de 0-30 cm, la altitud y la variedad del cacao.....   | 25 |
| Tabla 7. Contingencia de la relación entre la clase textural del suelo de 30-60 cm, la altitud y la variedad del cacao.....  | 26 |
| Tabla 8. Contenidos de cadmio en las partes vegetales del cacao, por altitudes (Media $\pm$ desviación estándar).....  | 27 |
| Tabla 9. Contenidos de cadmio en las partes vegetales del cacao, por variedades (Media $\pm$ desviación estándar).....   | 27 |
| Tabla 10. Contenidos de cadmio en las partes vegetales del cacao, por textura del suelo de 0-30 cm (Media $\pm$ desviación estándar).....  | 28 |
| Tabla 11. Factor de transferencia entre las partes vegetales del cacao y el suelo a una profundidad de 0-30 cm, por altitud (Media $\pm$ desviación estándar).....                                     | 29 |
| Tabla 12. Factor de transferencia entre el suelo a una profundidad de 30-60 cm y las partes vegetales del cacao, por altitud (Media $\pm$ desviación estándar).....                                    | 29 |
| Tabla 13. Factor de transferencia entre el suelo a una profundidad de 0-30 cm y las partes vegetales del cacao, por variedad (Media $\pm$ desviación estándar).....                                    | 30 |
| Tabla 14. Factor de transferencia entre el suelo a una profundidad de 30-60 cm y las partes vegetales del cacao, por variedad (Media $\pm$ desviación estándar).....                                   | 31 |
| Tabla 15. Factor de transferencia entre las partes vegetales de la planta de cacao, por altitud (Media $\pm$ desviación estándar).....   | 31 |
| Tabla 16. Factor de transferencia entre las partes vegetales de la planta de cacao, por variedad (Media $\pm$ desviación estándar).....  | 32 |
| Tabla 17. Correlación de la concentración de Cd del suelo a profundidades de 0 – 30 cm y 30 - 60 cm, con la textura del suelo (Media $\pm$ desviación estándar).....                                   | 33 |
| Tabla 18. Análisis de correlación entre las características químicas del suelo a la profundidad de 0-30 cm y las concentraciones de cadmio en el suelo, las partes vegetales del cacao y altitud.....  | 35 |
| Tabla 19. Análisis de correlación entre las características químicas del suelo a la profundidad de 30-60 cm y las concentraciones de cadmio en el suelo, las partes vegetales del cacao y altitud..... | 35 |
| Tabla 20. Análisis de correlación entre las concentraciones de cadmio en las partes vegetales de cacao.....  | 36 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Mapa fisiográfico de la distribución de los puntos de muestreo en las provincias de Utcubamba, Bagua y Condorcanqui..... | 17 |
|--|----|

## RESUMEN

El cacao es un cultivo de importancia económica para miles de agricultores en el Perú, los cuales están siendo afectados debido a la presencia de metales pesados como el Cd en sus cultivos. El presente estudio tiene como objetivo determinar la bioacumulación del cadmio (Cd) en las plantaciones de cacao de la región Amazonas. Se tomo 56 puntos de muestreo de las parcelas pertenecientes a la cooperativa de servicios múltiples APROCAM. Se tomaron muestras de suelo y partes vegetales de la planta incluido el fruto. Las muestras se clasificaron en altitudes, variedad y profundidad de muestreo del suelo. Para el análisis estadístico se usó el programa InfoStat, donde se realizó análisis de varianza ANVA ( $p < 0.05$ ) de las características físico químicas del suelo relacionado con la altitud y variedad; análisis de varianza entre los contenidos de cadmio en las partes vegetales de la planta con la altitud y variedad y por último un análisis de correlación entre las características físico químicas del suelo y la bioacumulación del cadmio en la planta de cacao. Se encontró una mayor bioacumulación de cadmio en toda la planta de cacao en la variedad CCN51, en altitudes menores a los 400 msnm y en suelos de clase textural franca. El contenido de cadmio en las almendras de cacao de la región Amazonas sobrepasa los límites máximos permitidos, sobre todo en la variedad nativo; estos valores están influenciados por el pH y la altitud a la que se encuentra la plantación.

**Palabras clave:** Cacao, cadmio, bioacumulación, suelo, fruto.

## **ABSTRACT**

Cocoa is a crop of economic importance for thousands of farmers in Peru, who are being affected due to the presence of heavy metals such as Cd in their crops. The present study aims to determine the bioaccumulation of cadmium (Cd) in cocoa plantations in the Amazon region. 56 sampling points were taken from the plots belonging to the multiple services cooperative APROCAM. Soil and plant parts samples were taken from the plant including the fruit. The samples were classified in altitudes, variety and depth of soil sampling. For the statistical analysis, the InfosStat program was used, where ANVA variance analysis ( $p < 0.05$ ) of the physical-chemical characteristics of the soil related to altitude and variety was performed; analysis of variance between the cadmium contents in the plant parts of the plant with the altitude and variety and finally a correlation analysis between the physical-chemical characteristics of the soil and the bioaccumulation of cadmium in the cocoa plant. A greater bioaccumulation of cadmium was found in the CCN51 variety, at altitudes lower than 400 meters above sea level and in loamy textural class soils. The cadmium content in cocoa beans in some areas of the Amazon region exceeds the maximum permitted limits, these values are influenced by the pH and the altitude at which the plantation is located.

**Keywords: Cocoa, cadmium, bioaccumulation, soil, fruit.**

## I. INTRODUCCIÓN

El cacao, *Theobroma cacao*, es un árbol originario de las zonas húmedas del norte de América del Sur (Gregorio et al., 2016). Gracias a su fácil manejo y grandes beneficios económicos, este cultivo ha tenido un incremento bastante marcado en los principales países productores (Castebianco, 2018).

El Perú es uno de los principales países exportadores de cacao orgánico, la producción se ha incrementado año tras año ya que resulta una alternativa sostenible para mejorar la económica de los agricultores (Arévalo et al., 2016). Actualmente, 223 482 familias están involucrados con la producción de café a nivel nacional (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2019). Entre los años 2009 y 2015 la producción aumentó en un promedio anual de 15,5%, pasando de una producción de 36.8 mil toneladas en el 2009 a una producción de 87, 3 mil toneladas en el 2015 (Romero, 2016). Amazonas, Cajamarca, San Martín y Huánuco son los departamentos que representan el 56% de la producción nacional (Arévalo et al., 2016). Nuestro país ha sido clasificado por la Organización Internacional del Cacao, un país donde se produce principalmente un cacao fino y de aroma (Pedraza, 2017). Sin embargo, actualmente los productores se enfrentan a una fuerte legislación emanada por la Unión Europea, con respecto a los contenidos máximos de metales pesados presentes en los granos de cacao para exportación (Castebianco, 2018).

Desde el año 2013, la Unión Europea estableció un nuevo límite máximo de metales pesados como el cadmio y el plomo para la exportación de cacao, chocolate y derivados; los cuales entraron en vigor desde el año 2019 (Wong, 2017). Se estableció que los derivados del cacao deberían contener un máximo de 0.3 ppm de cadmio y 1.0 ppm de plomo (Del Aguila, 2017). Estos minerales en ciertas cantidades, pueden ocasionar disfunciones en el organismo de los seres vivos, son altamente tóxicos y se pueden llegar a bioacumularse en los organismos vivos (Cardenas, 2012)

El cadmio (Cd) es un metal pesado que se encuentra distribuido de manera natural en el medio ambiente. Este metal junto con el mercurio y el plomo son considerados como los elementos más tóxicos para el ser humano (Sánchez, 2016). El cadmio no es esencial para las plantas y su presencia se puede deberse al uso de fertilizantes fosfatados (Llatance et al., 2018), la contaminación de los suelos por este metal ha incrementado en los últimos años debido a las actividades humanas (Pedraza, 2017). El cadmio en el cacao se acumula en las semillas, teniendo en cuenta que es utilizado en diversos productos para el consumo



humano, pone en riesgo la salud del consumidor. Por lo cual este producto genera rechazo en el mercado internacional (Mora, 2019).

Actualmente se vienen promoviendo estudios sobre el diagnóstico y alternativas de mitigación, lo cual permitirá incrementar la base de estudio con respecto al cadmio en las plantaciones de cacao. En este estudio se llevará a cabo los análisis del contenido de cadmio tanto en las partes vegetales de la planta, así como el contenido total de cadmio en el suelo, estos resultados servirán para futuras investigaciones, relacionadas a la disminución del cadmio total en el suelo y en el producto comercial.

El objetivo principal de esta investigación es evaluar la bioacumulación del cadmio (Cd) en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) asociadas a la cooperativa APROCAM en la región Amazonas. Los objetivos específicos son establecer las características físico-químicas del suelo en las plantaciones de cacao, establecer las concentraciones de cadmio en la raíz, tallo, hoja y fruto de plantas de cacao y determinar la correlación de parámetros físico-químicos del suelo y la bioacumulación del cadmio en plantas de cacao.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Diseño experimental

La presente investigación es descriptiva.

### 2.2. Población y muestra

#### Población

La población estuvo conformada por las 235 parcelas cacaoteras registradas y activas en la Cooperativa de Servicios Múltiples APROCAM, ubicadas en las provincias de Utcubamba (40), Bagua (255), y Condorcanqui (5). Se realizará la investigación en las plantaciones de cacao de los agricultores socios de esta cooperativa ya que es una de las más importantes y agrupa a pequeños productores de cacao en Amazonas.

#### Muestra

Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó el Muestreo de Población Finita descrita por Bustamante (2011):

$$n = \frac{z^2 * (p * q) * N}{e^2 * (N - 1) + z^2 * (p * q)}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

z = Nivel de confianza deseado

p = Proporción deseada

q = Proporción no deseada

e = Margen de error

Con la formula anterior calculamos la muestra para lo cual se toman en cuenta los siguientes datos

Tamaño de la población: 235

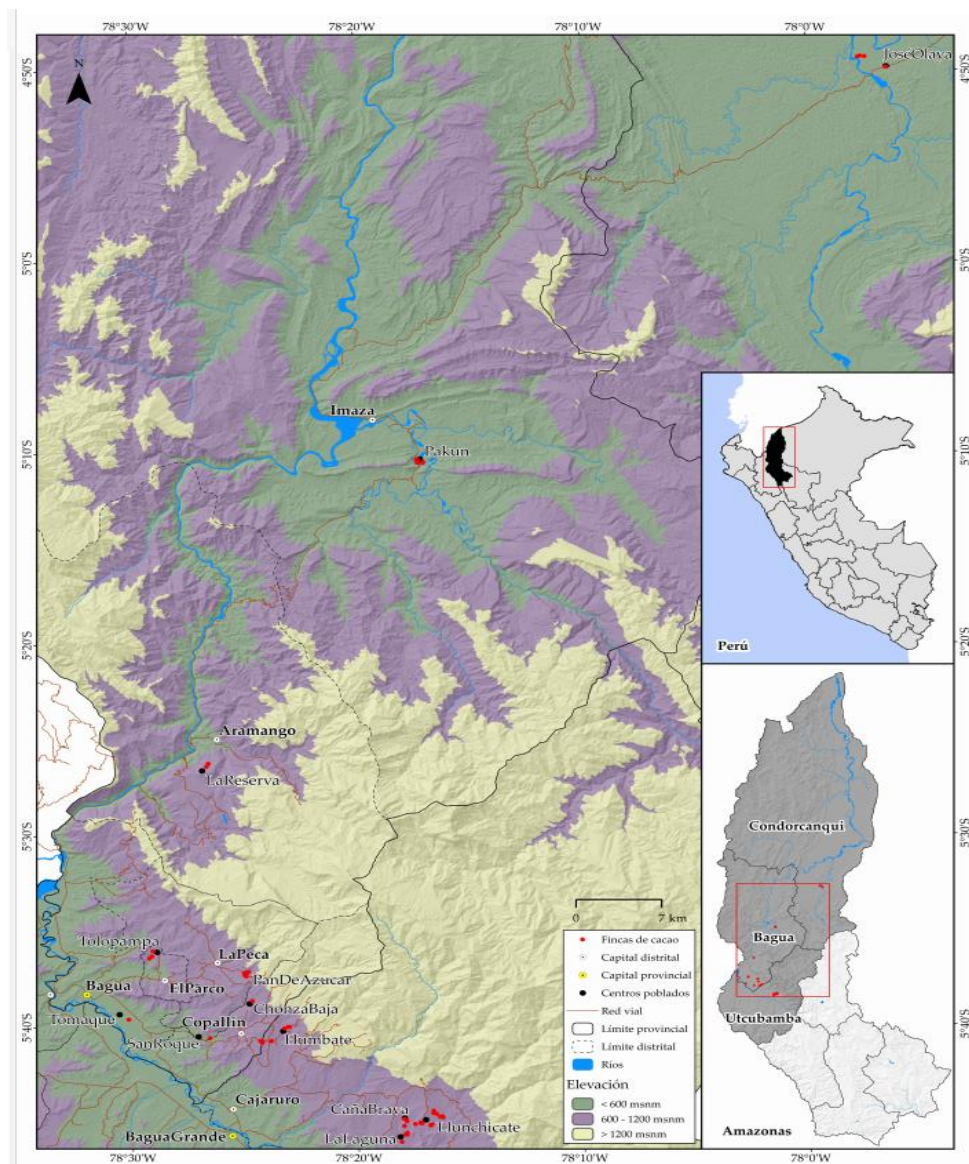
Nivel de confianza: 90%=1.695

$$n = \frac{1.695^2 * (0.5 * 0.5) * 235}{0.1^2 * (235 - 1) + 1.695^2 * (0.5 * 0.5)}$$

$$n = 56$$

Por tanto, este trabajo se llevó a cabo en 56 parcelas de agricultores de cacao orgánico pertenecientes a la Cooperativa de servicios múltiples APROCAM, las cuales están distribuidas en las provincias de Bagua, Utcubamba y Condorcanqui en la región Amazonas (Figura 1).

Muestreo: Se realizó por conveniencia del investigador, de acuerdo a la accesibilidad e importancia que tenían dentro de esta cooperativa. Resultando seleccionadas 8 parcelas la provincia de Condorcanqui, 33 en la provincia de Bagua y 15 en la provincia de Utcubamba. Además, todos los puntos de muestreo fueron debidamente georreferenciados (Anexo 7); se utilizó el programa ArcGIS para el mapa fisiográfico.



**Figura 1.** Mapa fisiográfico de la distribución de los puntos de muestreo en las provincias de Utcubamba, Bagua y Condorcanqui.

### 2.3. Variables de estudio

Tabla 1. Variables de estudio

| Suelo 0-30 cm  | Suelo 30-60 cm | Altitud           | Partes vegetales | Variedades |
|----------------|----------------|-------------------|------------------|------------|
| pH             | pH             | <400 msnm (A1)    | Raíz             | CCN51      |
| CE             | CE             | 400-800 msnm (A2) | Tallo            | Nativo     |
| P              | P              | >800 msnm (A3)    | Hojas            |            |
| K              | K              |                   | Cáscara          |            |
| C              | C              |                   | Testa            |            |
| MO             | MO             |                   | Almendra         |            |
| N              | N              |                   |                  |            |
| Clase textural | Clase textural |                   |                  |            |
| CIC            | CIC            |                   |                  |            |
| Ca             | Ca             |                   |                  |            |
| Mg             | Mg             |                   |                  |            |
| K              | K              |                   |                  |            |
| Na             | Na             |                   |                  |            |
| Al             | Al             |                   |                  |            |
| Cd             | Cd             |                   |                  |            |

Fuente: Elaboración propia

### 2.4. Recolección, secado y almacenamiento de muestras

Las muestras de suelo fueron recolectadas en las 56 parcelas distribuidas en las provincias de Condorcanqui, Bagua y Utcubamba. En cada planta seleccionada se realizó un hoyo en cada punto cardinal de la planta, de donde se extrajo las 4 sub muestras de suelo, a dos intervalos de profundidad (0-30 cm y 30-60 cm), posteriormente se mezclaron las sub muestras, dando como resultado una sola muestra de 1kg (Anexo 1), según lo establece la Guía para Muestreo de Suelos del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2014).

Las muestras de suelo en el laboratorio de suelos fueron depositadas en crisoles de porcelana, seguidamente se procedió a realizar el etiquetado, se escribió su respectivo código a cada uno sobre un trozo de cinta masking Tape. Seguidamente se colocó en los crisoles de porcelana en una estufa con temperatura controlada a 40°C, para evitar la pérdida de las sustancias volátiles como el Fósforo, nitrógeno y la descomposición de la materia orgánica (Anexo 2). Cuando las muestras de suelo estaban completamente secas, se procedió con la trituración, ayudándonos con un molino eléctrico y morteros de porcelana. Estas muestras trituradas fueron cambiadas de

recipientes a tapers de plástico redondo, y fueron etiquetadas con el mismo código correspondiente.

Para la recolección del material vegetativo se utilizó una tijera podadora, machete y cuchillo; La raíz se recolectó a 1m de distancia del centro de la planta, con la finalidad de extraer los pelos absorbentes. El tallo se recolectó a 1m de altura del suelo, quitando la corteza de la planta. Las hojas fueron Recolectadas de los 4 puntos cardinales de la planta, recolectando 5 hojas en cada lado. Se tomó 2 frutos por planta para las muestras de cascara, almendra y testa. Las muestras fueron lavadas en alcohol y fueron depositadas en sobres manila, seguidamente fueron enviadas a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza (UNTRM), para su posterior secado y análisis en el Laboratorio de Investigación de Suelos y Aguas (LABISAG). Además, cada lugar fue debidamente georreferenciado utilizando un GPS Diferencial Garmin (Anexo 3). Cada una de las muestras vegetales se recolectó del mismo punto donde se recolectaron las muestras de suelo, además se lavó en alcohol antes de meterlas en el sobre manila para su envío. En el laboratorio las muestras de las partes vegetales se enjuagaron con agua destilada y se dejó secar a la intemperie por 2 meses. Los frutos se abrieron y se separaron las semillas de la cascara y se dejó secar a la intemperie (Anexo 4).

## **2.5. Análisis de las muestras de suelo**

Para el análisis del potencial de hidrógeno (pH) y la conductividad eléctrica (CE) se empleó el método relación suelo agua 1:1 (v:v), el contenido de fósforo (P) en el suelo se determinó por el método de Olsen Modificado (Sanchez, 2016), el potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), aluminio (Al) y capacidad de intercambio catiónico (CIC) fueron determinados por el método Saturación con Acetato de Amonio 1N pH 7.0 (Sanchez, 2016); el porcentaje de materia orgánica (MO) fue determinada por el método de Walkley y Black (Walkley & Black, 1934). el cadmio disponible en el suelo fue determinado con la metodología EPA 3050B (Barrueta Rivera, 2013) (Anexo 5).

## **2.6. Análisis de las muestras de las partes vegetales del cacao**

Para el análisis de cadmio de las muestras de las partes vegetales se empleó el método de Vía Seca descrita por (Cardenas, 2012): las muestras se secaron, se picaron y se pesó 2 gr, se lo colocó en un crisol, seguidamente se procedió a quemar la muestra

en una estufa a 450°C a por 5 horas. Las muestras calcinadas se humedecieron con agua destilada, luego se agregó 2ml de Ácido Clorhídrico concentrado, se evaporó el contenido lentamente hasta su sequedad, se agregó nuevamente 2ml de agua destilada y 2ml de Ácido Clorhídrico concentrado, se calentó suavemente hasta que se disuelva la muestra, el contenido se transfirió a una fiola de 50 ml y se dejó filtrar, por último, el contenido se llevó a leer en el Espectrofotómetro de emisión atómica Marca Agilent Technologies, Modelo 4100 MP-AES con una precisión del 95%. (Anexo 6).

## **2.7. Análisis de datos**

Se calcularon los factores de transferencia de las concentraciones de Cd (Oliva et al., 2020), entre todas las partes de la planta y el suelo (Ecuación 1) y entre todas las partes superiores de la planta y la raíz (Ecuación 2):

$$FT = \text{Plant parts Cd} / \text{Soil Cd}, (1)$$

$$FT = \text{Up plant parts Cd} / \text{Root Cd}, (2)$$

El análisis de los resultados se realizó con el Software estadístico InfoStat versión 2018 (Rienzo et al., 2008). Para determinar las características físico-químicas del suelo y las concentraciones de cadmio en la raíz, tallo, hoja y fruto de planta de cacao, se realizó el cálculo de las medias resumen y la prueba de comparaciones múltiples de LSD Fisher ( $p \leq 0,05$ ) para determinar el nivel de significancia de estas características según la altura de muestreo, variedad de cacao cultivada y textura del suelo. Mediante las tablas de contingencia se determinó la relación entre textura del suelo, la variedad y la altura de muestreo ( $p \leq 0,05$ )

Con respecto a la determinación de la correlación entre los parámetros físico químicos del suelo y la bioacumulación de cadmio en las plantas de cacao (variables numéricas) se realizó una correlación de Pearson ( $p \leq 0,05$ ) entre todas las variables cuantitativas evaluadas.

## **III. RESULTADOS**

### **3.1. Análisis físico-químico del suelo de las plantaciones de cacao**

En el (Anexo 8) se puede observar los resultados obtenidos del análisis de caracterización del suelo en las 56 parcelas muestreadas, los cuales muestran el potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE), fósforo (P), potasio (K),

carbono (C), materia orgánica (MO), nitrógeno (N), clase textural, capacidad de intercambio catiónico (CIC), cationes cambiabiles ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{K}^{+2}$ ,  $\text{Na}^{+2}$  y  $\text{Al}^{+3}+\text{H}^{+}$ ) y cadmio (Cd).

La tabla 2 presenta los parámetros químicos del suelo a una profundidad de 0 a 30 cm a nivel de 3 pisos altitudinales (A1<400 msnm, A2 >401-800 msnm, A3 >800 msnm), en la altitud 1 se reportan suelos más ácidos con un pH de 6.59 y los suelos más alcalinos se encuentran a altitudes de 400-800 msnm.

Los parámetros que muestran diferencias significativas entre las medias son el pH, CE, K, C, MO, N, CIC, Ca, Mg, K+ y Na. Los valores más altos de las medias que se reportan en la A2 son pH ( $8.07\pm 0.4$ ), CE ( $0.39\pm 0.14$  ds/m) y K ( $340.47\pm 88.51$  ppm). Se registró un mayor contenido de cadmio en el suelo a una profundidad de 0-30 cm en A3 ( $0.05\pm 0.14$ ), mientras que en A2 no se detecta contenido de cadmio en el suelo (Anexo 10).

**Tabla 2.** Parámetros físico-químicos del suelo a profundidad de 0 cm - 30 cm, a nivel de altitudes (Media  $\pm$  desviación estándar).

| Parámetro      | A1 (<400 msnm)     | A2 (400-800 msnm)   | A3 (>800 msnm)       |
|----------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| n              | 11                 | 11                  | 34                   |
| pH (1:1)       | 6.59 $\pm$ 0.35c   | 8.07 $\pm$ 0.4a     | 7.22 $\pm$ 0.64b     |
| CE (1:1) ds/m  | 0.07 $\pm$ 0.03b   | 0.39 $\pm$ 0.14a    | 0.30 $\pm$ 0.18a     |
| P (ppm)        | 8.42 $\pm$ 8.25a   | 3.33 $\pm$ 2.06b    | 5.14 $\pm$ 4.46ab    |
| K (ppm)        | 105.3 $\pm$ 55.48b | 340.47 $\pm$ 88.51a | 325.12 $\pm$ 107.83a |
| C (%)          | 1.57 $\pm$ 0.71b   | 1.68 $\pm$ 1.05b    | 2.63 $\pm$ 0.91a     |
| MO (%)         | 2.70 $\pm$ 1.23b   | 2.90 $\pm$ 1.81ab   | 4.53 $\pm$ 1.57ba    |
| N (%)          | 0.14 $\pm$ 0.06b   | 0.15 $\pm$ 0.09b    | 0.23 $\pm$ 0.08a     |
| CIC (meq/100g) | 15.49 $\pm$ 5.33c  | 34.39 $\pm$ 2.76a   | 29.74 $\pm$ 5.8b     |
| Ca (meq/100g)  | 7.75 $\pm$ 3.25c   | 29.68 $\pm$ 2.38a   | 24.66 $\pm$ 5.75b    |
| Mg (meq/100g)  | 1.00 $\pm$ 0.61c   | 3.64 $\pm$ 1.44a    | 2.38 $\pm$ 0.82b     |
| K (meq/100g)   | 0.27 $\pm$ 0.14b   | 0.82 $\pm$ 0.24a    | 0.75 $\pm$ 0.26a     |
| Na (meq/100g)  | 0.12 $\pm$ 0.03b   | 0.26 $\pm$ 0.07a    | 0.22 $\pm$ 0.09a     |
| Al (meq/100g)  | 0.00 $\pm$ 0.00a   | 0.00 $\pm$ 0.00a    | 0.0029 $\pm$ 0.02a   |
| Cd (ppm)       | 0.03 $\pm$ 0.09a   | 0,00 $\pm$ 0.00a    | 0.05 $\pm$ 0.14a     |

Medias con igual letra en filas no difieren significativamente según LSD Fisher Alfa=0,05

La tabla 3 presenta los parámetros físicos y químicos del suelo a una profundidad de 30 a 60 cm a nivel de 3 pisos altitudinales (A1<400 msnm, A2 >401-800 msnm, A3 >800 msnm), en la altitud 1 se reportan suelos más ácidos con una media de pH de

6.46 y los suelos más alcalinos se encuentran a altitudes de 400 msnm a 800 msnm con una media de pH de 8.4.

Los parámetros que muestran una diferencia significativa entre las medidas son el pH, CE, K, CIC, Ca, Mg, K+, Na y Al. En A1 se presentan las medias más bajas de todos los parámetros químicos. Los valores más altos de las medias que se presentan en A2 son pH ( $8.4 \pm 0.29$ ), CE ( $0.31 \pm 0.13$ ), K ( $258.39 \pm 83.91$ ), C ( $1.67 \pm 0.8$ ), MO ( $2.87 \pm 1.38$ ), CIC ( $34.07 \pm 5.42$ ), Ca ( $29.83 \pm 4.5$ ), Mg ( $3.29 \pm 1.71$ ) y K+ ( $0.65 \pm 0.22$ ). Los valores más altos de las medias que se presentan en A3 son P ( $4.49 \pm 4.82$ ) y Al ( $0.02 \pm 0.10$ ). Solo se registró contenido de cadmio en el suelo a una profundidad de 30-60 en A3 ( $0.02 \pm 0.10$ ) (Anexo 11).

