UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CADMIO EN ALMENDRAS DE CACAO (*Theobroma cacao,* L.) CULTIVADO BAJO TRES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN SAN ALEJANDRO – UCAYALI.

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO AGRÓNOMO

JEINER HOYOS CARDOZO

PUCALLPA – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Pucallpa, a los. Al ..... días del mes de '