**Tabla 3.** Parámetros físico-químicos del suelo a profundidad de 30 cm - 60 cm, a nivel de altitudes (Media  $\pm$  desviación estándar)

| Parámetro      | A1 (<400 msnm)      | A2 (400-800 msnm)    | A3 (>800 msnm)       |
|----------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| n              | 11                  | 11                   | 34                   |
| pH (1:1)       | $6.46 \pm 0.40$ c   | $8.4 \pm 0.29$ a     | $7.44 \pm 0.73$ b    |
| CE (1:1) ds/m  | $0.03 \pm 0.01$ c   | $0.31 \pm 0.13$ a    | $0.21 \pm 0.15$ b    |
| P (ppm)        | $3.59 \pm 3.43$ a   | $2.24 \pm 1.78$ a    | $4.49 \pm 4.82$ a    |
| K (ppm)        | $80.97 \pm 34.94$ b | $258.39 \pm 83.91$ a | $248.11 \pm 98.26$ a |
| C (%)          | $1.07 \pm 0.63$ a   | $1.67 \pm 0.80$ a    | $1.62 \pm 0.64$ a    |
| MO (%)         | $1.84 \pm 1.08$ a   | $2.87 \pm 1.38$ a    | $2.79 \pm 1.10$ a    |
| N (%)          | $0.09 \pm 0.05$ b   | $0.14 \pm 0.07$ a    | $0.14 \pm 0.05$ a    |
| CIC (meq/100g) | $16.2 \pm 6.01$ c   | $34.07 \pm 5.42$ a   | $28.07 \pm 6.38$ b   |
| Ca (meq/100g)  | $6.87 \pm 2.8$ c    | $29.83 \pm 4.5$ a    | $23.15 \pm 8.11$ b   |
| Mg (meq/100g)  | $0.77 \pm 0.48$ c   | $3.29 \pm 1.71$ a    | $1.82 \pm 0.85$ b    |
| K+ (meq/100g)  | $0.19 \pm 0.11$ b   | $0.65 \pm 0.22$ a    | $0.59 \pm 0.25$ a    |
| Na (meq/100g)  | $0.11 \pm 0.02$ b   | $0.30 \pm 0.11$ a    | $0.24 \pm 0.11$ a    |
| Al (meq/100g)  | $0.00 \pm 0.00$ a   | $0.00 \pm 0.00$ a    | $0.02 \pm 0.10$ a    |
| Cd (ppm)       | $0.00 \pm 0.00$ a   | $0.00 \pm 0.00$ a    | $0.02 \pm 0.10$ a    |

Medias con igual letra en filas no difieren significativamente según LSD Fisher Alfa=0,05

La tabla 4 presenta los parámetros físicos y químicos del suelo a una profundidad de 0 a 30 cm a nivel de variedades (CCN51 y Nativo) en la variedad CCN51 se reportan suelos más ácidos, con una media de pH de 6.75 y los suelos más alcalinos se relacionan con la variedad nativo con una media de pH de 7.34.

Los parámetros que muestran una diferencia significativa entre las medidas son el pH, CE, K, CIC, Ca, Mg y K+. Se detectó el mayor contenido de cadmio en el suelo a la profundidad de 0-30 cm en plantaciones con cacao CCN51 ( $0.06 \pm 0.12$ ) y los



valores más bajos del contenido de Cd se encontraron en suelos con plantaciones de cacao Nativo (Anexo 12).

**Tabla 4.** *Parámetros físico-químicos del suelo a profundidad de 0 cm - 30 cm, por variedades (Media ± desviación estándar).*

| Parámetro      | CCN51          | Nativo          |
|----------------|----------------|-----------------|
| N              | 7              | 49              |
| pH (1:1)       | 6.75±0.47b     | 7.34±0.72a      |
| CE (1:1) ds/m  | 0.12±0.08b     | 0.29±0.19a      |
| P (ppm)        | 4.18±3.99a     | 5.60±5.44a      |
| K (ppm)        | 138.17±120.93b | 305.93±118.718a |
| C (%)          | 2.03±1.20a     | 2.26±1.00a      |
| MO (%)         | 3.00±2.065a    | 3.90±1.72a      |
| N (%)          | 0.18±0.10a     | 0.19±0.09a      |
| CIC (meq/100g) | 21.01±7.46b    | 28.83±7.95a     |
| Ca (meq/100g)  | 13.3±6.84b     | 23.61±8.46a     |
| Mg (meq/100g)  | 1.40±0.97b     | 2.49±1.22a      |
| K+ (meq/100g)  | 0.36±0.29b     | 0.71±0.28a      |
| Na (meq/100g)  | 0.15±0.08a     | 0.22±0.09a      |
| Al (meq/100g)  | 0.00±0.00a     | 0.02±0.01a      |
| Cd (ppm)       | 0.06±0.12a     | 0.04±0.12a      |

Medias con igual letra en filas no difieren significativamente según LSD Fisher Alfa=0,05

La tabla 5 presenta los parámetros físicos y químicos del suelo a una profundidad de 30 a 60 cm a nivel de 2 variedades de cacao (CCN51 y Nativo) en la variedad CCN51 se reportan suelos más ácidos, con una media de pH de 6.64 y los suelos más alcalinos se relacionan con la variedad nativo con una media de pH de 7.55.

Los parámetros que muestran una diferencia significativa entre las medidas son el pH, K, Ca, K+ y Na. En la variedad CCN51 se presentan las medias más bajas de todos los parámetros químicos analizados. Los valores más altos de las medias se presentan en la variedad Nativo. Solo se detectó contenido de cadmio en el suelo a la profundidad de 30-60 cm en la variedad nativo (0.02±0.08) (Anexo 13).

**Tabla 5.** *Parámetros físico-químicos del suelo a profundidad de 30 cm - 60 cm, por variedades (Media ± desviación estándar).*

| Parámetro     | CCN51         | Nativo         |
|---------------|---------------|----------------|
| n             | 7             | 43             |
| pH (1:1)      | 6.64±0.76b    | 7.55±0.82a     |
| CE (1:1) ds/m | 0.09±0.09a    | 0.21±0.16a     |
| P (ppm)       | 1.92±1.7a     | 4.15±4.36a     |
| K (ppm)       | 119.45±74.68b | 231.28±106.70a |

|                |             |             |
|----------------|-------------|-------------|
| C (%)          | 1.10±0.61a  | 1.58±0.69a  |
| MO (%)         | 1.9±1.06a   | 2.72±1.19a  |
| N (%)          | 0.1±0.05a   | 0.14±0.06a  |
| CIC (meq/100g) | 21.19±6.77a | 27.74±8.33a |
| Ca (meq/100g)  | 11.35±4.04b | 22.68±9.97a |
| Mg (meq/100g)  | 1.26±0.68a  | 1.99±1.33a  |
| K+ (meq/100g)  | 0.29±0.2b   | 0.55±0.27a  |
| Na (meq/100g)  | 0.11±0.03b  | 0.24±0.12a  |
| Al (meq/100g)  | 0.00±0.00a  | 0.01±0.08a  |
| Cd (ppm)       | 0.00±0.00a  | 0.02±0.08a  |

Medias con igual letra en filas no difieren significativamente según LSD Fisher Alfa=0,05

En la tabla 6 (Anexo 14), se presentan los valores de contingencia entre la clase textural del suelo a la profundidad de 0-30 cm relacionado con 3 altitudes (A1<400 msnm, A2 >401-800 msnm, A3 >800 msnm) y 2 variedades (CCN51 y Nativo). En A1 se observa un mayor número de muestras que son de la clase textural franco (6) y las clases texturales que no se encontró en esta altitud fue arcilloso y arcilloso arenoso. En A2 se observa una predominancia de la clase textural arcillosa (7), mientras que las clases texturales que no se encontró en esta altitud son francos y franco arenosos. En la A3 se registra un mayor número de muestras de a clase textural arcilloso (19).

En la clase textural relacionado a la variedad, encontramos que en la variedad CCN51 se registran un mayor número de muestras de clase franco (3), no se registra muestras de clase textural arcilloso, arcilloso arenoso y franco arenoso. En la variedad nativo se encuentra un mayor número de muestras en la clase textural arcilloso (26), y el menor número de muestras es de la clase textural franco arenoso (3).

**Tabla 6.** Contingencia de la relación entre la clase textural del suelo de 0-30 cm, la altitud y la variedad del cacao.

|                   | Ar. | Ar.A | Fr. | Fr.A. | Fr.Ar | Fr.Ar.A. | Total |
|-------------------|-----|------|-----|-------|-------|----------|-------|
| A1 (<400 msnm)    | 0   | 0    | 6   | 3     | 1     | 1        | 11    |
| A2 (400-800 msnm) | 7   | 1    | 0   | 0     | 2     | 1        | 11    |
| A3 (>800 msnm)    | 19  | 5    | 0   | 0     | 5     | 5        | 34    |
| Total             | 26  | 6    | 6   | 3     | 8     | 7        | 56    |
| CCN51             | 0   | 0    | 3   | 0     | 2     | 2        | 7     |
| Nativo            | 26  | 6    | 3   | 3     | 6     | 5        | 49    |
| Total             | 26  | 6    | 6   | 3     | 8     | 7        | 56    |

Ar. = Arcilloso; Ar.A. = Arcillo Arenoso; Fr. = Franco; Fr.A. = Franco Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso.

En la tabla 7 (Anexo 15), se presentan los valores de contingencia entre la clase textural del suelo a la profundidad de 30-60 cm relacionado con 3 altitudes (A1<400 msnm, A2 >401-800 msnm, A3 >800 msnm) y 2 variedades (CCN51 y Nativo). En A1 se observa un mayor número de muestras que son de la clase textural franco (4) y las clases texturales que no se encontró en esta altitud fue arcilloso arenoso, franco arenoso y franco arcilloso arenoso. En A2 se observa una predominancia de la clase textural arenosa (9), mientras que las clases texturales que no se encontró en esta altitud son arcilloso arenoso, francos, francos arenosos y francos arcillosos. En la A3 se registra un mayor número de muestras de a clase textural arcilloso (27).

En cuanto a la clase textural relacionado a la variedad, encontramos que en la variedad CCN51 se registran un mayor número de muestras de clase arenoso (4), no se registra muestras de clase textural arcilloso arenoso, franco arenoso y franco arcilloso arenoso. En la variedad nativo se encuentra un mayor número de muestras en la clase textural arcilloso (34), y el menor número de muestras es de la clase textural franco arenoso (3).

**Tabla 7.** Contingencia de la relación entre la clase textural del suelo de 30-60 cm, la altitud y la variedad del cacao.

|                   | Ar. | Ar.A | Fr. | Fr.A. | Fr.Ar | Fr.Ar.A. | Total |
|-------------------|-----|------|-----|-------|-------|----------|-------|
| A1 (<400 msnm)    | 2   | 0    | 4   | 3     | 2     | 0        | 11    |
| A2 (400-800 msnm) | 9   | 0    | 0   | 0     | 0     | 2        | 11    |
| A3 (>800 msnm)    | 27  | 3    | 0   | 0     | 2     | 2        | 34    |
| Total             | 38  | 3    | 4   | 3     | 4     | 4        | 56    |
| CCN51             | 4   | 0    | 1   | 0     | 2     | 0        | 7     |
| Nativo            | 34  | 3    | 3   | 3     | 2     | 4        | 49    |
| Total             | 38  | 3    | 4   | 3     | 4     | 4        | 56    |

Ar. = Arcilloso; Ar.A. = Arcillo Arenoso; Fr. = Franco; Fr.A. = Franco Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso.

### 3.2. Contenido de cadmio en las partes vegetales del cacao

Se realizó tres lecturas en el espectrofotómetro de emisión atómica para cada una de las muestras analizadas (Anexo 9), los puntos de muestreo se clasificaron en tres altitudes; 1: altitudes 0-400 msnm, 2: 401-800 msnm y 3: mayores a 800 msnm (Anexo 4). De los resultados obtenidos se elaboró un cuadro resumen donde nos indica las concentraciones de cadmio promedio de raíz, tallo, hoja, cáscara, testa y almendra relacionados con la altitud.

La tabla 8 muestra los contenidos de cadmio en las partes vegetales del cacao, a nivel de 3 pisos altitudinales (A1 <400 msnm, A2 >401-800 msnm, A3 >800 msnm). En la altitud 1 se reportan los mayores contenidos de cadmio en todas las partes del cacao y los menores contenidos de cadmio se encuentran a altitudes de 400-800 msnm.

Los parámetros que muestran una diferencia significativa entre las medidas del contenido de cadmio en las partes vegetales del cacao son raíz, tallo, hoja, cáscara, testa y almendra. Se puede observar que los valores máximos de cadmio total den la planta se encuentran a una altitud <400 msnm ( $8.26 \pm 4.20$ ), seguido de >800 msnm ( $0.91 \pm 1.33$ ) y los menores contenidos de cadmio total en la planta se encuentran a una altitud de 400-800 msnm ( $0.71 \pm 0.82$ ) (Anexo 16).

**Tabla 8.** *Contenidos de cadmio en las partes vegetales del cacao, por pisos altitudinales (Media  $\pm$  desviación estándar).*

| Parámetro      | A1 (<400 msnm)   | A2 (400-800 msnm) | A3 (>800 msnm)   |
|----------------|------------------|-------------------|------------------|
| N              | 11               | 11                | 34               |
| Raíz (ppm)     | $2.12 \pm 1.4a$  | $0.06 \pm 0.15b$  | $0.24 \pm 0.45b$ |
| Tallo (ppm)    | $1.21 \pm 0.64a$ | $0.05 \pm 0.08b$  | $0.13 \pm 0.31b$ |
| Hoja (ppm)     | $3.32 \pm 2.12a$ | $0.32 \pm 0.36b$  | $0.37 \pm 0.58b$ |
| Cáscara (ppm)  | $0.90 \pm 0.43a$ | $0.16 \pm 0.39b$  | $0.07 \pm 0.14b$ |
| Testa (ppm)    | $0.70 \pm 0.78a$ | $0.12 \pm 0.24b$  | $0.11 \pm 0.13b$ |
| Almendra (ppm) | $0.88 \pm 0.61a$ | $0.17 \pm 0.24b$  | $0.19 \pm 0.2b$  |
| Total          | $8.26 \pm 4.20a$ | $0.71 \pm 0.82b$  | $0.91 \pm 1.33b$ |

Medias con igual letra en filas no difieren significativamente según LSD Fisher Alfa=0,05

La tabla 9 muestra los contenidos de cadmio en las partes vegetales del cacao, a nivel de variedades (CCN51 y Nativo). La variedad CCN51 registra los valores más altos de contenido de cadmio en la raíz ( $0.76 \pm 0.57$ ), tallo ( $0.49 \pm 0.35$ ), hoja ( $1.39 \pm 0.9$ ) y cáscara ( $0.42 \pm 0.38$ ). La variedad Nativo registra las medias más bajas de contenido de cadmio en todas las partes vegetales de cacao, excepto en la testa ( $0.23 \pm 0.46$ ) y la almendra ( $0.33 \pm 0.44$ ).

Las partes vegetales del cacao no presentan una diferencia significativa entre las medias del contenido de cadmio clasificado por variedades (Anexo 17).

**Tabla 9.** *Contenidos de cadmio en las partes vegetales del cacao, por variedad cultivada (Media  $\pm$  desviación estándar).*

| Parámetro  | CCN51            | Nativo           |
|------------|------------------|------------------|
| N          | 7                | 49               |
| Raíz (ppm) | $0.76 \pm 0.57a$ | $0.54 \pm 1.09a$ |

|                |            |            |
|----------------|------------|------------|
| Tallo (ppm)    | 0.49±0.35a | 0.30±0.60a |
| Hoja (ppm)     | 1.39±0.9a  | 0.87±1.64a |
| Cáscara (ppm)  | 0.42±0.38a | 0.22±0.43a |
| Testa (ppm)    | 0.20±0.20a | 0.23±0.46a |
| Almendra (ppm) | 0.28±0.28a | 0.33±0.44a |
| Total (ppm)    | 3.54±2.38a | 2.51±4.17a |

Medias con igual letra en filas no difieren significativamente según LSD Fisher Alfa=0,05

En la tabla 10 se muestran los contenidos de cadmio en las diferentes partes vegetales de la planta, a nivel de las texturas del suelo a la profundidad de 0-30 cm (Arcilloso, Arcilloso arenoso, Franco, Franco arenoso, Franco arcilloso y Franco arcilloso arenoso). En Ar. Se encuentran los valores más bajos de las medias del contenido de cadmio en raíz (0.09±0.15), tallo (0.04±0.05), cáscara (0.07±0.26), testa (0.10±0.17), almendra (0.19±0.21) y el contenido total de cadmio en la planta (0.57±0.65). Los suelos Fr.A presentan los mayores contenidos de cadmio en todas las partes vegetales de la planta de cacao, así como en el total de cadmio acumulado (10.86±4.31).

Todas las partes vegetales del cacao presentan diferencias significativas relacionadas a la textura del suelo a la profundidad de 0-30 cm (Anexo 18).

**Tabla 10.** *Contenidos de cadmio en las partes vegetales del cacao, por textura del suelo de 0-30 cm (Media ± desviación estándar).*

| Parámetro    | Ar.        | Ar.A.       | Fr.        | Fr.A.       | Fr.Ar.      | Fr.Ar.A.    |
|--------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| Parcelas (n) | 26         | 6           | 6          | 3           | 8           | 7           |
| Raíz         | 0.09±0.15c | 0.12±0.21cb | 2.07±1.36a | 2.85±1.86a  | 0.38±0.48cb | 0.72±0.83b  |
| Tallo        | 0.04±0.05c | 0.06±0.07cb | 1.31±0.73a | 1.45±0.28a  | 0.36±0.61b  | 0.25±0.22cb |
| Hoja         | 0.26±0.32b | 0.19±0.29b  | 3.21±1.49a | 4.46±3.60a  | 0.64±0.76b  | 0.97±1.08b  |
| Cáscara      | 0.07±0.26b | 0.11±0.15b  | 0.88±0.50a | 1.16±0.13a  | 0.19±0.31b  | 0.15±0.19b  |
| Testa        | 0.10±0.17b | 0.17±0.12b  | 0.76±0.96a | 0.93±0.61a  | 0.11±0.13b  | 0.13±0.19b  |
| Almendra     | 0.19±0.21c | 0.20±0.17c  | 0.89±0.65b | 1.30±0.07a  | 0.27±0.28c  | 0.11±0.12c  |
| Total        | 0.57±0.65b | 0.64±0.79b  | 8.23±4.23a | 10.86±4.31a | 1.67±2.17b  | 2.23±2.04b  |

Medias con igual letra en filas no difieren significativamente según LSD Fisher Alfa=0,05

Ar. = Arcilloso; Ar.A. = Arcillo Arenoso; Fr. = Franco; Fr.A. = Franco Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso.

La tabla 11 muestra el factor de transferencia entre las partes vegetales del cacao y el suelo a la profundidad de 0-30 cm a nivel de 3 altitudes (A1 < 400 msnm, A2 > 401-800 msnm, A3 > 800 msnm). En la altitud 1 se reporta los valores más bajos de las medias del factor de transferencia En la altitud 2 no se encuentra factor de transferencia entre las partes vegetales del cacao y el suelo. En la altitud 3 se reportan

los valores de las medias más altas en cuanto al factor de transferencia del cadmio de las partes vegetales y el suelo.

No existe una diferencia significativa entre las medidas del factor de transferencia de las partes vegetales del cacao y el suelo a una profundidad de 0-30 cm por altitudes (Anexo 18).

**Tabla 11.** Factor de transferencia entre las partes vegetales del cacao y el suelo a una profundidad de 0-30 cm, por altitud (Media  $\pm$  desviación estándar).

| Parámetro      | A1 (<400 msnm)   | A2 (400-800 msnm) | A3 (>800 msnm)   |
|----------------|------------------|-------------------|------------------|
| n              | 11               | 11                | 34               |
| Raíz/suelo     | 0.38 $\pm$ 1.26a | 0.00 $\pm$ 0.00a  | 0.46 $\pm$ 1.48a |
| Tallo/suelo    | 0.22 $\pm$ 0.74a | 0.00 $\pm$ 0.00a  | 0.23 $\pm$ 0.88a |
| Hoja/suelo     | 0.53 $\pm$ 1.75a | 0.00 $\pm$ 0.00a  | 0.88 $\pm$ 2.88a |
| Cáscara/suelo  | 0.15 $\pm$ 0.49a | 0.00 $\pm$ 0.00a  | 0.16 $\pm$ 0.6a  |
| Almendra/suelo | 0.17 $\pm$ 0.56a | 0.00 $\pm$ 0.00a  | 0.46 $\pm$ 1.89a |
| Testa/suelo    | 0.10 $\pm$ 0.32a | 0.00 $\pm$ 0.00a  | 0.13 $\pm$ 0.33a |
| Total/suelo    | 1.37 $\pm$ 4.56a | 0.00 $\pm$ 0.00a  | 1.86 $\pm$ 5.64a |

Medias con igual letra en filas no difieren significativamente según LSD Fisher Alfa=0,05

La tabla 12 muestra el factor de transferencia entre las partes vegetales del cacao y el suelo a la profundidad de 30-60 cm a nivel de 3 altitudes (A1<400 msnm, A2 >401-800 msnm, A3 >800 msnm). En la altitud 1 y 2 no se reporta valores de las medias en cuanto al factor de transferencia. En la altitud 3 se reportan los valores de las medias más altas en cuanto al factor de transferencia del cadmio de las partes vegetales y el suelo a la profundidad de 30-60 cm.

No existe una diferencia significativa entre las medidas del factor de transferencia de las partes vegetales del cacao y el suelo a una profundidad de 30-60 cm por altitudes (Anexo 18).

**Tabla 12.** Factor de transferencia entre el suelo a una profundidad de 30-60 cm y las partes vegetales del cacao, por altitud (Media  $\pm$  desviación estándar).

| Parámetro     | A1 (<400 msnm)   | A2 (400-800 msnm) | A3 (>800 msnm)   |
|---------------|------------------|-------------------|------------------|
| n             | 11               | 11                | 34               |
| Raíz/suelo    | 0.00 $\pm$ 0.00a | 0.00 $\pm$ 0.00a  | 0.17 $\pm$ 0.88a |
| Tallo/suelo   | 0.00 $\pm$ 0.00a | 0.00 $\pm$ 0.00a  | 0.23 $\pm$ 1.28a |
| Hoja/suelo    | 0.00 $\pm$ 0.00a | 0.00 $\pm$ 0.00a  | 0.22 $\pm$ 1.00a |
| Cáscara/suelo | 0.00 $\pm$ 0.00a | 0.00 $\pm$ 0.00a  | 0.07 $\pm$ 0.43a |
| Testa/suelo   | 0.00 $\pm$ 0.00a | 0.00 $\pm$ 0.00a  | 0.04 $\pm$ 0.16a |

|                |            |             |            |
|----------------|------------|-------------|------------|
| Almendra/suelo | 0.00±0.00a | 0.00±0.00a  | 0.11±0.49a |
| Total/suelo    | 0.00±0.00a | 0.00±0.00 a | 0.73±3.71a |

Medias con igual letra en filas no difieren significativamente según LSD Fisher Alfa=0,05

La tabla 13 muestra el factor de transferencia entre las partes vegetales del cacao y el suelo a la profundidad de 0-30 cm clasificado por 2 variedades (CCN51 y Nativo). En la variedad CCN51 se registran los valores de las medias más altas del factor de transferencia entre las partes del cacao y el suelo a una profundidad de 0-30 cm, excepto en almendra/suelo (0.20±0.40). En la variedad Nativo se registra los valores más bajos del factor de transferencia entre las partes vegetales del cacao y el suelo a la profundidad de 0-30 cm, excepto en almendra/suelo (0.32±1.58).

No existe una diferencia significativa entre las medidas del factor de transferencia de las partes vegetales del cacao y el suelo a una profundidad de 0-30 cm por variedades (Anexo 18).

**Tabla 13.** Factor de transferencia entre el suelo a una profundidad de 0-30 cm y las partes vegetales del cacao, por variedad (Media ± desviación estándar).

| Parámetro      | CC51       | Nativo                 |
|----------------|------------|------------------------|
| N              | 7          | 49                     |
| Raíz/suelo     | 0.60±1.58a | 0.32±1.25 <sup>a</sup> |
| Tallo/suelo    | 0.35±0.93a | 0.16±0.74 <sup>a</sup> |
| Hoja/suelo     | 0.83±2.19a | 0.61±2.42 <sup>a</sup> |
| Cáscara/suelo  | 0.23±0.62a | 0.11±0.50 <sup>a</sup> |
| Testa/suelo    | 0.28±0.70a | 0.08±0.28 <sup>a</sup> |
| Almendra/suelo | 0.20±0.40a | 0.32±1.58 <sup>a</sup> |
| Total/suelo    | 2.77±6.28a | 1.72±6.67 <sup>a</sup> |

Medias con igual letra en filas no difieren significativamente según LSD Fisher Alfa=0,05

La tabla 14 muestra el factor de transferencia entre las partes vegetales del cacao y el suelo a la profundidad de 30-60 cm clasificado por 2 variedades (CCN51 y Nativo). En la variedad CCN51 no se registran valores de las medias del factor de transferencia entre las partes del cacao y el suelo a una profundidad de 30-60 cm. En la variedad nativo se registran todos los valores del factor de transferencia entre las partes vegetales del cacao y el suelo a la profundidad de 30-60 cm.

No existe una diferencia significativa entre las medidas del factor de transferencia de las partes vegetales del cacao y el suelo a una profundidad de 30-60 cm por variedades (Anexo 18).

**Tabla 14.** Factor de transferencia entre el suelo a una profundidad de 30-60 cm y las partes vegetales del cacao, por variedad (Media  $\pm$  desviación estándar).

| Parámetro      | CC51             | Nativo           |
|----------------|------------------|------------------|
| N              | 7                | 49               |
| Raíz/suelo     | 0.00 $\pm$ 0.00a | 0.12 $\pm$ 0.73a |
| Tallo/suelo    | 0.00 $\pm$ 0.00a | 0.16 $\pm$ 1.06a |
| Hoja/suelo     | 0.00 $\pm$ 0.00a | 0.15 $\pm$ 0.83a |
| Cáscara/suelo  | 0.00 $\pm$ 0.00a | 0.05 $\pm$ 0.36a |
| Almendra/suelo | 0.00 $\pm$ 0.00a | 0.02 $\pm$ 0.13a |
| Testa/suelo    | 0.00 $\pm$ 0.00a | 0.08 $\pm$ 0.41a |
| Total/suelo    | 0.00 $\pm$ 0.00a | 0.59 $\pm$ 3.50a |

Medias con igual letra en filas no difieren significativamente según LSD Fisher Alfa=0,05

La tabla 15 muestra el factor de transferencia entre las partes vegetales de la planta del cacao y la raíz por 3 altitudes (A1 < 400 msnm, A2 > 401-800 msnm, A3 > 800 msnm). En la altitud 1 se muestran las medias más altas del factor de transferencia entre las partes vegetales del cacao y la raíz. En la altitud 2 se registran las medias más bajas de los valores del factor de transferencia en hoja/raíz (0.53 $\pm$ 0.60), y almendra/raíz (0.29 $\pm$ 0.40). En la altitud 3 se registran las medias más bajas del valor del factor de transferencia en tallo/raíz (0.37 $\pm$ 0.61) y cascara/raíz (0.11 $\pm$ 0.24).

No existe una diferencia significativa entre las medidas del factor de transferencia de las partes vegetales del cacao por altitudes (Anexo 18).

**Tabla 15.** Factor de transferencia entre las partes vegetales de la planta de cacao y la raíz, por altitud (Media  $\pm$  desviación estándar).

| Parámetro     | A1 (<400 msnm)   | A2 (400-800 msnm) | A3 (>800 msnm)   |
|---------------|------------------|-------------------|------------------|
| N             | 11               | 11                | 34               |
| Tallo/raíz    | 0.77 $\pm$ 0.62a | 0.42 $\pm$ 0.79a  | 0.37 $\pm$ 0.61a |
| Hoja/raíz     | 5.54 $\pm$ 3.53a | 0.53 $\pm$ 0.60a  | 0.61 $\pm$ 0.97a |
| Cáscara/raíz  | 1.50 $\pm$ 0.72a | 0.27 $\pm$ 0.66a  | 0.11 $\pm$ 0.24a |
| Testa/raíz    | 1.17 $\pm$ 1.30a | 0.19 $\pm$ 0.39a  | 0.19 $\pm$ 0.22a |
| Almendra/raíz | 1.46 $\pm$ 1.01a | 0.29 $\pm$ 0.40a  | 0.33 $\pm$ 0.34a |

Medias con igual letra en filas no difieren significativamente según LSD Fisher Alfa=0,05

La tabla 16 muestra el factor de transferencia entre las partes vegetales del cacao y la raíz por 2 variedades (CCN51 y Nativo). En la variedad CCN51 se muestran las medias más altas del factor de transferencia entre las partes vegetales del cacao y la raíz en tallo/raíz (0.50 $\pm$ 0.47), hoja/raíz (2.31 $\pm$ 1.51) y cáscara/raíz (0.70 $\pm$ 0.64). En la variedad nativo se registran las medias más altas de los valores del factor de



transferencia en entre las partes vegetales del cacao y la raíz en testa/raíz ( $0.39\pm 0.76$ ) y almendra/raíz ( $0.55\pm 0.73$ ).

No existe una diferencia significativa entre las medidas del factor de transferencia de las partes vegetales del cacao por variedades (Anexo 18).

**Tabla 16.** Factor de transferencia entre las partes vegetales de la planta de cacao y la raíz, por variedad (Media  $\pm$  desviación estándar).

| Parámetro     | CC51             | Nativo           |
|---------------|------------------|------------------|
| N             | 7                | 49               |
| Tallo/raíz    | $0.50\pm 0.47^a$ | $0.45\pm 0.68^a$ |
| Hoja raíz     | $2.31\pm 1.51^a$ | $1.46\pm 2.73^a$ |
| Cáscara/raíz  | $0.70\pm 0.64^a$ | $0.37\pm 0.71^a$ |
| Testa/raíz    | $0.34\pm 0.34^a$ | $0.39\pm 0.76^a$ |
| Almendra/raíz | $0.46\pm 0.46^a$ | $0.55\pm 0.73^a$ |

Medias con igual letra en filas no difieren significativamente según LSD Fisher Alfa=0,05

### 3.3. Correlación de los parámetros físico químicos del suelo y el contenido de cadmio en las partes vegetales del cacao

Se realizó un análisis de correlación de los parámetros físicos y químicos del suelo y el contenido de cadmio en las partes vegetales del cacao, con la finalidad de observar las relaciones que existe entre las características del suelo y las concentraciones de cadmio en la planta, clasificados por altitud y variedad.

En la tabla 17 se observa la correlación que existe entre la concentración de cadmio a 2 profundidades (0-30 cm y 30-60 cm), y la clase textural del suelo (Arcilloso, Arcilloso arenoso, Franco, Franco arenosos, Franco arcilloso y Franco arcilloso arenoso). En la clase textural franco arcilloso arenoso se encuentran los valores máximos de las medias del contenido de cadmio en el suelo a la profundidad de 0-30 cm ( $0.15\pm 0.25$ ), y en la clase textural franco arcilloso se encuentran los máximos valores de las medias del contenido de cadmio en el suelo a la profundidad de 30-60 cm.

Se observa que existe una diferencia significativa en cuanto al contenido de cadmio a la profundidad de 0-30 cm y la profundidad de 30-60 cm (Anexo 19).

**Tabla 17.** Correlación de la *concentración de Cd del suelo a profundidades de 0 – 30 cm y 30 - 60 cm, con la textura del suelo (Media ± desviación estándar).*

|             | Ar.          | Ar.A     | Fr.        | Fr.A.     | Fr.Ar      | Fr.Ar.A.    |
|-------------|--------------|----------|------------|-----------|------------|-------------|
| n           | 26           | 6        | 6          | 3         | 8          | 7           |
| Cd 0-30 cm  | 0.0±0.0c     | 0.0±0.0c | 0.05±0.13b | 0.0±0.00c | 0.10±0.14a | 0.15±0.25ab |
| Cd 30-60 cm | 0.0±0.0<br>b | 0.0±0.0b | 0.0±0.0b   | 0.0±0.0b  | 0.10±0.20a | 0.0±0.0b    |

Medias con igual letra en filas no difieren significativamente según LSD Fisher Alfa=0,05.

En la tabla 18 (Anexo 20) se observa la correlación que existe entre las características químicas del suelo a la profundidad de 0-30 cm con las concentraciones de cadmio en el suelo, las partes vegetales de la planta de cacao y la altitud de la parcela muestreada. Encontramos que el pH del suelo a la profundidad de 0-30 cm tiene una correlación negativa altamente significativa con el contenido de cadmio en raíz, tallo, cáscara y el total de cadmio en la planta; sin embargo, no se encontró una correlación significativa entre en pH del suelo a la profundidad de 0-30 cm con la concentración de cadmio en el suelo a la profundidad de 0-30 cm y 30-60 cm; tampoco se encontró una correlación significativa con la altitud.

Se encontró que la profundidad de 0-30 cm, la CE a la tiene una correlación negativa altamente significativa con los contenidos de cadmio en raíz, tallo, hoja, cáscara, almendra, contenido total de cadmio y una correlación positiva altamente significativa con la altitud. Los contenidos de P tienen una correlación positiva altamente significativa con los contenidos de cadmio en la raíz, almendra y contenido total de cadmio. Los valores de K, CIC y Ca<sup>+</sup> tienen una correlación negativa altamente significativa con las concentraciones de cadmio de todas las partes vegetales del cacao y una correlación positiva altamente significativa con la altitud. El porcentaje de MO tiene una correlación significativa con los contenidos de cadmio en cáscara, testa y almendra. Las características químicas del suelo a la profundidad de 0-30 cm no tienen una correlación significativa con las concentraciones de Cd en el suelo. No se encontraron correlaciones significativas entre el contenido de Al y las concentraciones de cadmio en el suelo, las partes vegetales del cacao y la altitud.

En la tabla 19 (Anexo 21) se observa la correlación que existe entre las características químicas del suelo a la profundidad de 30-60 cm con las concentraciones de cadmio en el suelo, las partes vegetales de la planta de cacao y la altitud de la parcela muestreada. Encontramos que el pH del suelo a la profundidad de 30-60 cm tiene una

correlación negativa altamente significativa con el contenido de cadmio en raíz, tallo, hoja, cáscara y el total de cadmio en la planta; además se encontró una correlación significativa con la altitud. Sin embargo, no se encontró una correlación significativa entre el pH del suelo a la profundidad de 30-60 cm con la concentración de cadmio en la testa, tampoco en el suelo a la profundidad de 0-30 cm y 30-60 cm.

Se encontró que en la profundidad de 30-60 cm, la CE a la tiene una correlación negativa altamente significativa con los contenidos de cadmio en raíz, tallo, hoja y contenido total de cadmio en la planta; también presenta una correlación positiva significativa con la altitud. Los contenidos de P no tienen una correlación significativa con los contenidos de cadmio en las partes vegetales del cacao, contenido de cadmio en el suelo y tampoco altitud. Los valores de K, CIC y  $\text{Ca}^+$  tienen una correlación negativa altamente significativa con las concentraciones de cadmio de todas las partes vegetales del cacao y una correlación positiva altamente significativa con la altitud. El porcentaje de MO tiene una correlación altamente significativa con la altitud del punto de muestreo. Las características químicas del suelo a la profundidad de 30-60 cm no tienen una correlación significativa con las concentraciones de Cd en el suelo. No se encontraron correlaciones significativas entre el contenido de Al y las concentraciones de cadmio en el suelo, las partes vegetales del cacao y la altitud.

**Tabla 18.** Análisis de correlación entre las características químicas del suelo a la profundidad de 0-30 cm y las concentraciones de cadmio en el suelo, las partes vegetales del cacao y altitud

|          | pH      | CE      | P      | K       | C      | MO     | N      | CIC     | Ca <sup>+</sup> | Mg <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | Na <sup>+</sup> | Al <sup>+</sup> |
|----------|---------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| Raíz     | -0.38** | -0.45** | 0.47** | -0.58** | -0.19  | -0.19  | -0.19  | -0.71** | -0.75**         | -0.45**         | -0.56**        | -0.41**         | -0.07           |
| Tallo    | -0.44** | -0.48** | 0.24   | -0.62** | -0.22  | -0.21  | -0.21  | -0.67** | -0.76**         | -0.38**         | -0.59**        | -0.44**         | -0.07           |
| Hoja     | -0.34*  | -0.42** | 0.32*  | -0.52** | -0.22  | -0.22  | -0.22  | -0.65** | -0.71**         | -0.37**         | -0.50**        | -0.38**         | -0.08           |
| Cáscara  | -0.37** | -0.40** | 0.23   | -0.58** | -0.29* | -0.29* | -0.29* | -0.58** | -0.67**         | -0.33**         | -0.54**        | -0.30*          | -0.08           |
| Testa    | -0.27*  | -0.32*  | 0.20   | -0.34** | -0.33* | -0.33* | -0.32* | -0.44** | -0.49**         | -0.24*          | -0.32*         | -0.26           | -0.06           |
| Almendra | -0.27*  | -0.37** | 0.34*  | -0.44** | -0.28* | -0.28* | -0.28* | -0.54** | -0.58**         | -0.34*          | -0.39**        | -0.34*          | -0.09           |
| Total    | -0.4**  | -0.47** | 0.36** | -0.60** | -0.26  | -0.26  | -0.25  | -0.71** | -0.78**         | -0.41**         | -0.57**        | -0.42**         | -0.08           |
| Cd_60    | 0.05    | 0.06    | 0.14   | -0.18   | 0.16   | 0.16   | 0.16   | -0.05   | -0.03           | -0.04           | -0.13          | -0.19           | -0.02           |
| Cd_30    | 0.04    | 0.10    | 0.23   | -0.16   | 0.17   | 0.17   | 0.17   | -0.17   | -0.14           | -0.11           | -0.12          | -0.12           | -0.04           |
| Altitud  | 0.19    | 0.42**  | -0.14  | 0.63**  | 0.53** | 0.53** | 0.53** | 0.52**  | 0.59**          | 0.28*           | 0.58**         | 0.36**          | 0.08            |

\*=Valores de correlación significativos ( $p \leq 0.05$ ). \*\*=Valores de correlación altamente significativos ( $p \leq 0.01$ ).

**Tabla 19.** Análisis de correlación entre las características químicas del suelo a la profundidad de 30-60 cm y las concentraciones de cadmio en el suelo, las partes vegetales del cacao y altitud

|          | pH      | CE      | P     | K       | C      | MO     | N      | CIC     | Ca <sup>+</sup> | Mg <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | Na <sup>+</sup> | Al <sup>+</sup> |
|----------|---------|---------|-------|---------|--------|--------|--------|---------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| Raíz     | -0.41** | -0.47** | 0.11  | -0.58** | -0.24  | -0.24  | -0.24  | -0.70** | -0.64**         | -0.39**         | -0.55**        | -0.30*          | -0.07           |
| Tallo    | -0.45** | -0.5**  | -0.02 | -0.6**  | -0.14  | -0.15  | -0.14  | -0.67** | -0.67**         | -0.42**         | -0.58**        | -0.33*          | -0.07           |
| Hoja     | -0.39** | -0.44** | 0.14  | -0.53** | -0.23  | -0.23  | -0.23  | -0.61** | -0.62**         | -0.37**         | -0.48**        | -0.32*          | -0.08           |
| Cáscara  | -0.43** | -0.32*  | -0.01 | -0.53** | -0.18  | -0.18  | -0.18  | -0.52** | -0.59**         | -0.27*          | -0.5**         | -0.24           | -0.08           |
| Testa    | -0.24   | -0.29*  | -0.05 | -0.39** | -0.04  | -0.04  | -0.04  | -0.37** | -0.39**         | -0.18           | -0.38**        | -0.2            | -0.06           |
| Almendra | -0.28*  | -0.33*  | 0.01  | -0.44** | -0.22  | -0.22  | -0.22  | -0.51** | -0.47**         | -0.25           | -0.41**        | -0.22           | -0.09           |
| Total    | -0.44** | -0.47** | 0.08  | -0.6**  | -0.22  | -0.22  | -0.22  | -0.67** | -0.67**         | -0.39**         | -0.56**        | -0.33*          | -0.08           |
| Cd suelo | 0.04    | -0.06   | 0.2   | -0.13   | -0.17  | -0.17  | -0.17  | -0.18   | -0.08           | -0.08           | -0.08          | 0.07            | -0.02           |
| Altitud  | 0.3*    | 0.33*   | 0.14  | 0.57**  | 0.35** | 0.35** | 0.35** | 0.36**  | 0.45**          | 0.11            | 0.52**         | 0.28*           | 0.08            |

\*=Valores de correlación significativos ( $p \leq 0.05$ ). \*\*=Valores de correlación altamente significativos ( $p \leq 0.01$ ).

En la tabla 20 (Anexo 21) se observa la correlación entre los contenidos de cadmio en las partes vegetales de la planta de cacao, todos contra todos y la correlación entre los contenidos de camio en las partes vegetales de la planta y los contenidos de cadmio en el suelo a la profundidad de 0-30 cm y 30-60 cm. Encontramos que existe una correlación positiva altamente significativa entre las partes vegetales del cacao, sin embargo, no se observa que haya una correlación significativa entre las partes vegetales del cacao y el contenido de cadmio en el suelo.

Se encontró que los contenidos de cadmio en las partes vegetales del cacao tienen una correlación negativa altamente significativa con la altitud a la que se encuentra la parcela de cacao.

**Tabla 20.** *Análisis de correlación entre las concentraciones de cadmio en las partes vegetales de cacao.*

|          | Raíz    | Tallo   | Hoja    | Cáscara | Testa   | Almendra | Total   | Cd_60  | Cd_30 | Altitud |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|--------|-------|---------|
| Raíz     | 1       |         |         |         |         |          |         |        |       |         |
| Tallo    | 0.82**  | 1       |         |         |         |          |         |        |       |         |
| Hoja     | 0.85**  | 0.81**  | 1       |         |         |          |         |        |       |         |
| Cáscara  | 0.66**  | 0.77**  | 0.74**  | 1       |         |          |         |        |       |         |
| Testa    | 0.59**  | 0.71**  | 0.55**  | 0.5**   | 1       |          |         |        |       |         |
| Almendra | 0.74**  | 0.75**  | 0.73**  | 0.75**  | 0.75**  | 1        |         |        |       |         |
| Total    | 0.93**  | 0.92**  | 0.95**  | 0.81**  | 0.70**  | 0.82**   | 1       |        |       |         |
| Cd_60    | 0.02    | 0.11    | 0.01    | -0.03   | -0.02   | 0.11     | 0.02    | 1      |       |         |
| Cd_30    | 0.11    | 0.17    | 0.13    | 0.0015  | 0.03    | 0.07     | 0.12    | 0.43** | 1     |         |
| Altitud  | -0.58** | -0.61** | -0.63** | -0.67** | -0.47** | -0.55**  | -0.67** | 0.14   | 0.09  | 1       |

\*=Valores de correlación significativos ( $p \leq 0.05$ ). \*\*=Valores de correlación altamente significativos ( $p \leq 0.01$ ).

#### IV. DISCUSION

Las características químicas del suelo de las 56 parcelas evaluadas son diferentes, las parcelas que se ubican por debajo de los 400 msnm presentan suelos más ácidos, con bajas concentraciones de P, MO y N; así mismo, estas fincas tienen las concentraciones más bajas de micronutrientes. En cambio, las fincas de A2 (400-800 msnm) son fincas con suelos más alcalinos y tienen la mayor concentración de macro y micro nutrientes. Por su parte, las fincas que se encuentran en A3 (>800 msnm) son de pH neutro, con altas concentraciones de macronutrientes y materia orgánica, pero poseen concentraciones medias de micro nutrientes. Estos resultados coinciden con la investigación de (Oliva et al., 2020) quien encontró que los suelos con una menor elevación tenían un pH más ácido y las tierras con mayor altitud fueron las que obtuvieron un mayor contenido de materia orgánica.

Con lo que respecta a la presencia de Cd en los suelos del agroecosistema cacao no se muestran diferencias significativas en función a los pisos altitudinales, esto nos permite afirmar que independientemente al piso altitudinal al que se encuentra la finca, la presencia de este metal pesado en el suelo es similar. Los resultados coinciden con los obtenidos en Venezuela, donde se observa que no existe relación entre la altitud y la concentración de cadmio en el suelo (Pilco, 2020).

Los resultados muestran que los parámetros químicos del suelo con respecto a la variedad de cacao solo varían significativamente en K y CIC, sin embargo, también se encuentran los valores más bajos de la media del pH (6.75) y CE(0.12) en la variedad CCN51, resultados que coinciden con las investigaciones de Mora, (2019); donde encontró que la variedad CCN51 presenta menor valor de la media del pH (4.46), CE (0.16) y MO(2.75) a comparación de la variedad nativa.

Se observa que la presencia de Cd está condicionada por la clase textural del suelo, los resultados indican que en los suelos franco arcilloso arenosos, se encuentra un mayor contenido de cadmio. Los resultados coinciden con las investigaciones realizadas en Huánuco y Ucayali-Perú (Huamaní-Yupanqui et al., 2012)(Cardenas et al., 2012); donde se reporta mayor concentración de cadmio en suelos franco arcillosos y francos, de igual modo en otra investigación sobre el contenido de Cd en suelos cacaoteros en 3 regiones del Perú (Norte, centro y sur), encontró que el

porcentaje de arcilla en el suelo tiene una correlación positiva con el contenido de Cd en el suelo (Arévalo et al., 2016).

Los resultados del contenido de cadmio en las partes vegetales nos indican que se encuentra un mayor contenido de cadmio en la hoja, seguido de la raíz y el tallo. Estos resultados tienen similitud con la investigación realizada por (Pedraza, 2017), quien encontró los mayores contenidos de cadmio en las ramas, seguido por las hojas y las raíces; estos resultados difieren con la investigación de (Cardenas, 2012), quien encontró una mayor concentración de cadmio a nivel foliar. Sin embargo, difiere de la investigación de Scaccabarozzi, quien encontró que las regiones como Amazonas y San Martín con climas templados, baja humedad y alta elevación tuvieron valores más altos de cadmio en los suelos de las plantaciones de cacao (Scaccabarozzi et al., 2020).

Las concentraciones de cadmio en las partes vegetales de la planta de cacao variaron significativamente con la altitud. Se encontraron valores máximos de las medias del contenido de cadmio en todas las partes vegetales del cacao a una altitud menor a 400 msnm, estos resultados concuerdan con la investigación realizada por Oliva et al., (2020), donde encontraron que las concentraciones de cadmio más altas se encontraban en las zonas de baja altitud.

Con respecto a la presencia de cadmio por clase textural, se observa que hay una mayor acumulación de cadmio en las hojas de la planta y una mayor acumulación de cadmio en las partes vegetales del cacao en suelos con clase de textura franco arenosa. Resultados similares se encontraron en Ecuador, donde se determinó la absorción de cadmio y plomo en genotipos de cacao (Chupillón, 2017). En Venezuela con la investigación de Sánchez se determinó la absorción de cadmio mediante isotermas de absorción en suelos, los resultados indican que la absorción del cadmio en los suelos está influenciada directamente por los contenidos de arcilla, MO y pH (Sánchez et al., 2011).

La variedad de cacao CCN51 es la que más acumula Cd en sus partes vegetales, a comparación del cacao Nativo. Resultados similares se encontraron en Venezuela, donde mostraron que las variedades de cacao híbridas son las que tienen una alta acumulación de Cd en las partes vegetales (Gregorio et al., 2016). Sin embargo, se observa valores más altos de Cd en almendra y testa en el cacao Nativo, coincidiendo

con la investigación realizada en México, donde se observa que hay una mayor cantidad de Cd en la harina proveniente de la cascarillas de cacao Nativo, a comparación del cacao CCN51 (El Salous & Pascual, 2018). También en Ecuador se encontró que el cacao Nativo tenía una mayor concentración de Cd en las hojas, almendras y testa, y una menor cantidad en el cacao CCN51 (Armijos, 2019). En Perú, Huamaní también encontró una mayor bioacumulación de cadmio en cacao CCN51 (Rosales-Huamani et al., 2020).

En cuanto al factor de transferencia, se puede observar que existe una mayor transferencia de cadmio entre las partes vegetales de la planta y el suelo a una altitud menor a los 400 msnm, también se observa que hay mayor transferencia de cadmio entre la hoja/tallo y la almendra/testa. Estos resultados coinciden con los resultados obtenidos en Amazonas-Perú (Oliva et al., 2020). El factor de transferencia entre las partes vegetales de la planta y el suelo, influenciadas por la clase textural muestra que existe una mayor transferencia del cadmio entre el suelo y las partes vegetales del cacao cuando la textura del suelo es franca, estos resultados se comparan con la investigación realizadas por Cardenas en Tingo María, departamento de Huánuco (Cardenas, 2012). La textura franca arcillosa ayuda a absorber los metales pesados y disminuir la acumulación del Cd en las partes vegetales de la planta (Armijos, 2019).

La correlación de los contenidos de cadmio entre las partes vegetales mostró que existe una correlación positiva altamente significativa con la concentración de cadmio en las partes vegetales, lo que significa que cuanto mayor sea el contenido en una parte de la planta, mayor será el contenido en todas las partes de la planta. Estos resultados no coinciden del todo con la investigación de (Pedraza, 2017), quien encontró que solo había una correlación positiva entre el cadmio en las almendras y el cadmio en las hojas, donde a mayor contenido de cadmio en las hojas mayor es el contenido de cadmio en las almendras.



## V. CONCLUSIONES

Los valores más altos de cadmio en suelo se encontraron a una profundidad de 0-30 cm, también se encontró que las menores concentraciones de cadmio en las partes vegetales de la planta de cacao están a una altitud de 400-800 msnm. Además la variedad que registró mayor bioacumulación de cadmio en las partes vegetales es la variedad CCN51, sin embargo, un mayor contenido de cadmio solo en las almendras fue encontrado en la variedad Nativo.

Los suelos cacaoteros de la región Amazonas se encuentran por debajo de los límites máximos permitidos, sin embargo, el contenido de cadmio en las partes vegetales del cacao sobrepasa los límites máximos permitidos (0.05 ppm), sobre todo en la almendra, que presenta un promedio de 0.32 ppm.

Los contenidos de cadmio en las partes vegetales del cacao están relacionados de manera inversa con los valores de pH, CE, K, CIC, Ca, Mg, K<sup>+</sup> y Na; mientras que se encuentran relacionadas directamente con la altitud en la que se encuentra la parcela. Sin embargo, los contenidos de cadmio en el suelo no presentan una relación con ninguna característica físico química del suelo, salvo en la profundidad a la que se encuentra el mineral.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arévalo, E., Obando, M. E., Zúñiga, L. B., Arévalo, 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>
- Armijos, A. (2019). *Comparación de los niveles de cadmio en cacao tipo nacional en la parroquia Río Bonito, Provincia de el Oro-Ecuador*. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15158>
- Barrueta, S. (2013). *Guía metodológica para el muestreo y detección de cadmio en suelos, agua, fertilizantes, almendras de cacao y productos derivados* (p. 77). Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida Sin Drogas.
- Bustamante, G. (2011). Aproximación al muestreo estadístico en investigaciones científicas. *Revista de Actualización Clínica*, 10, 476–480. [http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S2304-37682011000700006&script=sci\\_arttext&tlng=es](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S2304-37682011000700006&script=sci_arttext&tlng=es)
- Cardenas, A. (2012). Presencia del Cadmio en algunas parcelas de cacao orgánico en la cooperativa Agraria Industrial Naranjillo - Tingo María - Perú. In *Universidad Nacional Agraria de la Selva*. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/153>
- Castebianco, J. (2018). Heavy metals remediation with potential application in cocoa cultivation. *Granja*, 27(1), 21–35. <https://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.02>
- Chupillón, J. (2017). Determinación de la absorción de cadmio y plomo en genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) para el establecimiento de plantaciones comerciales [Universidad Nacional de San Martín]. In *Universidad nacional de san Martín-Tarapoto* (Vol. 01). <http://www.albayan.ae>
- Del Aguila, E. (2017). Determinación de cadmio y plomo en granos de cacao, frescos, secos y en licor de cacao (*Theobroma cacao*) [Universidad Nacional Agraria de la Selva]. In *Repositorio Institucional - UNAS*. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1269>
- Di Rienzo, J., Balzarini, M., Robledo, C., Casanoves, F., Gonzales, L., & Tablada, E.

- (2008). InfoStat Software manual del usuario. *FCA Universidad Nacional de Córdoba, November 2015*, 334.
- El Salous, A., & Pascual, A. (2018). Determinación de cadmio, plomo y ocratoxina en la harina proveniente de las cascarillas de dos variedades de cacao en Ecuador. *I+D Tecnológico*, *14*(1), 49–53. <https://doi.org/10.33412/idt.v14.1.1802>
- Gregorio, J., César, P., José, N., Hugo, V., Del, E., Metales, C. D. E., En, P., & Teobroma, C. (2016). EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE METALES PESADOS EN CACAO (*Theobroma cacao* L.) DE SANTA BÁRBARA DEL ZULIA, VENEZUELA. *SABER*, *28*.
- Huamaní H., Huauya, M., Mansilla, L., Florida, N., & Neira, G. (2012). Presencia de metales pesados en cultivo de cacao [*Theobroma cacao* L.] orgánico. *Acta Agronomica*, *61*(4), 339–344.
- Llatance, W., Saavedra, C., Gonzales, Guzmán, W., & Mondragón, E. (2018). Bioacumulación de cadmio en el cacao (*Theobroma cacao*) en la Comunidad Nativa de Pakun, Perú. *Revista Forestal Del Perú*, *33*(1), 63–75. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v33i1.1156>
- MINAGRI. (2019). Situación actual del café en el país. <https://www.midagri.gob.pe/portal/485-feria-scaa/10775-el-cafe-peruano#:~:text=En%20la%20actualidad%2C%20223%2C482%20familias,peruanos%20dependen%20de%20esta%20actividad>.
- MINAM. (2014). Guía para muestreo de suelos. In *Ministerio del Ambiente* (p. 38). [http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-MUESTREO-SUELO\\_MINAM1.pdf](http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-MUESTREO-SUELO_MINAM1.pdf)
- Mora, A. (2019). *Relación de los niveles de cadmio en raíz, hojas, testa y almendras de cultivares de theobroma cacao*. 43. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15166>
- Oliva, M., Rubio, K., Epquin, M., Marlo, G., & Leiva, S. (2020). Cadmium Uptake in Native Cacao Trees in Agricultural Lands of Bagua, Peru. *Agronomy*, 634.
- Pedraza, E. (2017). Distribución del contenido de cadmio en los diferentes órganos del

- cacao CCN-51 en suelo aluvial y residual en las localidades de Jacintillo y Ramal de Aspuzana. *Revista de Investigación En Agroproducción Sustentable*, 1(2), 69–78. <https://doi.org/10.25127/aps.20172.199>
- Pilco, J. (2020). Determinación de cadmio en suelos agríolas en el cantón Pallatanga, provincia de Chimborazo. In *Universidad de Guayaquil*. <http://mpoc.org.my/malaysian-palm-oil-industry/>
- Romero, C. (2016). *Estudio del cacao en el Perú y el mundo* (pp. 1–90).
- Rosales, J., Breña, J., Sespedes, S., De la Cuba, L., Centeno, L., Otiniano, A., Andradee, J., Valverde, S., & Castillo, J. (2020). Study to Determine Levels of Cadmium in Cocoa Crops Applied to Inland Areas of Peru: “The Case of the Campo Verde-Honoría Tournavista Corridor.” *Agronomy*, 10(10 October). <https://doi.org/10.3390/agronomy10101576>
- Sanchez, G. (2016). *Ecotoxicología del Cadmio: Riesgo para la Salud de la Utilización de Suelos Ricos en Cadmio*. 23. [http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/GARA\\_SANCHEZ\\_BARRON.pdf](http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/GARA_SANCHEZ_BARRON.pdf)
- Sánchez, N., Subero, N., & Rivero, C. (2011). Determinación de la adsorción de cadmio mediante isotermas de adsorción en suelos agrícolas venezolanos. *Acta Agronómica*, 60(2), 190–197.
- Scaccabarozzi, D., Castillo, L., Aromatizi, A., Milne, L., Castillo, A. B., & Muñoz-Rojas, M. (2020). Soil, site, and management factors affecting cadmium concentrations in cacao-growing soils. *Agronomy*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/agronomy10060806>
- Walkley, A., & Black, I. (1934). Un examen del método degtjareff para determinar la materia orgánica del suelo y una modificación propuesta en el método de titulación con ácido crómico. *Ciencia Del Suelo*, 37, 29–38.
- Wong, A. (2017). Determinación de cadmio en el suelo de cultivo de cacao CCN-51 mediante análisis de espectroscopía de absorción atómica [Universidad de Guayaquil]. In *Guayaquil - Ecuador* (Issue 4). <https://doi.org/10.1002/ejsp.2570>

## ANEXOS

### Anexo 1. Recolección de las muestras de suelo.



### Anexo 2. Secado y almacenamiento de las muestras de suelo en el laboratorio.





**Anexo 3.** Recolección de las muestras vegetales de la planta de cacao.



**Anexo 4.** Secado y almacenamiento de las muestras vegetales de la planta de cacao.





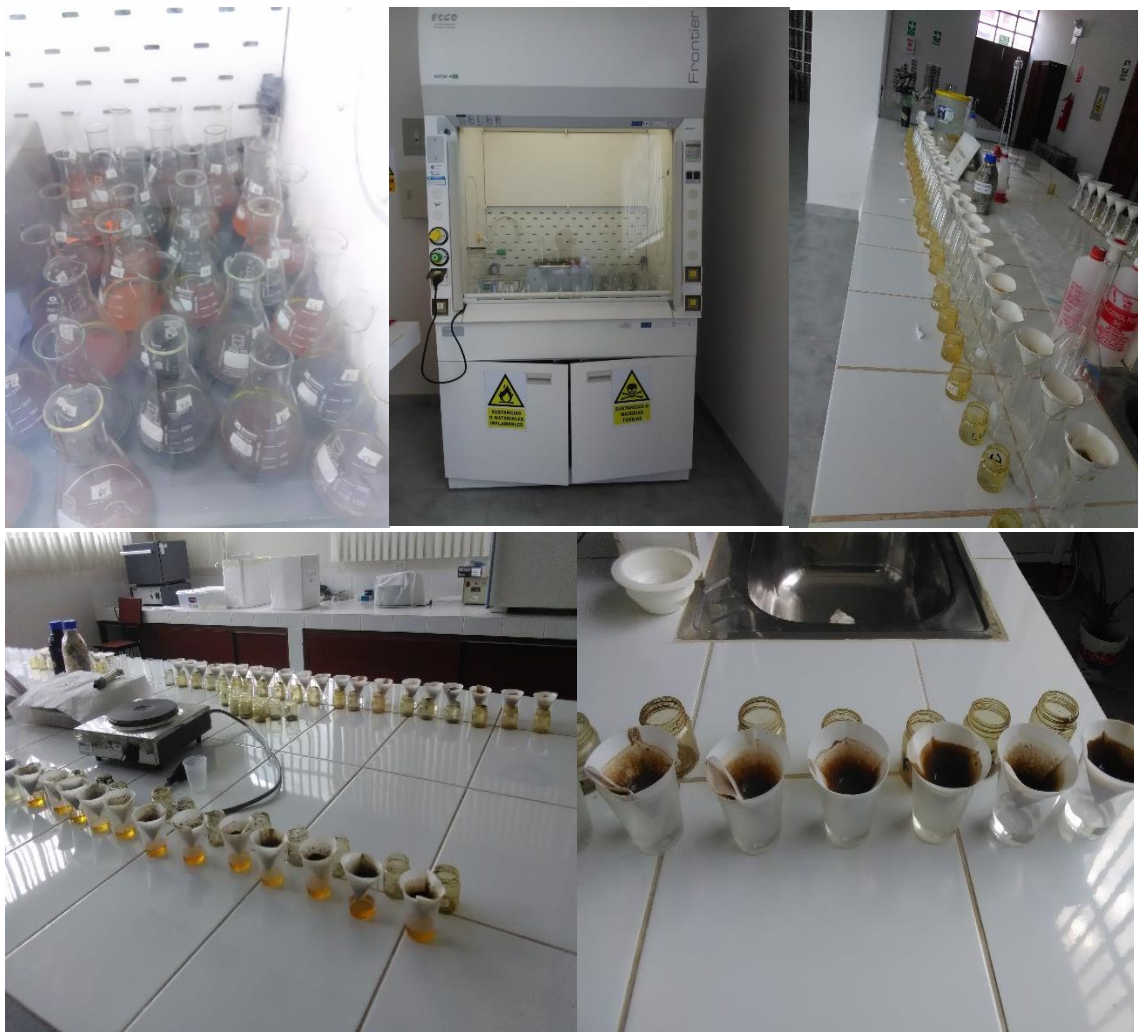


**Anexo 5. Análisis de caracterización del suelo en el laboratorio.**





Anexo 6. Análisis del contenido de cadmio en las partes vegetales de la planta de cacao.









## Anexo 7. Georreferenciación de los puntos de muestreo.

| N° | Código | Localidad/origen | Distrito | Provincia    | Coordenadas |         | Altura msnm | Variedad |
|----|--------|------------------|----------|--------------|-------------|---------|-------------|----------|
|    |        |                  |          |              | X           | Y       |             |          |
| 1  | JO-01  | José Olaya       | Nieva    | Condorcanqui | 173792      | 9465314 | 169         | CCN51    |
| 2  | JO-02  | José Olaya       | Nieva    | Condorcanqui | 171501      | 9466291 | 163         | CCN51    |
| 3  | JO-03  | José Olaya       | Nieva    | Condorcanqui | 171679      | 9466365 | 200         | CCN51    |
| 4  | JO-04  | José Olaya       | Nieva    | Condorcanqui | 171679      | 9466365 | 198         | CCN51    |
| 5  | JO-05  | José Olaya       | Nieva    | Condorcanqui | 172056      | 9466326 | 194         | CCN51    |
| 6  | PI-06  | Pakun            | Imaza    | Bagua        | 800757      | 9427715 | 301         | Nativo   |
| 7  | PI-07  | Pakun            | Imaza    | Bagua        | 800719      | 9427643 | 287         | Nativo   |
| 8  | PI-08  | Pakun            | Imaza    | Bagua        | 800767      | 9427351 | 291         | Nativo   |
| 9  | PI-09  | Pakun            | Imaza    | Bagua        | 800864      | 9427300 | 294         | Nativo   |
| 10 | PI-10  | Pakun            | Imaza    | Bagua        | 801220      | 9427327 | 287         | Nativo   |
| 11 | PI-11  | Pakun            | Imaza    | Bagua        | 801240      | 9427386 | 295         | Nativo   |
| 12 | HLP-12 | Humbate          | La Peca  | Bagua        | 786179      | 9378217 | 1013        | Nativo   |
| 13 | HLP-13 | Humbate          | La Peca  | Bagua        | 786321      | 9377863 | 990         | Nativo   |
| 14 | HLP-14 | Humbate          | La Peca  | Bagua        | 786181      | 9378001 | 995         | Nativo   |
| 15 | HLP-15 | Humbate          | La Peca  | Bagua        | 786224      | 9378134 | 1019        | Nativo   |
| 16 | HLP-16 | Humbate          | La Peca  | Bagua        | 786266      | 9378217 | 1028        | Nativo   |
| 17 | HLP-17 | Humbate          | La Peca  | Bagua        | 786426      | 9378212 | 1047        | Nativo   |
| 18 | HLP-18 | Humbate          | La Peca  | Bagua        | 786519      | 9378313 | 1069        | Nativo   |
| 19 | HLP-19 | Humbate          | La Peca  | Bagua        | 786264      | 9378017 | 1026        | Nativo   |
| 20 | HLP-20 | Humbate          | La Peca  | Bagua        | 786245      | 9378034 | 1022        | Nativo   |
| 21 | TEP-21 | Topopampa        | El Parco | Bagua        | 778703      | 9380360 | 621         | Nacional |
| 22 | TEP-22 | Topopampa        | El Parco | Bagua        | 778626      | 9379870 | 588         | Nacional |
| 23 | TEP-23 | Topopampa        | El Parco | Bagua        | 778417      | 9379670 | 581         | Nacional |
| 24 | LC-24  | Lluhuana         | Copallín | Bagua        | 787567      | 9371476 | 919         | Nativo   |
| 25 | LC-25  | Lluhuana         | Copallín | Bagua        | 787577      | 9371577 | 925         | Nativo   |
| 26 | LC-26  | Lluhuana         | Copallín | Bagua        | 788324      | 9371633 | 948         | Nativo   |
| 27 | LC-27  | Lluhuana         | Copallín | Bagua        | 788281      | 9371597 | 944         | Nativo   |
| 28 | PAC-28 | Pan de Azucar    | Copallín | Bagua        | 789396      | 9372824 | 1009        | Nativo   |
| 29 | PAC-29 | Pan de Azucar    | Copallín | Bagua        | 789793      | 9372965 | 1056        | Nativo   |
| 30 | PAC-30 | Pan de Azucar    | Copallín | Bagua        | 789696      | 9372960 | 1056        | Nativo   |
| 31 | LC-31  | Pan de Azucar    | Copallín | Bagua        | 787410      | 9371638 | 914         | Nativo   |
| 32 | LRA-32 | La reserva       | Aramango | Bagua        | 783392      | 9398426 | 788         | CCN51    |
| 33 | LRA-33 | La reserva       | Aramango | Bagua        | 783400      | 9398432 | 807         | CCN51    |
| 34 | SRC-34 | San Roque        | Copallín | Bagua        | 783297      | 9371944 | 516         | Nativo   |
| 35 | CMC-35 | Chonza           | Copallín | Bagua        | 786804      | 9375508 | 957         | Nativo   |
| 36 | TB-36  | tomaque          | Bagua    | Bagua        | 776674      | 9373802 | 475         | Nativo   |
| 37 | LLC-37 | La laguna        | Cajaruro | Utcubamba    | 798880      | 9361774 | 646         | Nativo   |
| 38 | LLC-38 | La laguna        | Cajaruro | Utcubamba    | 799330      | 9362638 | 712         | Nativo   |
| 39 | LLC-39 | La laguna        | Cajaruro | Utcubamba    | 799318      | 9362459 | 701         | Nativo   |
| 40 | LLC-40 | La laguna        | Cajaruro | Utcubamba    | 799172      | 9362483 | 702         | Nativo   |
| 41 | CBC-41 | Caña Brava       | Cajaruro | Utcubamba    | 799101      | 9363312 | 775         | Nativo   |
| 42 | CBC-42 | Caña Brava       | Cajaruro | Utcubamba    | 799318      | 9363771 | 819         | Nativo   |
| 43 | CBC-43 | Caña Brava       | Cajaruro | Utcubamba    | 799081      | 9363988 | 828         | Nativo   |
| 44 | UC-44  | Llunchicate      | Cajaruro | Utcubamba    | 801499      | 9364536 | 942         | Nativo   |
| 45 | LC-45  | Llunchicate      | Cajaruro | Utcubamba    | 801480      | 9364556 | 820         | Nativo   |
| 46 | LC-46  | Llunchicate      | Cajaruro | Utcubamba    | 802272      | 9364114 | 862         | Nativo   |
| 47 | LC-47  | Llunchicate      | Cajaruro | Utcubamba    | 802208      | 9364214 | 860         | Nativo   |
| 48 | LC-48  | Llunchicate      | Cajaruro | Utcubamba    | 802031      | 9364164 | 859         | Nativo   |
| 49 | LC-49  | Llunchicate      | Cajaruro | Utcubamba    | 801742      | 9364453 | 908         | Nativo   |
| 50 | LC-50  | Llunchicate      | Cajaruro | Utcubamba    | 801501      | 9364763 | 965         | Nativo   |
| 51 | LC-51  | Llunchicate      | Cajaruro | Utcubamba    | 799997      | 9363493 | 844         | Nativo   |
| 52 | LC-52  | Llunchicate      | Cajaruro | Utcubamba    | 801232      | 9363337 | 918         | Nativo   |
| 53 | LC-53  | Llunchicate      | Cajaruro | Utcubamba    | 801372      | 9363438 | 911         | Nativo   |
| 54 | LC-54  | Llunchicate      | Cajaruro | Utcubamba    | 800540      | 9363539 | 916         | Nacional |
| 55 | LC-55  | Llunchicate      | Cajaruro | Utcubamba    | 800450      | 9363636 | 923         | Nacional |
| 56 | LC-56  | Llunchicate      | Cajaruro | Utcubamba    | 800438      | 9363593 | 912         | Nacional |





## Anexo 10. Análisis de varianza del suelo a la profundidad de 0-30 cm por altitudes

### Medidas resumen

| Altitud | C | Variable | n  | Media   | D.E.   |
|---------|---|----------|----|---------|--------|
| 1       |   | pH_30    | 11 | 6.59    | 0.35   |
| 1       |   | CE_30    | 11 | 0.07    | 0.03   |
| 1       |   | P_30     | 11 | 8.42    | 8.25   |
| 1       |   | K_30     | 11 | 105.30  | 55.48  |
| 1       |   | C_30     | 11 | 1.57    | 0.71   |
| 1       |   | MO_30    | 11 | 2.70    | 1.23   |
| 1       |   | N_30     | 11 | 0.14    | 0.06   |
| 1       |   | CIC_30   | 11 | 15.49   | 5.33   |
| 1       |   | Ca_30    | 11 | 7.75    | 3.25   |
| 1       |   | Mg_30    | 11 | 1.00    | 0.61   |
| 1       |   | K_301    | 11 | 0.27    | 0.14   |
| 1       |   | Na_30    | 11 | 0.12    | 0.03   |
| 1       |   | Al_30    | 11 | 0.00    | 0.00   |
| 2       |   | pH_30    | 11 | 8.07    | 0.40   |
| 2       |   | CE_30    | 11 | 0.39    | 0.14   |
| 2       |   | P_30     | 11 | 3.33    | 2.06   |
| 2       |   | K_30     | 11 | 340.47  | 88.51  |
| 2       |   | C_30     | 11 | 1.68    | 1.05   |
| 2       |   | MO_30    | 11 | 2.90    | 1.81   |
| 2       |   | N_30     | 11 | 0.15    | 0.09   |
| 2       |   | CIC_30   | 11 | 34.39   | 2.76   |
| 2       |   | Ca_30    | 11 | 29.68   | 2.38   |
| 2       |   | Mg_30    | 11 | 3.64    | 1.44   |
| 2       |   | K_301    | 11 | 0.82    | 0.24   |
| 2       |   | Na_30    | 11 | 0.26    | 0.07   |
| 2       |   | Al_30    | 11 | 0.00    | 0.00   |
| 3       |   | pH_30    | 34 | 7.22    | 0.64   |
| 3       |   | CE_30    | 34 | 0.30    | 0.18   |
| 3       |   | P_30     | 34 | 5.14    | 4.46   |
| 3       |   | K_30     | 34 | 325.12  | 107.83 |
| 3       |   | C_30     | 34 | 2.63    | 0.91   |
| 3       |   | MO_30    | 34 | 4.53    | 1.57   |
| 3       |   | N_30     | 34 | 0.23    | 0.08   |
| 3       |   | CIC_30   | 34 | 29.74   | 5.80   |
| 3       |   | Ca_30    | 34 | 24.66   | 5.75   |
| 3       |   | Mg_30    | 34 | 2.38    | 0.82   |
| 3       |   | K_301    | 34 | 0.75    | 0.26   |
| 3       |   | Na_30    | 34 | 0.22    | 0.09   |
| 3       |   | Al_30    | 34 | 2.9E-03 | 0.02   |

### Análisis de la varianza

#### PH-30

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV   |
|----------|----|----------------|-------------------|------|
| PH-30    | 56 | 0.42           | 0.40              | 7.66 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.      | SC    | gl | CM   | F     | p-valor |
|-----------|-------|----|------|-------|---------|
| Modelo    | 12.13 | 2  | 6.06 | 19.56 | <0.0001 |
| Altitud-C | 12.13 | 2  | 6.06 | 19.56 | <0.0001 |
| Error     | 16.43 | 53 | 0.31 |       |         |
| Total     | 28.56 | 55 |      |       |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,41905

Error: 0,3100 gl: 53

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 1         | 6.59   | 11 | 0.17 | A |
| 3         | 7.22   | 34 | 0.10 | B |
| 2         | 8.07   | 11 | 0.17 | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### CE\_30cm

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| CE 30cm  | 56 | 0.33           | 0.31              | 57.64 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.      | SC   | gl | CM   | F     | p-valor |
|-----------|------|----|------|-------|---------|
| Modelo    | 0.64 | 2  | 0.32 | 13.08 | <0.0001 |
| Altitud-C | 0.64 | 2  | 0.32 | 13.08 | <0.0001 |
| Error     | 1.29 | 53 | 0.02 |       |         |
| Total     | 1.93 | 55 |      |       |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,11760

Error: 0,0244 gl: 53

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 1         | 0.07   | 11 | 0.05 | A |
| 3         | 0.30   | 34 | 0.03 | B |

2 0.39 11 0.05 B  
 Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**P\_30cm**

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| P 30cm   | 56 | 0.10           | 0.06              | 94.09 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V.      | SC      | gl | CM    | F    | p-valor |
|-----------|---------|----|-------|------|---------|
| Modelo    | 149.63  | 2  | 74.81 | 2.87 | 0.0654  |
| Altitud-C | 149.63  | 2  | 74.81 | 2.87 | 0.0654  |
| Error     | 1380.49 | 53 | 26.05 |      |         |
| Total     | 1530.12 | 55 |       |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=3,84138

Error: 26,0470 gl: 53

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |     |
|-----------|--------|----|------|-----|
| 2         | 3.33   | 11 | 1.54 | A   |
| 3         | 5.14   | 34 | 0.88 | A B |
| 1         | 8.42   | 11 | 1.54 | B   |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**K\_30cm**

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| K 30cm   | 56 | 0.47           | 0.45              | 33.84 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V.      | SC        | gl | CM        | F     | p-valor |
|-----------|-----------|----|-----------|-------|---------|
| Modelo    | 443787.20 | 2  | 221893.60 | 23.86 | <0.0001 |
| Altitud-C | 443787.20 | 2  | 221893.60 | 23.86 | <0.0001 |
| Error     | 492804.22 | 53 | 9298.19   |       |         |
| Total     | 936591.42 | 55 |           |       |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=72,57838

Error: 9298,1928 gl: 53

| Altitud-C | Medias | n  | E.E.  |   |
|-----------|--------|----|-------|---|
| 1         | 105.30 | 11 | 29.07 | A |
| 3         | 325.12 | 34 | 16.54 | B |
| 2         | 340.47 | 11 | 29.07 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**C\_30cm**

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| C 30cm   | 56 | 0.24           | 0.21              | 40.51 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V.      | SC    | gl | CM   | F    | p-valor |
|-----------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo    | 13.49 | 2  | 6.74 | 8.24 | 0.0008  |
| Altitud-C | 13.49 | 2  | 6.74 | 8.24 | 0.0008  |
| Error     | 43.39 | 53 | 0.82 |      |         |
| Total     | 56.87 | 55 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,68100

Error: 0,8186 gl: 53

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 1         | 1.57   | 11 | 0.27 | A |
| 2         | 1.68   | 11 | 0.27 | A |
| 3         | 2.63   | 34 | 0.16 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**MO\_30cm**

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| MO 30cm  | 56 | 0.24           | 0.21              | 40.54 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V.      | SC     | gl | CM    | F    | p-valor |
|-----------|--------|----|-------|------|---------|
| Modelo    | 40.02  | 2  | 20.01 | 8.22 | 0.0008  |
| Altitud-C | 40.02  | 2  | 20.01 | 8.22 | 0.0008  |
| Error     | 129.02 | 53 | 2.43  |      |         |
| Total     | 169.05 | 55 |       |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,17437

Error: 2,4344 gl: 53

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 1         | 2.70   | 11 | 0.47 | A |
| 2         | 2.90   | 11 | 0.47 | A |
| 3         | 4.53   | 34 | 0.27 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**N\_30cm**

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| N 30cm   | 56 | 0.23           | 0.20              | 40.31 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V.   | SC   | gl | CM   | F    | p-valor |
|--------|------|----|------|------|---------|
| Modelo | 0.09 | 2  | 0.05 | 7.92 | 0.0010  |

|           |      |    |      |      |        |
|-----------|------|----|------|------|--------|
| Altitud-C | 0.09 | 2  | 0.05 | 7.92 | 0.0010 |
| Error     | 0.32 | 53 | 0.01 |      |        |
| Total     | 0.41 | 55 |      |      |        |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,05824

Error: 0,0060 gl: 53

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 1         | 0.14   | 11 | 0.02 | A |
| 2         | 0.15   | 11 | 0.02 | A |
| 3         | 0.23   | 34 | 0.01 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### CIC

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| CIC      | 56 | 0.61           | 0.59              | 18.90 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.      | SC      | gl | CM      | F     | p-valor |
|-----------|---------|----|---------|-------|---------|
| Modelo    | 2272.19 | 2  | 1136.09 | 40.99 | <0.0001 |
| Altitud-C | 2272.19 | 2  | 1136.09 | 40.99 | <0.0001 |
| Error     | 1468.84 | 53 | 27.71   |       |         |
| Total     | 3741.03 | 55 |         |       |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=3,96239

Error: 27,7140 gl: 53

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 1         | 15.49  | 11 | 1.59 | A |
| 3         | 29.74  | 34 | 0.90 | B |
| 2         | 34.39  | 11 | 1.59 | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Ca+2

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Ca+2     | 56 | 0.71           | 0.70              | 21.77 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.      | SC      | gl | CM      | F     | p-valor |
|-----------|---------|----|---------|-------|---------|
| Modelo    | 3116.88 | 2  | 1558.44 | 65.98 | <0.0001 |
| Altitud-C | 3116.88 | 2  | 1558.44 | 65.98 | <0.0001 |
| Error     | 1251.83 | 53 | 23.62   |       |         |
| Total     | 4368.71 | 55 |         |       |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=3,65799

Error: 23,6194 gl: 53

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 1         | 7.75   | 11 | 1.47 | A |
| 3         | 24.66  | 34 | 0.83 | B |
| 2         | 29.68  | 11 | 1.47 | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Mg+2

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Mg+2     | 56 | 0.45           | 0.43              | 39.73 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.      | SC    | gl | CM    | F     | p-valor |
|-----------|-------|----|-------|-------|---------|
| Modelo    | 38.33 | 2  | 19.16 | 21.89 | <0.0001 |
| Altitud-C | 38.33 | 2  | 19.16 | 21.89 | <0.0001 |
| Error     | 46.39 | 53 | 0.88  |       |         |
| Total     | 84.71 | 55 |       |       |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,70417

Error: 0,8753 gl: 53

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 1         | 1.00   | 11 | 0.28 | A |
| 3         | 2.38   | 34 | 0.16 | B |
| 2         | 3.64   | 11 | 0.28 | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### K+

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| K+       | 56 | 0.43           | 0.41              | 35.17 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.      | SC   | gl | CM   | F     | p-valor |
|-----------|------|----|------|-------|---------|
| Modelo    | 2.22 | 2  | 1.11 | 19.97 | <0.0001 |
| Altitud-C | 2.22 | 2  | 1.11 | 19.97 | <0.0001 |
| Error     | 2.95 | 53 | 0.06 |       |         |
| Total     | 5.16 | 55 |      |       |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,17744

Error: 0,0556 gl: 53

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 1         | 0.27   | 11 | 0.07 | A |
| 3         | 0.75   | 34 | 0.04 | B |
| 2         | 0.82   | 11 | 0.07 | B |



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Na+**

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Na+      | 56 | 0.25           | 0.22              | 38.71 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V.      | SC   | gl | CM   | F    | p-valor |
|-----------|------|----|------|------|---------|
| Modelo    | 0.12 | 2  | 0.06 | 8.92 | 0.0005  |
| Altitud-C | 0.12 | 2  | 0.06 | 8.92 | 0.0005  |
| Error     | 0.35 | 53 | 0.01 |      |         |
| Total     | 0.47 | 55 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,06145

Error: 0,0067 gl: 53

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |
|-----------|--------|----|------|
| 1         | 0.12   | 11 | 0.02 |
| 3         | 0.22   | 34 | 0.01 |
| 2         | 0.26   | 11 | 0.02 |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Al+3 + H+**

| Variable  | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|-----------|----|----------------|-------------------|--------|
| Al+3 + H+ | 56 | 0.01           | 0.00              | 757.82 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V.      | SC      | gl | CM      | F    | p-valor |
|-----------|---------|----|---------|------|---------|
| Modelo    | 1.2E-04 | 2  | 5.8E-05 | 0.32 | 0.7308  |
| Altitud-C | 1.2E-04 | 2  | 5.8E-05 | 0.32 | 0.7308  |
| Error     | 0.01    | 53 | 1.8E-04 |      |         |
| Total     | 0.01    | 55 |         |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,01019

Error: 0,0002 gl: 53

| Altitud-C | Medias  | n  | E.E.    |
|-----------|---------|----|---------|
| 2         | 0.00    | 11 | 4.1E-03 |
| 1         | 0.00    | 11 | 4.1E-03 |
| 3         | 2.9E-03 | 34 | 2.3E-03 |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Anexo 11. Análisis de varianza del suelo a la profundidad de 30-60 cm por altitudes**

**Medidas resumen**

| Altitud C | Variable | n  | Media  | D.E.  |
|-----------|----------|----|--------|-------|
| 1         | pH_60    | 11 | 6.46   | 0.40  |
| 1         | CE_60    | 11 | 0.03   | 0.01  |
| 1         | P_60     | 11 | 3.59   | 3.43  |
| 1         | K_60     | 11 | 80.97  | 34.94 |
| 1         | C_60     | 11 | 1.07   | 0.63  |
| 1         | MO_60    | 11 | 1.84   | 1.08  |
| 1         | N_60     | 11 | 0.09   | 0.05  |
| 1         | CIC_60   | 11 | 16.20  | 6.01  |
| 1         | Ca_60    | 11 | 6.87   | 2.80  |
| 1         | Mg_60    | 11 | 0.77   | 0.48  |
| 1         | K_601    | 11 | 0.19   | 0.11  |
| 1         | Na_60    | 11 | 0.11   | 0.02  |
| 1         | Al_60    | 11 | 0.00   | 0.00  |
| 2         | pH_60    | 11 | 8.40   | 0.29  |
| 2         | CE_60    | 11 | 0.31   | 0.13  |
| 2         | P_60     | 11 | 2.24   | 1.78  |
| 2         | K_60     | 11 | 258.39 | 83.91 |
| 2         | C_60     | 11 | 1.67   | 0.80  |
| 2         | MO_60    | 11 | 2.87   | 1.38  |
| 2         | N_60     | 11 | 0.14   | 0.07  |
| 2         | CIC_60   | 11 | 34.07  | 5.42  |
| 2         | Ca_60    | 11 | 29.83  | 4.50  |
| 2         | Mg_60    | 11 | 3.29   | 1.71  |
| 2         | K_601    | 11 | 0.65   | 0.22  |
| 2         | Na_60    | 11 | 0.30   | 0.11  |
| 2         | Al_60    | 11 | 0.00   | 0.00  |
| 3         | pH_60    | 34 | 7.44   | 0.73  |
| 3         | CE_60    | 34 | 0.21   | 0.15  |
| 3         | P_60     | 34 | 4.49   | 4.82  |
| 3         | K_60     | 34 | 248.11 | 98.26 |
| 3         | C_60     | 34 | 1.62   | 0.64  |
| 3         | MO_60    | 34 | 2.79   | 1.10  |
| 3         | N_60     | 34 | 0.14   | 0.05  |
| 3         | CIC_60   | 34 | 28.07  | 6.38  |
| 3         | Ca_60    | 34 | 23.15  | 8.11  |

|   |       |    |      |      |
|---|-------|----|------|------|
| 3 | Mg_60 | 34 | 1.82 | 0.85 |
| 3 | K_601 | 34 | 0.59 | 0.25 |
| 3 | Na_60 | 34 | 0.24 | 0.11 |
| 3 | Al_60 | 34 | 0.02 | 0.10 |

#### Análisis de la varianza

##### PH-60

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV   |
|----------|----|----------------|-------------------|------|
| PH-60    | 55 | 0.43           | 0.41              | 8.57 |

##### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.      | SC    | gl | CM   | F     | p-valor |
|-----------|-------|----|------|-------|---------|
| Modelo    | 16.23 | 2  | 8.11 | 19.78 | <0.0001 |
| Altitud-C | 16.23 | 2  | 8.11 | 19.78 | <0.0001 |
| Error     | 21.32 | 52 | 0.41 |       |         |
| Total     | 37.55 | 54 |      |       |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,48323

Error: 0,4101 gl: 52

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 1         | 6.56   | 11 | 0.19 | A |
| 3         | 7.51   | 33 | 0.11 | B |
| 2         | 8.27   | 11 | 0.19 | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

##### CE\_60cm

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| CE_60cm  | 56 | 0.32           | 0.30              | 67.74 |

##### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.      | SC   | gl | CM   | F     | p-valor |
|-----------|------|----|------|-------|---------|
| Modelo    | 0.45 | 2  | 0.23 | 12.67 | <0.0001 |
| Altitud-C | 0.45 | 2  | 0.23 | 12.67 | <0.0001 |
| Error     | 0.94 | 53 | 0.02 |       |         |
| Total     | 1.39 | 55 |      |       |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,10042

Error: 0,0178 gl: 53

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 1         | 0.03   | 11 | 0.04 | A |
| 3         | 0.21   | 34 | 0.02 | B |
| 2         | 0.31   | 11 | 0.04 | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

##### P\_60cm

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|----------|----|----------------|-------------------|--------|
| P_60cm   | 56 | 0.05           | 0.01              | 107.31 |

##### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.      | SC     | gl | CM    | F    | p-valor |
|-----------|--------|----|-------|------|---------|
| Modelo    | 43.48  | 2  | 21.74 | 1.26 | 0.2924  |
| Altitud-C | 43.48  | 2  | 21.74 | 1.26 | 0.2924  |
| Error     | 915.67 | 53 | 17.28 |      |         |
| Total     | 959.15 | 55 |       |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=3,12852

Error: 17,2768 gl: 53

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 2         | 2.24   | 11 | 1.25 | A |
| 1         | 3.59   | 11 | 1.25 | A |
| 3         | 4.49   | 34 | 0.71 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

##### K\_60cm

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| K_60cm   | 56 | 0.39           | 0.37              | 40.04 |

##### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.      | SC        | gl | CM        | F     | p-valor |
|-----------|-----------|----|-----------|-------|---------|
| Modelo    | 255296.02 | 2  | 127648.01 | 16.86 | <0.0001 |
| Altitud-C | 255296.02 | 2  | 127648.01 | 16.86 | <0.0001 |
| Error     | 401224.44 | 53 | 7570.27   |       |         |
| Total     | 656520.45 | 55 |           |       |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=65,48831

Error: 7570,2724 gl: 53

| Altitud-C | Medias | n  | E.E.  |   |
|-----------|--------|----|-------|---|
| 1         | 80.97  | 11 | 26.23 | A |
| 3         | 248.11 | 34 | 14.92 | B |
| 2         | 258.39 | 11 | 26.23 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

##### C\_60cm

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| C 60cm   | 56 | 0.10           | 0.07              | 44.11 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V.      | SC    | gl | CM   | F    | p-valor |
|-----------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo    | 2.79  | 2  | 1.39 | 3.10 | 0.0532  |
| Altitud-C | 2.79  | 2  | 1.39 | 3.10 | 0.0532  |
| Error     | 23.82 | 53 | 0.45 |      |         |
| Total     | 26.60 | 55 |      |      |         |

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,50454**

Error: 0,4493 gl: 53

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 1         | 1.07   | 11 | 0.20 | A |
| 3         | 1.62   | 34 | 0.11 | B |
| 2         | 1.67   | 11 | 0.20 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### MO\_60cm

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| MO 60cm  | 56 | 0.11           | 0.07              | 44.14 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V.      | SC    | gl | CM   | F    | p-valor |
|-----------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo    | 8.35  | 2  | 4.18 | 3.12 | 0.0522  |
| Altitud-C | 8.35  | 2  | 4.18 | 3.12 | 0.0522  |
| Error     | 70.83 | 53 | 1.34 |      |         |
| Total     | 79.18 | 55 |      |      |         |

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,87009**

Error: 1,3363 gl: 53

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 1         | 1.84   | 11 | 0.35 | A |
| 3         | 2.79   | 34 | 0.20 | B |
| 2         | 2.87   | 11 | 0.35 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### N\_60cm

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| N 60cm   | 56 | 0.11           | 0.07              | 43.43 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V.      | SC   | gl | CM      | F    | p-valor |
|-----------|------|----|---------|------|---------|
| Modelo    | 0.02 | 2  | 0.01    | 3.21 | 0.0483  |
| Altitud-C | 0.02 | 2  | 0.01    | 3.21 | 0.0483  |
| Error     | 0.17 | 53 | 3.3E-03 |      |         |
| Total     | 0.19 | 55 |         |      |         |

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,04308**

Error: 0,0033 gl: 53

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 1         | 0.09   | 11 | 0.02 | A |
| 3         | 0.14   | 34 | 0.01 | B |
| 2         | 0.14   | 11 | 0.02 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### CIC1

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| CIC1     | 56 | 0.48           | 0.46              | 22.80 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V.      | SC      | gl | CM     | F     | p-valor |
|-----------|---------|----|--------|-------|---------|
| Modelo    | 1871.26 | 2  | 935.63 | 24.84 | <0.0001 |
| Altitud-C | 1871.26 | 2  | 935.63 | 24.84 | <0.0001 |
| Error     | 1996.42 | 53 | 37.67  |       |         |
| Total     | 3867.68 | 55 |        |       |         |

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=4,61951**

Error: 37,6683 gl: 53

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 1         | 16.20  | 11 | 1.85 | A |
| 3         | 28.07  | 34 | 1.05 | B |
| 2         | 34.07  | 11 | 1.85 | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Ca+21

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Ca+21    | 56 | 0.57           | 0.55              | 31.98 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V.      | SC      | gl | CM      | F     | p-valor |
|-----------|---------|----|---------|-------|---------|
| Modelo    | 3205.35 | 2  | 1602.67 | 34.66 | <0.0001 |
| Altitud-C | 3205.35 | 2  | 1602.67 | 34.66 | <0.0001 |
| Error     | 2450.82 | 53 | 46.24   |       |         |
| Total     | 5656.17 | 55 |         |       |         |

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=5,11830**

Error: 46,2419 gl: 53

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 1         | 6.87   | 11 | 2.05 | A |
| 3         | 23.15  | 34 | 1.17 | B |
| 2         | 29.83  | 11 | 2.05 | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Mg+21

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Mg+21    | 56 | 0.39           | 0.37              | 53.59 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.      | SC    | gl | CM    | F     | p-valor |
|-----------|-------|----|-------|-------|---------|
| Modelo    | 35.31 | 2  | 17.66 | 17.00 | <0.0001 |
| Altitud-C | 35.31 | 2  | 17.66 | 17.00 | <0.0001 |
| Error     | 55.05 | 53 | 1.04  |       |         |
| Total     | 90.36 | 55 |       |       |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,76711

Error: 1,0387 gl: 53

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 1         | 0.77   | 11 | 0.31 | A |
| 3         | 1.82   | 34 | 0.17 | B |
| 2         | 3.29   | 11 | 0.31 | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### K+1

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| K+1      | 56 | 0.37           | 0.35              | 42.51 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.      | SC   | gl | CM   | F     | p-valor |
|-----------|------|----|------|-------|---------|
| Modelo    | 1.54 | 2  | 0.77 | 15.66 | <0.0001 |
| Altitud-C | 1.54 | 2  | 0.77 | 15.66 | <0.0001 |
| Error     | 2.61 | 53 | 0.05 |       |         |
| Total     | 4.15 | 55 |      |       |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,16694

Error: 0,0492 gl: 53

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 1         | 0.19   | 11 | 0.07 | A |
| 3         | 0.59   | 34 | 0.04 | B |
| 2         | 0.65   | 11 | 0.07 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Na+1

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Na+1     | 56 | 0.28           | 0.25              | 45.27 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.      | SC   | gl | CM   | F     | p-valor |
|-----------|------|----|------|-------|---------|
| Modelo    | 0.21 | 2  | 0.11 | 10.20 | 0.0002  |
| Altitud-C | 0.21 | 2  | 0.11 | 10.20 | 0.0002  |
| Error     | 0.55 | 53 | 0.01 |       |         |
| Total     | 0.76 | 55 |      |       |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,07673

Error: 0,0104 gl: 53

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 1         | 0.11   | 11 | 0.03 | A |
| 3         | 0.24   | 34 | 0.02 | B |
| 2         | 0.30   | 11 | 0.03 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Al+3 + H+1

| Variable   | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Al+3 + H+1 | 56 | 0.01           | 0.00              | 757.82 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.      | SC      | gl | CM      | F    | p-valor |
|-----------|---------|----|---------|------|---------|
| Modelo    | 3.6E-03 | 2  | 1.8E-03 | 0.32 | 0.7308  |
| Altitud-C | 3.6E-03 | 2  | 1.8E-03 | 0.32 | 0.7308  |
| Error     | 0.30    | 53 | 0.01    |      |         |
| Total     | 0.31    | 55 |         |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,05704

Error: 0,0057 gl: 53

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 2         | 0.00   | 11 | 0.02 | A |
| 1         | 0.00   | 11 | 0.02 | A |
| 3         | 0.02   | 34 | 0.01 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## Anexo 12. Análisis de varianza del suelo a la profundidad de 0-30 cm por variedades.

### Medidas resumen

| Variedad | Variable | n  | Media  | D.E.   |
|----------|----------|----|--------|--------|
| CCN51    | pH_30    | 7  | 6.75   | 0.47   |
| CCN51    | CE_30    | 7  | 0.12   | 0.08   |
| CCN51    | P_30     | 7  | 4.18   | 3.99   |
| CCN51    | K_30     | 7  | 138.17 | 120.93 |
| CCN51    | C_30     | 7  | 2.03   | 1.20   |
| CCN51    | MO_30    | 7  | 3.50   | 2.06   |
| CCN51    | N_30     | 7  | 0.18   | 0.10   |
| CCN51    | CIC_30   | 7  | 21.01  | 7.46   |
| CCN51    | Ca_30    | 7  | 13.30  | 6.84   |
| CCN51    | Mg_30    | 7  | 1.40   | 0.97   |
| CCN51    | K_301    | 7  | 0.36   | 0.29   |
| CCN51    | Na_30    | 7  | 0.15   | 0.08   |
| CCN51    | Al_30    | 7  | 0.00   | 0.00   |
| Nativo   | CE_30    | 49 | 0.30   | 0.19   |
| Nativo   | P_30     | 49 | 6.05   | 5.64   |
| Nativo   | K_30     | 49 | 299.37 | 123.49 |
| Nativo   | C_30     | 49 | 2.35   | 0.98   |
| Nativo   | MO_30    | 49 | 4.04   | 1.69   |
| Nativo   | N_30     | 49 | 0.20   | 0.08   |
| Nativo   | CIC_30   | 49 | 28.41  | 8.37   |
| Nativo   | Ca_30    | 49 | 23.42  | 8.90   |
| Nativo   | Mg_30    | 49 | 2.44   | 1.28   |
| Nativo   | K_301    | 49 | 0.69   | 0.29   |
| Nativo   | Na_30    | 49 | 0.22   | 0.09   |
| Nativo   | Al_30    | 49 | 0.00   | 0.00   |

### Análisis de la varianza

#### CE 30cm

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| CE 30cm  | 56 | 0.09           | 0.06              | 67.06 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.     | SC   | gl | CM   | F    | p-valor |
|----------|------|----|------|------|---------|
| Modelo   | 0.18 | 2  | 0.09 | 2.74 | 0.0740  |
| Variedad | 0.18 | 2  | 0.09 | 2.74 | 0.0740  |
| Error    | 1.75 | 53 | 0.03 |      |         |
| Total    | 1.93 | 55 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,17173

Error: 0,0330 gl: 53

| Variedad | Medias | n  | E.E.   |
|----------|--------|----|--------|
| CCN51    | 0.12   | 7  | 0.07 A |
| Nativo   | 0.30   | 43 | 0.03 B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### P 30cm

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| P 30cm   | 56 | 0.05           | 0.02              | 96.31 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.     | SC      | gl | CM    | F    | p-valor |
|----------|---------|----|-------|------|---------|
| Modelo   | 83.57   | 2  | 41.78 | 1.53 | 0.2258  |
| Variedad | 83.57   | 2  | 41.78 | 1.53 | 0.2258  |
| Error    | 1446.56 | 53 | 27.29 |      |         |
| Total    | 1530.12 | 55 |       |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=4,93558

Error: 27,2935 gl: 53

| Variedad | Medias | n  | E.E.   |
|----------|--------|----|--------|
| CCN51    | 4.18   | 7  | 1.97 A |
| Nativo   | 6.05   | 43 | 0.80 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### K 30cm

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| K 30cm   | 56 | 0.20           | 0.17              | 41.72 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.     | SC        | gl | CM       | F    | p-valor |
|----------|-----------|----|----------|------|---------|
| Modelo   | 187479.47 | 2  | 93739.74 | 6.63 | 0.0027  |
| Variedad | 187479.47 | 2  | 93739.74 | 6.63 | 0.0027  |
| Error    | 749111.95 | 53 | 14134.19 |      |         |
| Total    | 936591.42 | 55 |          |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=112,31662

Error: 14134,1876 gl: 53

| Variedad | Medias | n  | E.E.   |
|----------|--------|----|--------|
| CCN51    | 138.17 | 7  | 120.93 |
| Nativo   | 299.37 | 43 | 123.49 |

|        |        |    |       |   |
|--------|--------|----|-------|---|
| CCN51  | 138.17 | 7  | 44.94 | A |
| Nativo | 299.37 | 43 | 18.13 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### C\_30cm

|          |    |                |                   |       |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
| C_30cm   | 56 | 0.05           | 0.01              | 45.23 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.     | SC    | gl | CM   | F    | p-valor |
|----------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo   | 2.79  | 2  | 1.39 | 1.36 | 0.2643  |
| Variedad | 2.79  | 2  | 1.39 | 1.36 | 0.2643  |
| Error    | 54.09 | 53 | 1.02 |      |         |
| Total    | 56.87 | 55 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,95437

Error: 1,0205 gl: 53

| Variedad | Medias | n  | E.E.   |
|----------|--------|----|--------|
| CCN51    | 2.03   | 7  | 0.38 A |
| Nativo   | 2.35   | 43 | 0.15 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### MO\_30cm

|          |    |                |                   |       |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
| MO_30cm  | 56 | 0.05           | 0.01              | 45.25 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.     | SC     | gl | CM   | F    | p-valor |
|----------|--------|----|------|------|---------|
| Modelo   | 8.27   | 2  | 4.14 | 1.36 | 0.2646  |
| Variedad | 8.27   | 2  | 4.14 | 1.36 | 0.2646  |
| Error    | 160.77 | 53 | 3.03 |      |         |
| Total    | 169.05 | 55 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,64542

Error: 3,0335 gl: 53

| Variedad | Medias | n  | E.E.   |
|----------|--------|----|--------|
| CCN51    | 3.50   | 7  | 0.66 A |
| Nativo   | 4.04   | 43 | 0.27 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### N\_30cm

|          |    |                |                   |       |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
| N_30cm   | 56 | 0.05           | 0.01              | 44.89 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.     | SC   | gl | CM   | F    | p-valor |
|----------|------|----|------|------|---------|
| Modelo   | 0.02 | 2  | 0.01 | 1.26 | 0.2919  |
| Variedad | 0.02 | 2  | 0.01 | 1.26 | 0.2919  |
| Error    | 0.39 | 53 | 0.01 |      |         |
| Total    | 0.41 | 55 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,08141

Error: 0,0074 gl: 53

| Variedad | Medias | n  | E.E.   |
|----------|--------|----|--------|
| CCN51    | 0.18   | 7  | 0.03 A |
| Nativo   | 0.20   | 43 | 0.01 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### PH-30

|          |    |                |                   |      |
|----------|----|----------------|-------------------|------|
| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV   |
| PH-30    | 56 | 0.08           | 0.04              | 9.70 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.     | SC    | gl | CM   | F    | p-valor |
|----------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo   | 2.23  | 2  | 1.12 | 2.25 | 0.1158  |
| Variedad | 2.23  | 2  | 1.12 | 2.25 | 0.1158  |
| Error    | 26.33 | 53 | 0.50 |      |         |
| Total    | 28.56 | 55 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,66582

Error: 0,4967 gl: 53

| Variedad | Medias | n  | E.E.   |
|----------|--------|----|--------|
| CCN51    | 6.75   | 7  | 0.27 A |
| Nativo   | 7.36   | 43 | 0.11 B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### CIC

|          |    |                |                   |       |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
| CIC      | 56 | 0.12           | 0.08              | 28.35 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.     | SC      | gl | CM     | F    | p-valor |
|----------|---------|----|--------|------|---------|
| Modelo   | 436.90  | 2  | 218.45 | 3.50 | 0.0372  |
| Variedad | 436.90  | 2  | 218.45 | 3.50 | 0.0372  |
| Error    | 3304.13 | 53 | 62.34  |      |         |

Total 3741.03 55

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=7,45932

Error: 62,3420 gl: 53

| Variedad | Medias | n  | E.E. |   |
|----------|--------|----|------|---|
| CCN51    | 21.01  | 7  | 2.98 | A |
| Nativo   | 28.41  | 43 | 1.20 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Ca+2

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Ca+2     | 56 | 0.15           | 0.12              | 37.45 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.     | SC      | gl | CM     | F    | p-valor |
|----------|---------|----|--------|------|---------|
| Modelo   | 664.33  | 2  | 332.16 | 4.75 | 0.0126  |
| Variedad | 664.33  | 2  | 332.16 | 4.75 | 0.0126  |
| Error    | 3704.38 | 53 | 69.89  |      |         |
| Total    | 4368.71 | 55 |        |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=7,89821

Error: 69,8940 gl: 53

| Variedad | Medias | n  | E.E. |   |
|----------|--------|----|------|---|
| CCN51    | 13.30  | 7  | 3.16 | A |
| Nativo   | 23.42  | 43 | 1.27 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Mg+2

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Mg+2     | 56 | 0.10           | 0.06              | 50.96 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.     | SC    | gl | CM   | F    | p-valor |
|----------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo   | 8.39  | 2  | 4.19 | 2.91 | 0.0631  |
| Variedad | 8.39  | 2  | 4.19 | 2.91 | 0.0631  |
| Error    | 76.33 | 53 | 1.44 |      |         |
| Total    | 84.71 | 55 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,13374

Error: 1,4402 gl: 53

| Variedad | Medias | n  | E.E. |   |
|----------|--------|----|------|---|
| CCN51    | 1.40   | 7  | 0.45 | A |
| Nativo   | 2.44   | 43 | 0.18 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### K+

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| K+       | 56 | 0.19           | 0.15              | 42.03 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.     | SC   | gl | CM   | F    | p-valor |
|----------|------|----|------|------|---------|
| Modelo   | 0.96 | 2  | 0.48 | 6.03 | 0.0044  |
| Variedad | 0.96 | 2  | 0.48 | 6.03 | 0.0044  |
| Error    | 4.21 | 53 | 0.08 |      |         |
| Total    | 5.16 | 55 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,26619

Error: 0,0794 gl: 53

| Variedad | Medias | n  | E.E. |   |
|----------|--------|----|------|---|
| CCN51    | 0.36   | 7  | 0.11 | A |
| Nativo   | 0.69   | 43 | 0.04 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Na+

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Na+      | 56 | 0.06           | 0.02              | 43.45 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.     | SC   | gl | CM   | F    | p-valor |
|----------|------|----|------|------|---------|
| Modelo   | 0.03 | 2  | 0.01 | 1.63 | 0.2061  |
| Variedad | 0.03 | 2  | 0.01 | 1.63 | 0.2061  |
| Error    | 0.44 | 53 | 0.01 |      |         |
| Total    | 0.47 | 55 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,08656

Error: 0,0084 gl: 53

| Variedad | Medias | n  | E.E. |   |
|----------|--------|----|------|---|
| CCN51    | 0.15   | 7  | 0.03 | A |
| Nativo   | 0.22   | 43 | 0.01 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Al+3 + H+

| Variable  | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|-----------|----|----------------|-------------------|--------|
| Al+3 + H+ | 56 | 0.15           | 0.12              | 702.20 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|------|----|----|----|---|---------|
|------|----|----|----|---|---------|

|          |         |    |         |      |        |
|----------|---------|----|---------|------|--------|
| Modelo   | 1.5E-03 | 2  | 7.4E-04 | 4.73 | 0.0129 |
| Variedad | 1.5E-03 | 2  | 7.4E-04 | 4.73 | 0.0129 |
| Error    | 0.01    | 53 | 1.6E-04 |      |        |
| Total    | 0.01    | 55 |         |      |        |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,01185

Error: 0,0002 gl: 53

| Variedad | Medias | n  | E.E.      |
|----------|--------|----|-----------|
| Nativo   | 0.00   | 43 | 1.9E-03 A |
| CCN51    | 0.00   | 7  | 4.7E-03 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### Anexo 13. Análisis de varianza del suelo a la profundidad de 30-60 cm por variedades.

#### Medidas resumen

| Variedad | Variable | n  | Media  | D.E.   |
|----------|----------|----|--------|--------|
| CCN51    | pH_60    | 7  | 6.64   | 0.76   |
| CCN51    | CE_60    | 7  | 0.09   | 0.09   |
| CCN51    | P_60     | 7  | 1.92   | 1.70   |
| CCN51    | K_60     | 7  | 119.45 | 74.68  |
| CCN51    | C_60     | 7  | 1.10   | 0.61   |
| CCN51    | MO_60    | 7  | 1.90   | 1.06   |
| CCN51    | N_60     | 7  | 0.10   | 0.05   |
| CCN51    | CIC_60   | 7  | 21.19  | 6.77   |
| CCN51    | Ca_60    | 7  | 11.35  | 4.04   |
| CCN51    | Mg_60    | 7  | 1.26   | 0.68   |
| CCN51    | K_601    | 7  | 0.29   | 0.20   |
| CCN51    | Na_60    | 7  | 0.11   | 0.03   |
| CCN51    | Al_60    | 7  | 0.00   | 0.00   |
| Nativo   | pH_60    | 49 | 7.59   | 0.70   |
| Nativo   | CE_60    | 49 | 0.22   | 0.17   |
| Nativo   | P_60     | 49 | 4.40   | 4.53   |
| Nativo   | K_60     | 49 | 231.84 | 111.89 |
| Nativo   | C_60     | 49 | 1.59   | 0.68   |
| Nativo   | MO_60    | 49 | 2.74   | 1.18   |
| Nativo   | N_60     | 49 | 0.14   | 0.06   |
| Nativo   | CIC_60   | 49 | 27.39  | 8.56   |
| Nativo   | Ca_60    | 49 | 22.73  | 10.11  |
| Nativo   | Mg_60    | 49 | 1.87   | 1.31   |
| Nativo   | K_601    | 49 | 0.55   | 0.28   |
| Nativo   | Na_60    | 49 | 0.25   | 0.12   |
| Nativo   | Al_60    | 49 | 0.00   | 0.00   |

#### Análisis de la varianza

##### PH-60

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| PH-60    | 55 | 0.10           | 0.07              | 10.78 |

##### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.     | SC    | gl | CM   | F    | p-valor |
|----------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo   | 3.84  | 2  | 1.92 | 2.96 | 0.0604  |
| Variedad | 3.84  | 2  | 1.92 | 2.96 | 0.0604  |
| Error    | 33.71 | 52 | 0.65 |      |         |
| Total    | 37.55 | 54 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,79817

Error: 0,6482 gl: 52

| Variedad | Medias | n  | E.E.   |
|----------|--------|----|--------|
| CCN51    | 6.78   | 7  | 0.30 A |
| Nativo   | 7.56   | 43 | 0.12 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

##### CE 60cm

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| CE 60cm  | 56 | 0.08           | 0.04              | 79.20 |

##### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.     | SC   | gl | CM   | F    | p-valor |
|----------|------|----|------|------|---------|
| Modelo   | 0.10 | 2  | 0.05 | 2.15 | 0.1263  |
| Variedad | 0.10 | 2  | 0.05 | 2.15 | 0.1263  |
| Error    | 1.29 | 53 | 0.02 |      |         |
| Total    | 1.39 | 55 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,14737

Error: 0,0243 gl: 53

| Variedad | Medias | n  | E.E.   |
|----------|--------|----|--------|
| CCN51    | 0.09   | 7  | 0.06 A |
| Nativo   | 0.22   | 43 | 0.02 B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )



**P\_60cm**

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|----------|----|----------------|-------------------|--------|
| P 60cm   | 56 | 0.05           | 0.02              | 106.78 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V.     | SC     | gl | CM    | F    | p-valor |
|----------|--------|----|-------|------|---------|
| Modelo   | 52.59  | 2  | 26.29 | 1.54 | 0.2244  |
| Variedad | 52.59  | 2  | 26.29 | 1.54 | 0.2244  |
| Error    | 906.56 | 53 | 17.10 |      |         |
| Total    | 959.15 | 55 |       |      |         |

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=3,90724**

Error: 17,1050 gl: 53

| Variedad | Medias | n  | E.E.   |
|----------|--------|----|--------|
| CCN51    | 1.92   | 7  | 1.56 A |
| Nativo   | 4.40   | 43 | 0.63 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**K\_60cm**

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| K 60cm   | 56 | 0.12           | 0.08              | 48.13 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V.     | SC        | gl | CM       | F    | p-valor |
|----------|-----------|----|----------|------|---------|
| Modelo   | 76711.94  | 2  | 38355.97 | 3.51 | 0.0372  |
| Variedad | 76711.94  | 2  | 38355.97 | 3.51 | 0.0372  |
| Error    | 579808.51 | 53 | 10939.78 |      |         |
| Total    | 656520.45 | 55 |          |      |         |

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=98,81275**

Error: 10939,7832 gl: 53

| Variedad | Medias | n  | E.E.    |
|----------|--------|----|---------|
| CCN51    | 119.45 | 7  | 39.53 A |
| Nativo   | 231.84 | 43 | 15.95 B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**C\_60cm**

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| C 60cm   | 56 | 0.05           | 0.02              | 45.37 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V.     | SC    | gl | CM   | F    | p-valor |
|----------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo   | 1.41  | 2  | 0.70 | 1.48 | 0.2366  |
| Variedad | 1.41  | 2  | 0.70 | 1.48 | 0.2366  |
| Error    | 25.19 | 53 | 0.48 |      |         |
| Total    | 26.60 | 55 |      |      |         |

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,65136**

Error: 0,4754 gl: 53

| Variedad | Medias | n  | E.E.   |
|----------|--------|----|--------|
| CCN51    | 1.10   | 7  | 0.26 A |
| Nativo   | 1.59   | 43 | 0.11 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**MO\_60cm**

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| MO 60cm  | 56 | 0.05           | 0.02              | 45.42 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V.     | SC    | gl | CM   | F    | p-valor |
|----------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo   | 4.19  | 2  | 2.09 | 1.48 | 0.2368  |
| Variedad | 4.19  | 2  | 2.09 | 1.48 | 0.2368  |
| Error    | 74.99 | 53 | 1.41 |      |         |
| Total    | 79.18 | 55 |      |      |         |

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,12373**

Error: 1,4148 gl: 53

| Variedad | Medias | n  | E.E.   |
|----------|--------|----|--------|
| CCN51    | 1.90   | 7  | 0.45 A |
| Nativo   | 2.74   | 43 | 0.18 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**N\_60cm**

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| N 60cm   | 56 | 0.05           | 0.02              | 44.71 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V.     | SC   | gl | CM      | F    | p-valor |
|----------|------|----|---------|------|---------|
| Modelo   | 0.01 | 2  | 0.01    | 1.53 | 0.2267  |
| Variedad | 0.01 | 2  | 0.01    | 1.53 | 0.2267  |
| Error    | 0.18 | 53 | 3.5E-03 |      |         |
| Total    | 0.19 | 55 |         |      |         |

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,05567**

Error: 0,0035 gl: 53

| Variedad | Medias | n  | E.E.   |
|----------|--------|----|--------|
| CCN51    | 1.90   | 7  | 0.45 A |
| Nativo   | 2.74   | 43 | 0.18 A |

|        |      |    |      |   |
|--------|------|----|------|---|
| CCN51  | 0.10 | 7  | 0.02 | A |
| Nativo | 0.14 | 43 | 0.01 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### CIC1

|          |    |                |                   |       |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
| CIC1     | 56 | 0.08           | 0.04              | 30.46 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.     | SC      | gl | CM     | F    | p-valor |
|----------|---------|----|--------|------|---------|
| Modelo   | 303.98  | 2  | 151.99 | 2.26 | 0.1143  |
| Variedad | 303.98  | 2  | 151.99 | 2.26 | 0.1143  |
| Error    | 3563.70 | 53 | 67.24  |      |         |
| Total    | 3867.68 | 55 |        |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=7,74678

Error: 67,2397 gl: 53

|          |        |    |        |
|----------|--------|----|--------|
| Variedad | Medias | n  | E.E.   |
| CCN51    | 21.19  | 7  | 3.10 A |
| Nativo   | 27.39  | 43 | 1.25 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Ca+21

|          |    |                |                   |       |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
| Ca+21    | 56 | 0.14           | 0.11              | 45.08 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.     | SC      | gl | CM     | F    | p-valor |
|----------|---------|----|--------|------|---------|
| Modelo   | 786.59  | 2  | 393.30 | 4.28 | 0.0189  |
| Variedad | 786.59  | 2  | 393.30 | 4.28 | 0.0189  |
| Error    | 4869.57 | 53 | 91.88  |      |         |
| Total    | 5656.17 | 55 |        |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=9,05558

Error: 91,8788 gl: 53

|          |        |    |        |
|----------|--------|----|--------|
| Variedad | Medias | n  | E.E.   |
| CCN51    | 11.35  | 7  | 3.62 A |
| Nativo   | 22.73  | 43 | 1.46 B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Mg+21

|          |    |                |                   |       |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
| Mg+21    | 56 | 0.10           | 0.06              | 65.24 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.     | SC    | gl | CM   | F    | p-valor |
|----------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo   | 8.75  | 2  | 4.38 | 2.84 | 0.0672  |
| Variedad | 8.75  | 2  | 4.38 | 2.84 | 0.0672  |
| Error    | 81.61 | 53 | 1.54 |      |         |
| Total    | 90.36 | 55 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,17231

Error: 1,5398 gl: 53

|          |        |    |        |
|----------|--------|----|--------|
| Variedad | Medias | n  | E.E.   |
| CCN51    | 1.26   | 7  | 0.47 A |
| Nativo   | 1.87   | 43 | 0.19 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### K+1

|          |    |                |                   |       |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
| K+1      | 56 | 0.10           | 0.07              | 50.83 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.     | SC   | gl | CM   | F    | p-valor |
|----------|------|----|------|------|---------|
| Modelo   | 0.42 | 2  | 0.21 | 2.98 | 0.0594  |
| Variedad | 0.42 | 2  | 0.21 | 2.98 | 0.0594  |
| Error    | 3.73 | 53 | 0.07 |      |         |
| Total    | 4.15 | 55 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,25058

Error: 0,0704 gl: 53

|          |        |    |        |
|----------|--------|----|--------|
| Variedad | Medias | n  | E.E.   |
| CCN51    | 0.29   | 7  | 0.10 A |
| Nativo   | 0.55   | 43 | 0.04 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Na+1

|          |    |                |                   |       |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
| Na+1     | 56 | 0.14           | 0.10              | 49.50 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.     | SC   | gl | CM   | F    | p-valor |
|----------|------|----|------|------|---------|
| Modelo   | 0.10 | 2  | 0.05 | 4.20 | 0.0203  |
| Variedad | 0.10 | 2  | 0.05 | 4.20 | 0.0203  |
| Error    | 0.66 | 53 | 0.01 |      |         |
| Total    | 0.76 | 55 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,10531

Error: 0,0124 gl: 53

| Variedad | Medias | n  | E.E. |   |
|----------|--------|----|------|---|
| CCN51    | 0.11   | 7  | 0.04 | A |
| Nativo   | 0.25   | 43 | 0.02 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Al+3 + H+1

| Variable   | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Al+3 + H+1 | 56 | 0.15           | 0.12              | 702.20 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.     | SC   | gl | CM      | F    | p-valor |
|----------|------|----|---------|------|---------|
| Modelo   | 0.05 | 2  | 0.02    | 4.73 | 0.0129  |
| Variedad | 0.05 | 2  | 0.02    | 4.73 | 0.0129  |
| Error    | 0.26 | 53 | 4.9E-03 |      |         |
| Total    | 0.31 | 55 |         |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,06634

Error: 0,0049 gl: 53

| Variedad | Medias | n  | E.E. |   |
|----------|--------|----|------|---|
| CCN51    | 0.00   | 7  | 0.03 | A |
| Nativo   | 0.00   | 43 | 0.01 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Anexo 14.** Tabla de contingencia de la relación de la textura del suelo a la profundidad de 0-30cm con la altitud y la variedad.

**Frecuencias absolutas**

En columnas:Altitud\_C

| Textura 30 | A1 | A2 | A3 | Total |
|------------|----|----|----|-------|
| Ar.        | 0  | 7  | 19 | 26    |
| Ar.A.      | 0  | 1  | 5  | 6     |
| Fr.        | 6  | 0  | 0  | 6     |
| Fr.A.      | 3  | 0  | 0  | 3     |
| Fr.Ar.     | 1  | 2  | 5  | 8     |
| Fr.Ar.A.   | 1  | 1  | 5  | 7     |
| Total      | 11 | 11 | 34 | 56    |

| Estadístico          | Valor | gl | p       |
|----------------------|-------|----|---------|
| Chi Cuadrado Pearson | 45,66 | 10 | <0,0001 |
| Chi Cuadrado MV-G2   | 44,29 | 10 | <0,0001 |
| Coef.Conting.Cramer  | 0,52  |    |         |
| Coef.Conting.Pearson | 0,67  |    |         |

**Frecuencias absolutas**

En columnas:Variedad

| Textura 30 | CCN51 | Nacional | Nativo | Total |
|------------|-------|----------|--------|-------|
| Ar.        | 0     | 2        | 24     | 26    |
| Ar.A.      | 0     | 2        | 4      | 6     |
| Fr.        | 3     | 0        | 3      | 6     |
| Fr.A.      | 0     | 0        | 3      | 3     |
| Fr.Ar.     | 2     | 2        | 4      | 8     |
| Fr.Ar.A.   | 2     | 0        | 5      | 7     |
| Total      | 7     | 6        | 43     | 56    |

**Anexo 15.** Tabla de contingencia de la relación de la textura del suelo a la profundidad de 0-30cm con la altitud y la variedad.

**Frecuencias absolutas**

En columnas:Textura\_60

| Altitud C | Ar. | Ar.A. | Fr. | Fr.A. | Fr.Ar. | Fr.Ar.A. | Total |
|-----------|-----|-------|-----|-------|--------|----------|-------|
| A1        | 2   | 0     | 4   | 3     | 2      | 0        | 11    |
| A2        | 9   | 0     | 0   | 0     | 0      | 2        | 11    |
| A3        | 27  | 3     | 0   | 0     | 2      | 2        | 34    |
| Total     | 38  | 3     | 4   | 3     | 4      | 4        | 56    |

| Estadístico          | Valor | gl | p       |
|----------------------|-------|----|---------|
| Chi Cuadrado Pearson | 41,04 | 10 | <0,0001 |
| Chi Cuadrado MV-G2   | 38,29 | 10 | <0,0001 |
| Coef.Conting.Cramer  | 0,49  |    |         |
| Coef.Conting.Pearson | 0,65  |    |         |

**Frecuencias absolutas**

En columnas: Textura\_60

| Variedad | Ar. | Ar.A. | Fr. | Fr.A. | Fr.Ar. | Fr.Ar.A. | Total |
|----------|-----|-------|-----|-------|--------|----------|-------|
| CCN51    | 4   | 0     | 1   | 0     | 2      | 0        | 7     |
| Nativo   | 30  | 3     | 3   | 3     | 2      | 2        | 43    |
| Total    | 38  | 3     | 4   | 3     | 4      | 4        | 56    |

**Anexo 16. Análisis de varianza del contenido de cadmio en las partes vegetales por altitudes.**

| Altitud C | Variable    | n  | Media | D.E. |
|-----------|-------------|----|-------|------|
| 1         | Cd_raiz     | 11 | 2.12  | 1.40 |
| 1         | Cd_tallo    | 11 | 1.21  | 0.64 |
| 1         | Cd_hoja     | 11 | 3.32  | 2.12 |
| 1         | Cd_cáscara  | 11 | 0.90  | 0.43 |
| 1         | Cd_testa    | 11 | 0.70  | 0.78 |
| 1         | Cd_almendra | 11 | 0.88  | 0.61 |
| 2         | Cd_raiz     | 11 | 0.06  | 0.15 |
| 2         | Cd_tallo    | 11 | 0.05  | 0.08 |
| 2         | Cd_hoja     | 11 | 0.32  | 0.36 |
| 2         | Cd_cáscara  | 11 | 0.16  | 0.39 |
| 2         | Cd_testa    | 11 | 0.12  | 0.24 |
| 2         | Cd_almendra | 11 | 0.17  | 0.24 |
| 3         | Cd_raiz     | 34 | 0.24  | 0.45 |
| 3         | Cd_tallo    | 34 | 0.13  | 0.31 |
| 3         | Cd_hoja     | 34 | 0.37  | 0.58 |
| 3         | Cd_cáscara  | 34 | 0.07  | 0.14 |
| 3         | Cd_testa    | 34 | 0.11  | 0.13 |
| 3         | Cd_almendra | 34 | 0.19  | 0.20 |

**Media-Hoja**

| Variable   | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Media-Hoja | 56 | 0.58           | 0.56              | 110.80 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V.      | SC     | gl | CM    | F     | p-valor |
|-----------|--------|----|-------|-------|---------|
| Modelo    | 77.97  | 2  | 38.99 | 36.08 | <0.0001 |
| Altitud-C | 77.97  | 2  | 38.99 | 36.08 | <0.0001 |
| Error     | 57.27  | 53 | 1.08  |       |         |
| Total     | 135.25 | 55 |       |       |         |

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,78244**

Error: 1,0806 gl: 53

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 2         | 0.32   | 11 | 0.31 | A |
| 3         | 0.37   | 34 | 0.18 | A |
| 1         | 3.32   | 11 | 0.31 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**Media-Tallo**

| Variable    | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|-------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Media-Tallo | 56 | 0.60           | 0.58              | 114.65 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V.      | SC    | gl | CM   | F     | p-valor |
|-----------|-------|----|------|-------|---------|
| Modelo    | 10.74 | 2  | 5.37 | 39.01 | <0.0001 |
| Altitud-C | 10.74 | 2  | 5.37 | 39.01 | <0.0001 |
| Error     | 7.29  | 53 | 0.14 |       |         |
| Total     | 18.03 | 55 |      |       |         |

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,27922**

Error: 0,1376 gl: 53

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 2         | 0.05   | 11 | 0.11 | A |
| 3         | 0.13   | 34 | 0.06 | A |
| 1         | 1.21   | 11 | 0.11 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**Media-Raiz**

| Variable   | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Media-Raiz | 56 | 0.56           | 0.54              | 123.55 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V.      | SC    | gl | CM    | F     | p-valor |
|-----------|-------|----|-------|-------|---------|
| Modelo    | 33.26 | 2  | 16.63 | 33.41 | <0.0001 |
| Altitud-C | 33.26 | 2  | 16.63 | 33.41 | <0.0001 |
| Error     | 26.38 | 53 | 0.50  |       |         |
| Total     | 59.65 | 55 |       |       |         |

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,53106**

Error: 0,4978 gl: 53

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 2         | 0.06   | 11 | 0.21 | A |
| 3         | 0.24   | 34 | 0.12 | A |
| 1         | 2.12   | 11 | 0.21 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Media-Almendra

| Variable       | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|----------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Media-Almendra | 56 | 0.43           | 0.41              | 100.09 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.      | SC   | gl | CM   | F     | p-valor |
|-----------|------|----|------|-------|---------|
| Modelo    | 4.19 | 2  | 2.09 | 19.85 | <0.0001 |
| Altitud-C | 4.19 | 2  | 2.09 | 19.85 | <0.0001 |
| Error     | 5.59 | 53 | 0.11 |       |         |
| Total     | 9.78 | 55 |      |       |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,24443

Error: 0,1055 gl: 53

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 2         | 0.17   | 11 | 0.10 | A |
| 3         | 0.19   | 34 | 0.06 | A |
| 1         | 0.88   | 11 | 0.10 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Media-Testa

| Variable    | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|-------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Media-Testa | 56 | 0.30           | 0.27              | 161.10 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.      | SC    | gl | CM   | F     | p-valor |
|-----------|-------|----|------|-------|---------|
| Modelo    | 3.05  | 2  | 1.53 | 11.15 | 0.0001  |
| Altitud-C | 3.05  | 2  | 1.53 | 11.15 | 0.0001  |
| Error     | 7.25  | 53 | 0.14 |       |         |
| Total     | 10.31 | 55 |      |       |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,27846

Error: 0,1369 gl: 53

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 3         | 0.11   | 34 | 0.06 | A |
| 2         | 0.12   | 11 | 0.11 | A |
| 1         | 0.70   | 11 | 0.11 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Media-Cáscara

| Variable      | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|---------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Media-Cáscara | 56 | 0.59           | 0.58              | 111.21 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.      | SC   | gl | CM   | F     | p-valor |
|-----------|------|----|------|-------|---------|
| Modelo    | 5.88 | 2  | 2.94 | 38.48 | <0.0001 |
| Altitud-C | 5.88 | 2  | 2.94 | 38.48 | <0.0001 |
| Error     | 4.05 | 53 | 0.08 |       |         |
| Total     | 9.93 | 55 |      |       |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,20807

Error: 0,0764 gl: 53

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 3         | 0.07   | 34 | 0.05 | A |
| 2         | 0.16   | 11 | 0.08 | A |
| 1         | 0.90   | 11 | 0.08 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Cd-total

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Cd total | 56 | 0.80           | 0.78              | 73.48 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V.      | SC     | gl | CM     | F     | p-valor |
|-----------|--------|----|--------|-------|---------|
| Modelo    | 579,27 | 4  | 144,82 | 50,15 | <0,0001 |
| Altitud_C | 542,19 | 2  | 271,10 | 93,88 | <0,0001 |
| Error     | 147,27 | 51 | 2,89   |       |         |
| Total     | 726,54 | 55 |        |       |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,28019

Error: 2,8876 gl: 51

| Altitud C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| A3        | -0,74  | 34 | 0,43 | A |
| A2        | -0,45  | 11 | 0,55 | A |
| A1        | 8,06   | 11 | 0,51 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## Anexo 17. Análisis de varianza del contenido de cadmio en las partes vegetales por variedades.

### Medidas resumen

| Variedad | Variable    | n  | Media | D.E. |
|----------|-------------|----|-------|------|
| CCN51    | Cd_raiz     | 7  | 0.76  | 0.57 |
| CCN51    | Cd_tallo    | 7  | 0.49  | 0.35 |
| CCN51    | Cd_hoja     | 7  | 1.39  | 0.90 |
| CCN51    | Cd_cáscara  | 7  | 0.42  | 0.38 |
| CCN51    | Cd_testa    | 7  | 0.20  | 0.20 |
| CCN51    | Cd_almendra | 7  | 0.28  | 0.28 |
| Nativo   | Cd_raiz     | 43 | 0.62  | 1.15 |
| Nativo   | Cd_tallo    | 43 | 0.34  | 0.63 |
| Nativo   | Cd_hoja     | 43 | 0.99  | 1.72 |
| Nativo   | Cd_cáscara  | 43 | 0.26  | 0.45 |
| Nativo   | Cd_testa    | 43 | 0.26  | 0.48 |
| Nativo   | Cd_almendra | 43 | 0.38  | 0.45 |

### Media-Hoja

| Variable   | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Media-Hoja | 56 | 0.05           | 0.01              | 166.24 |

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.     | SC     | gl | CM   | F    | p-valor |
|----------|--------|----|------|------|---------|
| Modelo   | 6.32   | 2  | 3.16 | 1.30 | 0.2812  |
| Variedad | 6.32   | 2  | 3.16 | 1.30 | 0.2812  |
| Error    | 128.92 | 53 | 2.43 |      |         |
| Total    | 135.25 | 55 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,47346

Error: 2,4325 gl: 53

| Variedad | Medias | n  | E.E.   |
|----------|--------|----|--------|
| Nacional | 0.04   | 6  | 0.64 A |
| Nativo   | 0.99   | 43 | 0.24 A |
| CCN51    | 1.39   | 7  | 0.59 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### Media-Tallo

| Variable    | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|-------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Media-Tallo | 56 | 0.04           | 0.01              | 176.34 |

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.     | SC    | gl | CM   | F    | p-valor |
|----------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo   | 0.78  | 2  | 0.39 | 1.19 | 0.3116  |
| Variedad | 0.78  | 2  | 0.39 | 1.19 | 0.3116  |
| Error    | 17.25 | 53 | 0.33 |      |         |
| Total    | 18.03 | 55 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,53904

Error: 0,3256 gl: 53

| Variedad | Medias | n  | E.E.   |
|----------|--------|----|--------|
| Nacional | 0.01   | 6  | 0.23 A |
| Nativo   | 0.34   | 43 | 0.09 A |
| CCN51    | 0.49   | 7  | 0.22 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### Media-Raiz

| Variable   | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Media-Raiz | 56 | 0.04           | 2.1E-03           | 182.17 |

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.     | SC    | gl | CM   | F    | p-valor |
|----------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo   | 2.29  | 2  | 1.14 | 1.06 | 0.3547  |
| Variedad | 2.29  | 2  | 1.14 | 1.06 | 0.3547  |
| Error    | 57.36 | 53 | 1.08 |      |         |
| Total    | 59.65 | 55 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,98281

Error: 1,0822 gl: 53

| Variedad | Medias  | n  | E.E.   |
|----------|---------|----|--------|
| Nacional | 3.3E-03 | 6  | 0.42 A |
| Nativo   | 0.62    | 43 | 0.16 A |
| CCN51    | 0.76    | 7  | 0.39 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### Media-Almendra

| Variable       | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|----------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Media-Almendra | 56 | 0.07           | 0.04              | 127.52 |

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.     | SC   | gl | CM   | F    | p-valor |
|----------|------|----|------|------|---------|
| Modelo   | 0.70 | 2  | 0.35 | 2.06 | 0.1382  |
| Variedad | 0.70 | 2  | 0.35 | 2.06 | 0.1382  |

|       |      |    |      |
|-------|------|----|------|
| Error | 9.07 | 53 | 0.17 |
| Total | 9.78 | 55 |      |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,39088

Error: 0,1712 gl: 53

| Variedad | Medias | n  | E.E.   |
|----------|--------|----|--------|
| CCN51    | 0.28   | 7  | 0.16 A |
| Nativo   | 0.38   | 43 | 0.06 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Media-Testa

| Variable    | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|-------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Media-Testa | 56 | 0.03           | 0.00              | 189.27 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.     | SC    | gl | CM   | F    | p-valor |
|----------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo   | 0.29  | 2  | 0.15 | 0.78 | 0.4651  |
| Variedad | 0.29  | 2  | 0.15 | 0.78 | 0.4651  |
| Error    | 10.01 | 53 | 0.19 |      |         |
| Total    | 10.31 | 55 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,41062

Error: 0,1889 gl: 53

| Variedad | Medias | n  | E.E.   |
|----------|--------|----|--------|
| CCN51    | 0.20   | 7  | 0.16 A |
| Nativo   | 0.26   | 43 | 0.07 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Media-Cáscara

| Variable      | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|---------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Media-Cáscara | 56 | 0.06           | 0.02              | 168.98 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.     | SC   | gl | CM   | F    | p-valor |
|----------|------|----|------|------|---------|
| Modelo   | 0.58 | 2  | 0.29 | 1.65 | 0.2020  |
| Variedad | 0.58 | 2  | 0.29 | 1.65 | 0.2020  |
| Error    | 9.35 | 53 | 0.18 |      |         |
| Total    | 9.93 | 55 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,39681

Error: 0,1764 gl: 53

| Variedad | Medias | n  | E.E.   |
|----------|--------|----|--------|
| Nativo   | 0.26   | 43 | 0.06 A |
| CCN51    | 0.42   | 7  | 0.16 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Cd-total

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Cd-Total | 56 | 0,80           | 0,78              | 73,48 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V.     | SC     | gl | CM     | F     | p-valor |
|----------|--------|----|--------|-------|---------|
| Modelo   | 579,27 | 4  | 144,82 | 50,15 | <0,0001 |
| Variedad | 37,08  | 2  | 18,54  | 6,42  | 0,0033  |
| Error    | 147,27 | 51 | 2,89   |       |         |
| Total    | 726,54 | 55 |        |       |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,60685

Error: 2,8876 gl: 51

| Variedad | Medias | n  | E.E.   |
|----------|--------|----|--------|
| CCN51    | -0,16  | 7  | 0,69 A |
| Nativo   | 4,29   | 43 | 0,32 B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### Anexo 18. Análisis de varianza del contenido de cadmio en las partes vegetales del cacao por textura del suelo de 0-30 cm.

#### Cd\_30

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|----------|----|----------------|-------------------|--------|
| Cd 30    | 56 | 0,21           | 0,14              | 288,89 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V.       | SC   | gl | CM   | F    | p-valor |
|------------|------|----|------|------|---------|
| Modelo     | 0,16 | 5  | 0,03 | 2,73 | 0,0297  |
| Textura_30 | 0,16 | 5  | 0,03 | 2,73 | 0,0297  |
| Error      | 0,60 | 50 | 0,01 |      |         |
| Total      | 0,77 | 55 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,12569

Error: 0,0121 gl: 50

| Textura 30 | Medias | n  | E.E.     |
|------------|--------|----|----------|
| Ar.        | 0,00   | 26 | 0,02 A   |
| Ar.A.      | 0,00   | 6  | 0,04 A B |

|          |      |   |      |   |   |   |
|----------|------|---|------|---|---|---|
| Fr.A.    | 0,00 | 3 | 0,06 | A | B | C |
| Fr.      | 0,05 | 6 | 0,04 | A | B | C |
| Fr.Ar.   | 0,10 | 8 | 0,04 |   | B | C |
| Fr.Ar.A. | 0,15 | 7 | 0,04 |   |   | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### Anexo 19. Análisis de varianza del del factor de transferencia entre las partes vegetales del cacao, las partes vegetales del cacao/suelo a la profundidad de 0-30 cm y 30-60 cm por altitud y variedad.

#### Medidas resumen por altitud

| Altitud C | Variable         | n  | Media | D.E.  |
|-----------|------------------|----|-------|-------|
| 1         | Raiz/suelo30     | 11 | 0.38  | 1.26  |
| 1         | Tallo/suelo30    | 11 | 0.22  | 0.74  |
| 1         | Hoja/suelo30     | 11 | 0.53  | 1.75  |
| 1         | Cáscara/suelo30  | 11 | 0.15  | 0.49  |
| 1         | Almendra/suelo30 | 11 | 0.17  | 0.56  |
| 1         | Testa/suelo30    | 11 | 0.10  | 0.32  |
| 1         | Raiz/suelo60     | 11 | 0.00  | 0.00  |
| 1         | Tallo/suelo60    | 11 | 0.00  | 0.00  |
| 1         | Hoja/suelo60     | 11 | 0.00  | 0.00  |
| 1         | Cáscara/suelo60  | 11 | 0.00  | 0.00  |
| 1         | Testa/suelo60    | 11 | 0.00  | 0.00  |
| 1         | Almendra/suelo60 | 11 | 0.00  | 0.00  |
| 1         | Tallo/raíz       | 11 | 0.77  | 0.62  |
| 1         | Hoja/tallo       | 11 | 3.23  | 2.07  |
| 1         | Cáscara/Hoja     | 11 | 0.31  | 0.15  |
| 1         | Testa/Cáscara    | 11 | 0.89  | 1.31  |
| 1         | Almendra/testa   | 11 | 1.52  | 1.03  |
| 1         | Hoja/raíz        | 11 | 5.54  | 3.53  |
| 1         | Cáscara/raíz     | 11 | 1.50  | 0.72  |
| 1         | Testa/raíz       | 11 | 1.17  | 1.30  |
| 1         | Almendra/raíz    | 11 | 1.46  | 1.01  |
| 2         | Raiz/suelo30     | 11 | 0.00  | 0.00  |
| 2         | Tallo/suelo30    | 11 | 0.00  | 0.00  |
| 2         | Hoja/suelo30     | 11 | 0.00  | 0.00  |
| 2         | Cáscara/suelo30  | 11 | 0.00  | 0.00  |
| 2         | Almendra/suelo30 | 11 | 0.00  | 0.00  |
| 2         | Testa/suelo30    | 11 | 0.00  | 0.00  |
| 2         | Raiz/suelo60     | 11 | 0.00  | 0.00  |
| 2         | Tallo/suelo60    | 11 | 0.00  | 0.00  |
| 2         | Hoja/suelo60     | 11 | 0.00  | 0.00  |
| 2         | Cáscara/suelo60  | 11 | 0.00  | 0.00  |
| 2         | Testa/suelo60    | 11 | 0.00  | 0.00  |
| 2         | Almendra/suelo60 | 11 | 0.00  | 0.00  |
| 2         | Tallo/raíz       | 11 | 0.42  | 0.79  |
| 2         | Hoja/tallo       | 11 | 6.84  | 9.62  |
| 2         | Cáscara/Hoja     | 11 | 0.72  | 2.23  |
| 2         | Testa/Cáscara    | 11 | 4.43  | 13.80 |
| 2         | Almendra/testa   | 11 | 1.41  | 1.73  |
| 2         | Hoja/raíz        | 11 | 0.53  | 0.60  |
| 2         | Cáscara/raíz     | 11 | 0.27  | 0.66  |
| 2         | Testa/raíz       | 11 | 0.19  | 0.39  |
| 2         | Almendra/raíz    | 11 | 0.29  | 0.40  |
| 3         | Raiz/suelo30     | 34 | 0.46  | 1.48  |
| 3         | Tallo/suelo30    | 34 | 0.23  | 0.88  |
| 3         | Hoja/suelo30     | 34 | 0.88  | 2.88  |
| 3         | Cáscara/suelo30  | 34 | 0.16  | 0.60  |
| 3         | Almendra/suelo30 | 34 | 0.46  | 1.89  |
| 3         | Testa/suelo30    | 34 | 0.13  | 0.33  |
| 3         | Raiz/suelo60     | 34 | 0.17  | 0.88  |
| 3         | Tallo/suelo60    | 34 | 0.23  | 1.28  |
| 3         | Hoja/suelo60     | 34 | 0.22  | 1.00  |
| 3         | Cáscara/suelo60  | 34 | 0.07  | 0.43  |
| 3         | Testa/suelo60    | 34 | 0.04  | 0.16  |
| 3         | Almendra/suelo60 | 34 | 0.11  | 0.49  |
| 3         | Tallo/raíz       | 34 | 0.37  | 0.61  |
| 3         | Hoja/tallo       | 34 | 4.07  | 5.73  |
| 3         | Cáscara/Hoja     | 34 | 0.14  | 0.37  |



|   |                |    |      |      |
|---|----------------|----|------|------|
| 3 | Testa/Cáscara  | 34 | 2.37 | 9.18 |
| 3 | Almendra/testa | 34 | 1.62 | 1.89 |
| 3 | Hoja/raíz      | 34 | 0.61 | 0.97 |
| 3 | Cáscara/raíz   | 34 | 0.11 | 0.24 |
| 3 | Testa/raíz     | 34 | 0.19 | 0.22 |
| 3 | Almendra/raíz  | 34 | 0.33 | 0.34 |

**Medidas resumen por variedad**

| Variedad | Variable         | n  | Media | D.E.  |
|----------|------------------|----|-------|-------|
| CCN51    | Raíz/suelo30     | 7  | 0.60  | 1.58  |
| CCN51    | Tallo/suelo30    | 7  | 0.35  | 0.93  |
| CCN51    | Hoja/suelo30     | 7  | 0.83  | 2.19  |
| CCN51    | Cáscara/suelo30  | 7  | 0.23  | 0.62  |
| CCN51    | Almendra/suelo30 | 7  | 0.28  | 0.70  |
| CCN51    | Testa/suelo30    | 7  | 0.20  | 0.40  |
| CCN51    | Raíz/suelo60     | 7  | 0.00  | 0.00  |
| CCN51    | Tallo/suelo60    | 7  | 0.00  | 0.00  |
| CCN51    | Hoja/suelo60     | 7  | 0.00  | 0.00  |
| CCN51    | Cáscara/suelo60  | 7  | 0.00  | 0.00  |
| CCN51    | Testa/suelo60    | 7  | 0.00  | 0.00  |
| CCN51    | Almendra/suelo60 | 7  | 0.00  | 0.00  |
| CCN51    | Tallo/raíz       | 7  | 0.50  | 0.47  |
| CCN51    | Hoja/tallo       | 7  | 2.78  | 2.68  |
| CCN51    | Cáscara/Hoja     | 7  | 0.21  | 0.19  |
| CCN51    | Testa/Cáscara    | 7  | 0.30  | 0.29  |
| CCN51    | Almendra/testa   | 7  | 1.05  | 0.64  |
| CCN51    | Hoja/raíz        | 7  | 2.31  | 1.51  |
| CCN51    | Cáscara/raíz     | 7  | 0.70  | 0.64  |
| CCN51    | Testa/raíz       | 7  | 0.34  | 0.34  |
| CCN51    | Almendra/raíz    | 7  | 0.46  | 0.46  |
| Nativo   | Tallo/suelo30    | 49 | 0.18  | 0.79  |
| Nativo   | Hoja/suelo30     | 49 | 0.69  | 2.58  |
| Nativo   | Cáscara/suelo30  | 49 | 0.13  | 0.53  |
| Nativo   | Almendra/suelo30 | 49 | 0.36  | 1.69  |
| Nativo   | Testa/suelo30    | 49 | 0.09  | 0.30  |
| Nativo   | Raíz/suelo60     | 49 | 0.14  | 0.78  |
| Nativo   | Tallo/suelo60    | 49 | 0.18  | 1.14  |
| Nativo   | Hoja/suelo60     | 49 | 0.17  | 0.89  |
| Nativo   | Cáscara/suelo60  | 49 | 0.06  | 0.39  |
| Nativo   | Testa/suelo60    | 49 | 0.03  | 0.14  |
| Nativo   | Almendra/suelo60 | 49 | 0.09  | 0.44  |
| Nativo   | Tallo/raíz       | 49 | 0.47  | 0.67  |
| Nativo   | Hoja/tallo       | 49 | 5.24  | 6.83  |
| Nativo   | Cáscara/Hoja     | 49 | 0.34  | 1.16  |
| Nativo   | Testa/Cáscara    | 49 | 3.19  | 10.56 |
| Nativo   | Almendra/testa   | 49 | 1.78  | 1.85  |
| Nativo   | Hoja/raíz        | 49 | 1.65  | 2.86  |
| Nativo   | Cáscara/raíz     | 49 | 0.43  | 0.75  |
| Nativo   | Testa/raíz       | 49 | 0.44  | 0.80  |
| Nativo   | Almendra/raíz    | 49 | 0.63  | 0.76  |

**Raíz/suelo30**

| Variable     | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|--------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Raíz/suelo30 | 56 | 0.03           | 0.00              | 368.31 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

| F.V.      | SC    | gl | CM   | F    | p-valor |
|-----------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo    | 2.82  | 4  | 0.71 | 0.41 | 0.7997  |
| Altitud-C | 1.79  | 2  | 0.89 | 0.52 | 0.5969  |
| Variedad  | 1.03  | 2  | 0.52 | 0.30 | 0.7411  |
| Error     | 87.54 | 51 | 1.72 |      |         |
| Total     | 90.36 | 55 |      |      |         |

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,98702**

Error: 1,7165 gl: 51

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 2         | 0.08   | 11 | 0.42 | A |
| 1         | 0.40   | 11 | 0.40 | A |
| 3         | 0.51   | 34 | 0.33 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,23887**

Error: 1,7165 gl: 51

| Variedad | Medias | n  | E.E. |   |
|----------|--------|----|------|---|
| Nacional | 0.00   | 6  | 0.53 | A |
| Nativo   | 0.24   | 43 | 0.25 | A |
| CCN51    | 0.61   | 7  | 0.53 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Raiz/suelo60**

| Variable     | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|--------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Raiz/suelo60 | 56 | 0.02           | 0.00              | 664.62 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

| F.V.      | SC    | gl | CM   | F    | p-valor |
|-----------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo    | 0.47  | 4  | 0.12 | 0.24 | 0.9155  |
| Altitud-C | 0.41  | 2  | 0.20 | 0.41 | 0.6657  |
| Variedad  | 0.07  | 2  | 0.03 | 0.07 | 0.9360  |
| Error     | 25.26 | 51 | 0.50 |      |         |
| Total     | 25.73 | 55 |      |      |         |

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,53020**

Error: 0,4953 gl: 51

| Altitud-C | Medias   | n  | E.E. |   |
|-----------|----------|----|------|---|
| 2         | -0.02    | 11 | 0.23 | A |
| 1         | -2.1E-03 | 11 | 0.21 | A |
| 3         | 0.13     | 34 | 0.18 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,66549**

Error: 0,4953 gl: 51

| Variedad | Medias | n  | E.E. |   |
|----------|--------|----|------|---|
| Nacional | 0.00   | 6  | 0.29 | A |
| CCN51    | 0.03   | 7  | 0.29 | A |
| Nativo   | 0.08   | 43 | 0.13 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**Tallo/raíz**

| Variable   | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Tallo/raíz | 56 | 0.07           | 0.00              | 144.47 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

| F.V.      | SC    | gl | CM   | F    | p-valor |
|-----------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo    | 1.69  | 4  | 0.42 | 0.97 | 0.4295  |
| Altitud-C | 1.37  | 2  | 0.68 | 1.58 | 0.2166  |
| Variedad  | 0.32  | 2  | 0.16 | 0.37 | 0.6904  |
| Error     | 22.09 | 51 | 0.43 |      |         |
| Total     | 23.78 | 55 |      |      |         |

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,49581**

Error: 0,4331 gl: 51

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |     |
|-----------|--------|----|------|-----|
| 3         | 0.26   | 34 | 0.17 | A   |
| 2         | 0.36   | 11 | 0.21 | A B |
| 1         | 0.76   | 11 | 0.20 | B   |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,62232**

Error: 0,4331 gl: 51

| Variedad | Medias | n  | E.E. |   |
|----------|--------|----|------|---|
| CCN51    | 0.32   | 7  | 0.27 | A |
| Nacional | 0.33   | 6  | 0.27 | A |
| Nativo   | 0.58   | 43 | 0.12 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**Hoja/tallo**

| Variable   | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Hoja/tallo | 56 | 0.12           | 0.06              | 136.12 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

| F.V.      | SC      | gl | CM    | F    | p-valor |
|-----------|---------|----|-------|------|---------|
| Modelo    | 266.20  | 4  | 66.55 | 1.81 | 0.1405  |
| Altitud-C | 84.17   | 2  | 42.08 | 1.15 | 0.3256  |
| Variedad  | 182.03  | 2  | 91.02 | 2.48 | 0.0937  |
| Error     | 1871.03 | 51 | 36.69 |      |         |
| Total     | 2137.23 | 55 |       |      |         |

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=4,56311**

Error: 36,6869 gl: 51

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 3         | 1.98   | 34 | 1.54 | A |
| 1         | 3.14   | 11 | 1.83 | A |
| 2         | 5.97   | 11 | 1.96 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=5,72746**

Error: 36,6869 gl: 51

| Variedad | Medias | n  | E.E. |   |
|----------|--------|----|------|---|
| Nacional | 0.76   | 6  | 2.47 | A |
| CCN51    | 3.71   | 7  | 2.47 | A |
| Nativo   | 5.83   | 43 | 1.14 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**Cáscara/Hoja**

| Variable     | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|--------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Cáscara/Hoja | 56 | 0.08           | 4.2E-03           | 352.30 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

| F.V.      | SC    | gl | CM   | F    | p-valor |
|-----------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo    | 4.39  | 4  | 1.10 | 1.06 | 0.3868  |
| Altitud-C | 2.76  | 2  | 1.38 | 1.33 | 0.2728  |
| Variedad  | 1.62  | 2  | 0.81 | 0.78 | 0.4621  |
| Error     | 52.84 | 51 | 1.04 |      |         |
| Total     | 57.23 | 55 |      |      |         |

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,76685**

Error: 1,0361 gl: 51

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 3         | -0.06  | 34 | 0.26 | A |
| 1         | 0.30   | 11 | 0.31 | A |
| 2         | 0.63   | 11 | 0.33 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,96252**

Error: 1,0361 gl: 51

| Variedad | Medias | n  | E.E. |   |
|----------|--------|----|------|---|
| Nacional | 0.00   | 6  | 0.42 | A |
| CCN51    | 0.26   | 7  | 0.41 | A |
| Nativo   | 0.50   | 43 | 0.19 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Testa/Cáscara**

| Variable      | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|---------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Testa/Cáscara | 56 | 0.04           | 0.00              | 381.60 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

| F.V.      | SC      | gl | CM    | F    | p-valor |
|-----------|---------|----|-------|------|---------|
| Modelo    | 179.73  | 4  | 44.93 | 0.50 | 0.7366  |
| Altitud-C | 70.22   | 2  | 35.11 | 0.39 | 0.6791  |
| Variedad  | 109.50  | 2  | 54.75 | 0.61 | 0.5483  |
| Error     | 4592.60 | 51 | 90.05 |      |         |
| Total     | 4772.33 | 55 |       |      |         |

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=7,14908**

Error: 90,0510 gl: 51

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 3         | 0.61   | 34 | 2.41 | A |
| 1         | 0.78   | 11 | 2.87 | A |
| 2         | 3.61   | 11 | 3.07 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=8,97326**

Error: 90,0510 gl: 51

| Variedad | Medias | n  | E.E. |   |
|----------|--------|----|------|---|
| Nacional | 0.00   | 6  | 3.87 | A |
| CCN51    | 1.21   | 7  | 3.87 | A |
| Nativo   | 3.53   | 43 | 1.78 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Almendra/testa**

| Variable       | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|----------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Almendra/testa | 56 | 0.06           | 0.00              | 109.59 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

| F.V.      | SC     | gl | CM   | F    | p-valor |
|-----------|--------|----|------|------|---------|
| Modelo    | 9.71   | 4  | 2.43 | 0.83 | 0.5107  |
| Altitud-C | 0.36   | 2  | 0.18 | 0.06 | 0.9401  |
| Variedad  | 9.35   | 2  | 4.67 | 1.60 | 0.2112  |
| Error     | 148.66 | 51 | 2.91 |      |         |
| Total     | 158.37 | 55 |      |      |         |

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,28624**

Error: 2,9150 gl: 51

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 3         | 1.08   | 34 | 0.43 | A |
| 2         | 1.15   | 11 | 0.55 | A |
| 1         | 1.48   | 11 | 0.52 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,61445**

Error: 2,9150 gl: 51

| Variedad | Medias | n  | E.E. |   |
|----------|--------|----|------|---|
| Nacional | 0.58   | 6  | 0.70 | A |
| CCN51    | 1.01   | 7  | 0.70 | A |
| Nativo   | 1.82   | 43 | 0.32 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Tallo/suelo30**

| Variable      | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|---------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Tallo/suelo30 | 56 | 0.03           | 0.00              | 418.38 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

| F.V.      | SC    | gl | CM   | F    | p-valor |
|-----------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo    | 0.81  | 4  | 0.20 | 0.34 | 0.8513  |
| Altitud-C | 0.47  | 2  | 0.24 | 0.39 | 0.6779  |
| Variedad  | 0.34  | 2  | 0.17 | 0.28 | 0.7543  |
| Error     | 30.67 | 51 | 0.60 |      |         |
| Total     | 31.48 | 55 |      |      |         |

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,58423**

Error: 0,6014 gl: 51

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 2         | 0.05   | 11 | 0.25 | A |
| 1         | 0.23   | 11 | 0.23 | A |
| 3         | 0.27   | 34 | 0.20 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,73330**

Error: 0,6014 gl: 51

| Variedad | Medias | n  | E.E. |   |
|----------|--------|----|------|---|
| Nacional | 0.00   | 6  | 0.32 | A |
| Nativo   | 0.12   | 43 | 0.15 | A |
| CCN51    | 0.35   | 7  | 0.32 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**Tallo/suelo60**

| Variable      | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|---------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Tallo/suelo60 | 56 | 0.02           | 0.00              | 727.69 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

| F.V.      | SC    | gl | CM   | F    | p-valor |
|-----------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo    | 0.84  | 4  | 0.21 | 0.20 | 0.9379  |
| Altitud-C | 0.72  | 2  | 0.36 | 0.34 | 0.7119  |
| Variedad  | 0.12  | 2  | 0.06 | 0.06 | 0.9463  |
| Error     | 53.61 | 51 | 1.05 |      |         |
| Total     | 54.44 | 55 |      |      |         |

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,77240**

Error: 1,0512 gl: 51

| Altitud-C | Medias   | n  | E.E. |   |
|-----------|----------|----|------|---|
| 2         | -0.02    | 11 | 0.33 | A |
| 1         | -2.8E-03 | 11 | 0.31 | A |
| 3         | 0.18     | 34 | 0.26 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,96948**

Error: 1,0512 gl: 51

| Variedad | Medias | n  | E.E. |   |
|----------|--------|----|------|---|
| CCN51    | 0.04   | 7  | 0.42 | A |
| Nativo   | 0.11   | 43 | 0.19 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**Hoja/suelo30**

| Variable     | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|--------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Hoja/suelo30 | 56 | 0.03           | 0.00              | 383.06 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

| F.V.      | SC     | gl | CM   | F    | p-valor |
|-----------|--------|----|------|------|---------|
| Modelo    | 8.89   | 4  | 2.22 | 0.38 | 0.8250  |
| Altitud-C | 6.53   | 2  | 3.26 | 0.55 | 0.5795  |
| Variedad  | 2.36   | 2  | 1.18 | 0.20 | 0.8198  |
| Error     | 301.76 | 51 | 5.92 |      |         |
| Total     | 310.65 | 55 |      |      |         |

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,83253**

Error: 5,9169 gl: 51

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 2         | 0.08   | 11 | 0.79 | A |
| 1         | 0.55   | 11 | 0.74 | A |
| 3         | 0.89   | 34 | 0.62 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2,30013**

Error: 5,9169 gl: 51

| Variedad | Medias | n  | E.E. |   |
|----------|--------|----|------|---|
| Nativo   | 0.44   | 43 | 0.46 | A |
| CCN51    | 0.90   | 7  | 0.99 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**Hoja/suelo60**

| Variable     | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|--------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Hoja/suelo60 | 56 | 0.02           | 0.00              | 608.59 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

| F.V.      | SC   | gl | CM   | F    | p-valor |
|-----------|------|----|------|------|---------|
| Modelo    | 0.73 | 4  | 0.18 | 0.28 | 0.8870  |
| Altitud-C | 0.63 | 2  | 0.31 | 0.49 | 0.6160  |

|          |       |    |      |      |        |
|----------|-------|----|------|------|--------|
| Variedad | 0.10  | 2  | 0.05 | 0.08 | 0.9242 |
| Error    | 32.72 | 51 | 0.64 |      |        |
| Total    | 33.45 | 55 |      |      |        |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,60341

Error: 0,6415 gl: 51

| Altitud-C | Medias   | n  | E.E. |   |
|-----------|----------|----|------|---|
| 2         | -0.02    | 11 | 0.26 | A |
| 1         | -2.6E-03 | 11 | 0.24 | A |
| 3         | 0.17     | 34 | 0.20 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,75738

Error: 0,6415 gl: 51

| Variedad | Medias | n  | E.E. |   |
|----------|--------|----|------|---|
| CCN51    | 0.04   | 7  | 0.33 | A |
| Nativo   | 0.10   | 43 | 0.15 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Cáscara/suelo30

| Variable        | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|-----------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Cáscara/suelo30 | 56 | 0.03           | 0.00              | 419.36 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V.      | SC    | gl | CM   | F    | p-valor |
|-----------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo    | 0.37  | 4  | 0.09 | 0.33 | 0.8546  |
| Altitud-C | 0.22  | 2  | 0.11 | 0.39 | 0.6786  |
| Variedad  | 0.15  | 2  | 0.08 | 0.28 | 0.7607  |
| Error     | 14.05 | 51 | 0.28 |      |         |
| Total     | 14.42 | 55 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,39547

Error: 0,2756 gl: 51

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 2         | 0.03   | 11 | 0.17 | A |
| 1         | 0.16   | 11 | 0.16 | A |
| 3         | 0.18   | 34 | 0.13 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,49639

Error: 0,2756 gl: 51

| Variedad | Medias | n  | E.E. |   |
|----------|--------|----|------|---|
| Nativo   | 0.08   | 43 | 0.10 | A |
| CCN51    | 0.24   | 7  | 0.21 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Cáscara/suelo60

| Variable        | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|-----------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Cáscara/suelo60 | 56 | 0.01           | 0.00              | 771.80 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V.      | SC   | gl | CM   | F    | p-valor |
|-----------|------|----|------|------|---------|
| Modelo    | 0.09 | 4  | 0.02 | 0.18 | 0.9494  |
| Altitud-C | 0.07 | 2  | 0.04 | 0.30 | 0.7391  |
| Variedad  | 0.01 | 2  | 0.01 | 0.05 | 0.9521  |
| Error     | 6.20 | 51 | 0.12 |      |         |
| Total     | 6.29 | 55 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,26269

Error: 0,1216 gl: 51

| Altitud-C | Medias   | n  | E.E. |   |
|-----------|----------|----|------|---|
| 2         | -0.01    | 11 | 0.11 | A |
| 1         | -9.0E-04 | 11 | 0.11 | A |
| 3         | 0.06     | 34 | 0.09 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,32972

Error: 0,1216 gl: 51

| Variedad | Medias | n  | E.E. |   |
|----------|--------|----|------|---|
| CCN51    | 0.01   | 7  | 0.14 | A |
| Nativo   | 0.03   | 43 | 0.07 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Testa/suelo30

| Variable      | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|---------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Testa/suelo30 | 56 | 0.06           | 0.00              | 308.75 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V.      | SC   | gl | CM   | F    | p-valor |
|-----------|------|----|------|------|---------|
| Modelo    | 0.29 | 4  | 0.07 | 0.80 | 0.5296  |
| Altitud-C | 0.14 | 2  | 0.07 | 0.77 | 0.4702  |
| Variedad  | 0.15 | 2  | 0.08 | 0.84 | 0.4384  |
| Error     | 4.57 | 51 | 0.09 |      |         |
| Total     | 4.86 | 55 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,22554

Error: 0,0896 gl: 51

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 2         | 0.04   | 11 | 0.10 | A |
| 1         | 0.10   | 11 | 0.09 | A |
| 3         | 0.16   | 34 | 0.08 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,28309

Error: 0,0896 gl: 51

| Variedad | Medias | n  | E.E. |   |
|----------|--------|----|------|---|
| Nativo   | 0.05   | 43 | 0.06 | A |
| CCN51    | 0.21   | 7  | 0.12 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Testa/suelo60

| Variable      | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|---------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Testa/suelo60 | 56 | 0.02           | 0.00              | 580.87 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V.      | SC      | gl | CM      | F    | p-valor |
|-----------|---------|----|---------|------|---------|
| Modelo    | 0.02    | 4  | 4.8E-03 | 0.31 | 0.8688  |
| Altitud-C | 0.02    | 2  | 0.01    | 0.54 | 0.5878  |
| Variedad  | 2.7E-03 | 2  | 1.3E-03 | 0.09 | 0.9171  |
| Error     | 0.79    | 51 | 0.02    |      |         |
| Total     | 0.81    | 55 |         |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,09377

Error: 0,0155 gl: 51

| Altitud-C | Medias   | n  | E.E. |   |
|-----------|----------|----|------|---|
| 2         | -3.6E-03 | 11 | 0.04 | A |
| 1         | -4.3E-04 | 11 | 0.04 | A |
| 3         | 0.03     | 34 | 0.03 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,11770

Error: 0,0155 gl: 51

| Variedad | Medias | n  | E.E. |   |
|----------|--------|----|------|---|
| CCN51    | 0.01   | 7  | 0.05 | A |
| Nativo   | 0.02   | 43 | 0.02 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Almendra/suelo30

| Variable         | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|------------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Almendra/suelo30 | 56 | 0.02           | 0.00              | 490.14 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V.      | SC     | gl | CM   | F    | p-valor |
|-----------|--------|----|------|------|---------|
| Modelo    | 2.52   | 4  | 0.63 | 0.27 | 0.8982  |
| Altitud-C | 2.06   | 2  | 1.03 | 0.44 | 0.6491  |
| Variedad  | 0.46   | 2  | 0.23 | 0.10 | 0.9076  |
| Error     | 120.74 | 51 | 2.37 |      |         |
| Total     | 123.27 | 55 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,15918

Error: 2,3675 gl: 51

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 2         | 0.01   | 11 | 0.50 | A |
| 1         | 0.17   | 11 | 0.47 | A |
| 3         | 0.43   | 34 | 0.39 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,45497

Error: 2,3675 gl: 51

| Variedad | Medias | n  | E.E. |   |
|----------|--------|----|------|---|
| Nativo   | 0.22   | 43 | 0.29 | A |
| CCN51    | 0.34   | 7  | 0.63 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Almendra/suelo60

| Variable         | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|------------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Almendra/suelo60 | 56 | 0.02           | 0.00              | 588.30 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V.      | SC   | gl | CM   | F    | p-valor |
|-----------|------|----|------|------|---------|
| Modelo    | 0.19 | 4  | 0.05 | 0.30 | 0.8740  |
| Altitud-C | 0.17 | 2  | 0.08 | 0.52 | 0.5956  |
| Variedad  | 0.03 | 2  | 0.01 | 0.08 | 0.9191  |
| Error     | 8.04 | 51 | 0.16 |      |         |
| Total     | 8.23 | 55 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,29916

Error: 0,1577 gl: 51

| Altitud-C | Medias   | n  | E.E. |   |
|-----------|----------|----|------|---|
| 2         | -0.01    | 11 | 0.13 | A |
| 1         | -1.3E-03 | 11 | 0.12 | A |
| 3         | 0.09     | 34 | 0.10 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,37550

Error: 0,1577 gl: 51

| Variedad | Medias | n  | E.E. |   |
|----------|--------|----|------|---|
| CCN51    | 0.02   | 7  | 0.16 | A |
| Nativo   | 0.05   | 43 | 0.07 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Hoja/raíz**

| Variable  | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|-----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Hoja/raíz | 56 | 0.68           | 0.65              | 98.45 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

| F.V.      | SC     | gl | CM     | F     | p-valor |
|-----------|--------|----|--------|-------|---------|
| Modelo    | 254.93 | 4  | 63.73  | 26.87 | <0.0001 |
| Altitud-C | 216.82 | 2  | 108.41 | 45.71 | <0.0001 |
| Variedad  | 38.11  | 2  | 19.05  | 8.03  | 0.0009  |
| Error     | 120.97 | 51 | 2.37   |       |         |
| Total     | 375.89 | 55 |        |       |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,16025

Error: 2,3719 gl: 51

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 3         | -0.44  | 34 | 0.39 | A |
| 2         | -0.20  | 11 | 0.50 | A |
| 1         | 5.42   | 11 | 0.47 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,45630

Error: 2,3719 gl: 51

| Variedad | Medias | n  | E.E. |   |
|----------|--------|----|------|---|
| CCN51    | 0.05   | 7  | 0.63 | A |
| Nativo   | 2.87   | 43 | 0.29 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cáscara/raíz**

| Variable     | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|--------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Cáscara/raíz | 56 | 0.67           | 0.65              | 101.10 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

| F.V.      | SC    | gl | CM   | F     | p-valor |
|-----------|-------|----|------|-------|---------|
| Modelo    | 18.62 | 4  | 4.66 | 26.47 | <0.0001 |
| Altitud-C | 16.33 | 2  | 8.16 | 46.41 | <0.0001 |
| Variedad  | 2.30  | 2  | 1.15 | 6.53  | 0.0030  |
| Error     | 8.97  | 51 | 0.18 |       |         |
| Total     | 27.59 | 55 |      |       |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,31594

Error: 0,1759 gl: 51

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 3         | -0.16  | 34 | 0.11 | A |
| 2         | 0.09   | 11 | 0.14 | A |
| 1         | 1.47   | 11 | 0.13 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,39655

Error: 0,1759 gl: 51

| Variedad | Medias | n  | E.E. |   |
|----------|--------|----|------|---|
| CCN51    | 0.12   | 7  | 0.17 | A |
| Nativo   | 0.79   | 43 | 0.08 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Testa/raíz**

| Variable   | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Testa/raíz | 56 | 0.42           | 0.38              | 148.74 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

| F.V.      | SC    | gl | CM   | F     | p-valor |
|-----------|-------|----|------|-------|---------|
| Modelo    | 12.04 | 4  | 3.01 | 9.26  | <0.0001 |
| Altitud-C | 8.51  | 2  | 4.25 | 13.08 | <0.0001 |
| Variedad  | 3.53  | 2  | 1.77 | 5.43  | 0.0073  |
| Error     | 16.59 | 51 | 0.33 |       |         |
| Total     | 28.63 | 55 |      |       |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,42962

Error: 0,3252 gl: 51

| Altitud-C | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 3         | -0.13  | 34 | 0.14 | A |
| 2         | -0.03  | 11 | 0.18 | A |
| 1         | 1.13   | 11 | 0.17 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,53925

Error: 0,3252 gl: 51

| Variedad | Medias | n | E.E. |  |
|----------|--------|---|------|--|
|----------|--------|---|------|--|

|        |       |    |      |   |
|--------|-------|----|------|---|
| CCN51  | -0.15 | 7  | 0.23 | A |
| Nativo | 0.71  | 43 | 0.11 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Almendra/raíz

| Variable      | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|---------------|----|----------------|-------------------|-------|
| Almendra/raíz | 56 | 0.64           | 0.61              | 81.27 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V.      | SC    | gl | CM   | F     | p-valor |
|-----------|-------|----|------|-------|---------|
| Modelo    | 17.37 | 4  | 4.34 | 22.41 | <0.0001 |
| Altitud-C | 11.67 | 2  | 5.84 | 30.12 | <0.0001 |
| Variedad  | 5.70  | 2  | 2.85 | 14.70 | <0.0001 |
| Error     | 9.88  | 51 | 0.19 |       |         |
| Total     | 27.25 | 55 |      |       |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,33161

Error: 0,1937 gl: 51

| Altitud-C | Medias | n  | E.E.   |
|-----------|--------|----|--------|
| 3         | -0.10  | 34 | 0.11 A |
| 2         | 0.01   | 11 | 0.14 A |
| 1         | 1.42   | 11 | 0.13 B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,41622

Error: 0,1937 gl: 51

| Variedad | Medias | n  | E.E.   |
|----------|--------|----|--------|
| CCN51    | -0.11  | 7  | 0.18 A |
| Nativo   | 0.95   | 43 | 0.08 B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## Anexo 20. Análisis de varianza de la concentración de Cd del suelo a profundidades de 0 – 30 cm y 30 - 60 cm, con la textura del suelo.

#### Cd\_30

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|----------|----|----------------|-------------------|--------|
| Cd 30    | 56 | 0,21           | 0,14              | 288,89 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V.       | SC   | gl | CM   | F    | p-valor |
|------------|------|----|------|------|---------|
| Modelo     | 0,16 | 5  | 0,03 | 2,73 | 0,0297  |
| Textura_30 | 0,16 | 5  | 0,03 | 2,73 | 0,0297  |
| Error      | 0,60 | 50 | 0,01 |      |         |
| Total      | 0,77 | 55 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,12569

Error: 0,0121 gl: 50

| Textura 30 | Medias | n  | E.E.       |
|------------|--------|----|------------|
| Ar.        | 0,00   | 26 | 0,02 A     |
| Ar.A.      | 0,00   | 6  | 0,04 A B   |
| Fr.A.      | 0,00   | 3  | 0,06 A B C |
| Fr.        | 0,05   | 6  | 0,04 A B C |
| Fr.Ar.     | 0,10   | 8  | 0,04 B C   |
| Fr.Ar.A.   | 0,15   | 7  | 0,04 C     |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Cd\_60

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |
|----------|----|----------------|-------------------|--------|
| Cd 60    | 56 | 0,19           | 0,11              | 534,82 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V.       | SC   | gl | CM   | F    | p-valor |
|------------|------|----|------|------|---------|
| Modelo     | 0,06 | 5  | 0,01 | 2,35 | 0,0543  |
| Textura_30 | 0,06 | 5  | 0,01 | 2,35 | 0,0543  |
| Error      | 0,27 | 50 | 0,01 |      |         |
| Total      | 0,33 | 55 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,08412

Error: 0,0054 gl: 50

| Textura 30 | Medias | n  | E.E.     |
|------------|--------|----|----------|
| Ar.        | 0,00   | 26 | 0,01 A   |
| Fr.Ar.A.   | 0,00   | 7  | 0,03 A   |
| Fr.        | 0,00   | 6  | 0,03 A   |
| Ar.A.      | 0,00   | 6  | 0,03 A   |
| Fr.A.      | 0,00   | 3  | 0,04 A B |
| Fr.Ar.     | 0,10   | 8  | 0,03 B   |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )



**Anexo 21. Análisis de correlación entre las características químicas del suelo a la profundidad de 0-30 cm y 30-60 cm con las concentraciones de cadmio en el suelo, las partes vegetales del cacao y altitud; y la correlación entre los contenidos de cadmio entre las partes vegetales del cacao.**

**Matriz de correlación/Coeficientes**

|             | Cd 30   | Cd 60 | pH 30 | CE 30 | P 30  | K 30  | C 30  | MO 30 | N 30  | CIC 30 | Ca 30 | Mg 30 | K 301 | Na 30 | Al 30 | Cd raíz | Cd tallo | Cd hoja | Cd cáscara | Cd testa | Cd almendra | Altitud |  |  |
|-------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|----------|---------|------------|----------|-------------|---------|--|--|
| Cd_30       | 1.00    |       |       |       |       |       |       |       |       |        |       |       |       |       |       |         |          |         |            |          |             |         |  |  |
| Cd_60       | 0.43    | 1.00  |       |       |       |       |       |       |       |        |       |       |       |       |       |         |          |         |            |          |             |         |  |  |
| pH_30       | 0.04    | 0.05  | 1.00  |       |       |       |       |       |       |        |       |       |       |       |       |         |          |         |            |          |             |         |  |  |
| CE_30       | 0.10    | 0.06  | 0.68  | 1.00  |       |       |       |       |       |        |       |       |       |       |       |         |          |         |            |          |             |         |  |  |
| P_30        | 0.23    | 0.14  | -0.06 | 0.03  | 1.00  |       |       |       |       |        |       |       |       |       |       |         |          |         |            |          |             |         |  |  |
| K_30        | -0.16   | -0.18 | 0.33  | 0.55  | -0.25 | 1.00  |       |       |       |        |       |       |       |       |       |         |          |         |            |          |             |         |  |  |
| C_30        | 0.17    | 0.16  | -0.02 | 0.19  | 0.13  | 0.32  | 1.00  |       |       |        |       |       |       |       |       |         |          |         |            |          |             |         |  |  |
| MO_30       | 0.17    | 0.16  | -0.02 | 0.19  | 0.13  | 0.32  | 1.00  | 1.00  |       |        |       |       |       |       |       |         |          |         |            |          |             |         |  |  |
| N_30        | 0.17    | 0.16  | -0.01 | 0.19  | 0.13  | 0.33  | 1.00  | 1.00  | 1.00  |        |       |       |       |       |       |         |          |         |            |          |             |         |  |  |
| CIC_30      | -0.17   | -0.05 | 0.40  | 0.38  | -0.49 | 0.65  | 0.03  | 0.03  | 0.02  | 1.00   |       |       |       |       |       |         |          |         |            |          |             |         |  |  |
| Ca_30       | -0.14   | -0.03 | 0.58  | 0.52  | -0.36 | 0.70  | 0.11  | 0.11  | 0.11  | 0.94   | 1.00  |       |       |       |       |         |          |         |            |          |             |         |  |  |
| Mg_30       | -0.11   | -0.04 | 0.38  | 0.27  | -0.34 | 0.45  | 0.03  | 0.03  | 0.02  | 0.66   | 0.59  | 1.00  |       |       |       |         |          |         |            |          |             |         |  |  |
| K_301       | -0.12   | -0.13 | 0.31  | 0.48  | -0.17 | 0.95  | 0.31  | 0.31  | 0.31  | 0.62   | 0.66  | 0.46  | 1.00  |       |       |         |          |         |            |          |             |         |  |  |
| Na_30       | -0.12   | -0.19 | 0.41  | 0.64  | -0.12 | 0.55  | 0.19  | 0.19  | 0.20  | 0.45   | 0.51  | 0.40  | 0.47  | 1.00  |       |         |          |         |            |          |             |         |  |  |
| Al_30       | -0.04   | -0.02 | -0.35 | -0.13 | -0.13 | 0.04  | -0.20 | -0.20 | -0.19 | 0.07   | -0.04 | -0.01 | 0.04  | -0.12 | 1.00  |         |          |         |            |          |             |         |  |  |
| Cd_raíz     | 0.11    | 0.02  | -0.38 | -0.45 | 0.47  | -0.58 | -0.19 | -0.19 | -0.19 | -0.71  | -0.75 | -0.45 | -0.56 | -0.41 | -0.07 | 1.00    |          |         |            |          |             |         |  |  |
| Cd_tallo    | 0.17    | 0.11  | -0.44 | -0.48 | 0.24  | -0.62 | -0.22 | -0.21 | -0.21 | -0.67  | -0.76 | -0.38 | -0.59 | -0.44 | -0.07 | 0.82    | 1.00     |         |            |          |             |         |  |  |
| Cd_hoja     | 0.13    | 0.01  | -0.34 | -0.42 | 0.32  | -0.52 | -0.22 | -0.22 | -0.22 | -0.65  | -0.71 | -0.37 | -0.50 | -0.38 | -0.08 | 0.85    | 0.81     | 1.00    |            |          |             |         |  |  |
| Cd_cáscara  | 1.5E-03 | -0.03 | -0.37 | -0.40 | 0.23  | -0.58 | -0.29 | -0.29 | -0.29 | -0.58  | -0.67 | -0.33 | -0.54 | -0.30 | -0.08 | 0.66    | 0.77     | 0.74    | 1.00       |          |             |         |  |  |
| Cd_testa    | 0.03    | -0.02 | -0.27 | -0.32 | 0.20  | -0.34 | -0.33 | -0.33 | -0.32 | -0.44  | -0.49 | -0.24 | -0.32 | -0.26 | -0.06 | 0.59    | 0.71     | 0.55    | 0.50       | 1.00     |             |         |  |  |
| Cd_almendra | 0.07    | 0.11  | -0.27 | -0.37 | 0.34  | -0.44 | -0.28 | -0.28 | -0.28 | -0.54  | -0.58 | -0.34 | -0.39 | -0.34 | -0.09 | 0.74    | 0.75     | 0.73    | 0.75       | 0.75     | 1.00        |         |  |  |
| Altitud     | 0.09    | 0.14  | 0.19  | 0.42  | -0.14 | 0.63  | 0.53  | 0.53  | 0.53  | 0.52   | 0.59  | 0.28  | 0.58  | 0.36  | 0.08  | -0.58   | -0.61    | -0.63   | -0.67      | -0.47    | -0.55       | 1.00    |  |  |

**Matriz de correlación/Probabilidades**

|             | Cd 30  | Cd 60  | pH 30   | CE 30   | P 30   | K 30    | C 30    | MO 30   | N 30    | CIC 30  | Ca 30   | Mg 30  | K 301   | Na 30  | Al 30  | Cd raíz | Cd tallo | Cd hoja | Cd cáscara | Cd testa | Cd almendra | A |  |
|-------------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|--------|---------|----------|---------|------------|----------|-------------|---|--|
| Cd_30       |        |        |         |         |        |         |         |         |         |         |         |        |         |        |        |         |          |         |            |          |             |   |  |
| Cd_60       | 0.0010 |        |         |         |        |         |         |         |         |         |         |        |         |        |        |         |          |         |            |          |             |   |  |
| pH_30       | 0.7874 | 0.6929 |         |         |        |         |         |         |         |         |         |        |         |        |        |         |          |         |            |          |             |   |  |
| CE_30       | 0.4660 | 0.6672 | <0.0001 |         |        |         |         |         |         |         |         |        |         |        |        |         |          |         |            |          |             |   |  |
| P_30        | 0.0911 | 0.2926 | 0.6629  | 0.8017  |        |         |         |         |         |         |         |        |         |        |        |         |          |         |            |          |             |   |  |
| K_30        | 0.2465 | 0.1889 | 0.0130  | <0.0001 | 0.0656 |         |         |         |         |         |         |        |         |        |        |         |          |         |            |          |             |   |  |
| C_30        | 0.2070 | 0.2448 | 0.9107  | 0.1691  | 0.3263 | 0.0146  |         |         |         |         |         |        |         |        |        |         |          |         |            |          |             |   |  |
| MO_30       | 0.2072 | 0.2435 | 0.9090  | 0.1694  | 0.3236 | 0.0147  | <0.0001 |         |         |         |         |        |         |        |        |         |          |         |            |          |             |   |  |
| N_30        | 0.2039 | 0.2451 | 0.9179  | 0.1577  | 0.3217 | 0.0139  | <0.0001 | <0.0001 |         |         |         |        |         |        |        |         |          |         |            |          |             |   |  |
| CIC_30      | 0.2123 | 0.6897 | 0.0023  | 0.0041  | 0.0001 | <0.0001 | 0.8411  | 0.8459  | 0.8851  |         |         |        |         |        |        |         |          |         |            |          |             |   |  |
| Ca_30       | 0.3122 | 0.8318 | <0.0001 | <0.0001 | 0.0061 | <0.0001 | 0.4049  | 0.4088  | 0.4381  | <0.0001 |         |        |         |        |        |         |          |         |            |          |             |   |  |
| Mg_30       | 0.4196 | 0.7658 | 0.0038  | 0.0453  | 0.0115 | 0.0006  | 0.8279  | 0.8329  | 0.8551  | <0.0001 | <0.0001 |        |         |        |        |         |          |         |            |          |             |   |  |
| K_301       | 0.3958 | 0.3293 | 0.0202  | 0.0002  | 0.1991 | <0.0001 | 0.0201  | 0.0202  | 0.0192  | <0.0001 | <0.0001 | 0.0004 |         |        |        |         |          |         |            |          |             |   |  |
| Na_30       | 0.3862 | 0.1522 | 0.0019  | <0.0001 | 0.3670 | <0.0001 | 0.1521  | 0.1520  | 0.1347  | 0.0005  | 0.0001  | 0.0023 | 0.0003  |        |        |         |          |         |            |          |             |   |  |
| Al_30       | 0.7486 | 0.8606 | 0.0078  | 0.3342  | 0.3430 | 0.7670  | 0.1481  | 0.1487  | 0.1570  | 0.6164  | 0.7533  | 0.9139 | 0.7958  | 0.3833 |        |         |          |         |            |          |             |   |  |
| Cd_raíz     | 0.4328 | 0.8975 | 0.0035  | 0.0006  | 0.0002 | <0.0001 | 0.1527  | 0.1547  | 0.1636  | <0.0001 | <0.0001 | 0.0005 | <0.0001 | 0.0019 | 0.5980 |         |          |         |            |          |             |   |  |
| Cd_tallo    | 0.2155 | 0.4210 | 0.0006  | 0.0002  | 0.0757 | <0.0001 | 0.1107  | 0.1118  | 0.1201  | <0.0001 | <0.0001 | 0.0039 | <0.0001 | 0.0006 | 0.6094 | <0.0001 |          |         |            |          |             |   |  |
| Cd_hoja     | 0.3365 | 0.9236 | 0.0104  | 0.0014  | 0.0176 | <0.0001 | 0.0983  | 0.0994  | 0.1077  | <0.0001 | <0.0001 | 0.0056 | 0.0001  | 0.0034 | 0.5811 | <0.0001 | <0.0001  |         |            |          |             |   |  |
| Cd_cáscara  | 0.9915 | 0.8086 | 0.0050  | 0.0025  | 0.0838 | <0.0001 | 0.0283  | 0.0286  | 0.0293  | <0.0001 | <0.0001 | 0.0136 | <0.0001 | 0.0238 | 0.5598 | <0.0001 | <0.0001  | <0.0001 |            |          |             |   |  |
| Cd_testa    | 0.7989 | 0.9042 | 0.0453  | 0.0169  | 0.1415 | 0.0095  | 0.0141  | 0.0142  | 0.0149  | 0.0007  | 0.0001  | 0.0726 | 0.0154  | 0.0527 | 0.6626 | <0.0001 | <0.0001  | <0.0001 | 0.0001     |          |             |   |  |
| Cd_almendra | 0.6203 | 0.4082 | 0.0478  | 0.0051  | 0.0100 | 0.0006  | 0.0391  | 0.0395  | 0.0385  | <0.0001 | <0.0001 | 0.0109 | 0.0028  | 0.0116 | 0.5162 | <0.0001 | <0.0001  | <0.0001 | <0.0001    | <0.0001  |             |   |  |
| Altitud     | 0.5075 | 0.3210 | 0.1656  | 0.0014  | 0.2867 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | 0.0402 | <0.0001 | 0.0068 | 0.5557 | <0.0001 | <0.0001  | <0.0001 | <0.0001    | 0.0002   | <0.0001     |   |  |

**Autovalores**

| Lambda | Valor   | Proporción | Prop Acum |
|--------|---------|------------|-----------|
| 1      | 9.00    | 0.41       | 0.41      |
| 2      | 3.32    | 0.15       | 0.56      |
| 3      | 1.83    | 0.08       | 0.64      |
| 4      | 1.52    | 0.07       | 0.71      |
| 5      | 1.15    | 0.05       | 0.76      |
| 6      | 1.03    | 0.05       | 0.81      |
| 7      | 0.70    | 0.03       | 0.84      |
| 8      | 0.60    | 0.03       | 0.87      |
| 9      | 0.57    | 0.03       | 0.90      |
| 10     | 0.47    | 0.02       | 0.92      |
| 11     | 0.40    | 0.02       | 0.94      |
| 12     | 0.33    | 0.01       | 0.95      |
| 13     | 0.31    | 0.01       | 0.96      |
| 14     | 0.25    | 0.01       | 0.98      |
| 15     | 0.20    | 0.01       | 0.98      |
| 16     | 0.12    | 0.01       | 0.99      |
| 17     | 0.11    | 0.01       | 1.00      |
| 18     | 0.06    | 2.6E-03    | 1.00      |
| 19     | 0.03    | 1.5E-03    | 1.00      |
| 20     | 0.02    | 7.6E-04    | 1.00      |
| 21     | 3.5E-04 | 1.6E-05    | 1.00      |
| 22     | 2.1E-06 | 9.7E-08    | 1.00      |

**Autovectores**

| Variables | e1    | e2       |
|-----------|-------|----------|
| Cd_30     | 0.03  | 0.22     |
| Cd_60     | 0.01  | 0.18     |
| pH_30     | -0.17 | -0.11    |
| CE_30     | -0.21 | 0.01     |
| P_30      | 0.11  | 0.24     |
| K_30      | -0.27 | -2.9E-03 |
| C_30      | -0.13 | 0.48     |
| MO_30     | -0.13 | 0.48     |
| N_30      | -0.13 | 0.48     |

|             |         |         |
|-------------|---------|---------|
| CIC_30      | -0.27   | -0.20   |
| Ca_30       | -0.29   | -0.15   |
| Mg_30       | -0.18   | -0.16   |
| K_301       | -0.25   | 4.6E-03 |
| Na_30       | -0.20   | -0.03   |
| Al_30       | 9.5E-04 | -0.13   |
| Cd_raiz     | 0.29    | 0.10    |
| Cd_tallo    | 0.29    | 0.07    |
| Cd_hoja     | 0.28    | 0.06    |
| Cd_cáscara  | 0.27    | -0.01   |
| Cd_testa    | 0.22    | -0.05   |
| Cd_almendra | 0.26    | 0.01    |
| Altitud     | -0.25   | 0.17    |

**Correlaciones con las variables originales**

| Variables   | CP 1    | CP 2  |
|-------------|---------|-------|
| Cd_30       | 0.10    | 0.39  |
| Cd_60       | 0.04    | 0.33  |
| pH_30       | -0.50   | -0.19 |
| CE_30       | -0.62   | 0.02  |
| P_30        | 0.34    | 0.43  |
| K_30        | -0.80   | -0.01 |
| C_30        | -0.40   | 0.88  |
| MO_30       | -0.40   | 0.88  |
| N_30        | -0.40   | 0.88  |
| CIC_30      | -0.80   | -0.37 |
| Ca_30       | -0.87   | -0.27 |
| Mg_30       | -0.55   | -0.29 |
| K_301       | -0.76   | 0.01  |
| Na_30       | -0.59   | -0.06 |
| Al_30       | 2.9E-03 | -0.23 |
| Cd_raiz     | 0.86    | 0.17  |
| Cd_tallo    | 0.88    | 0.13  |
| Cd_hoja     | 0.83    | 0.10  |
| Cd_cáscara  | 0.80    | -0.02 |
| Cd_testa    | 0.66    | -0.09 |
| Cd_almendra | 0.78    | 0.02  |
| Altitud     | -0.76   | 0.31  |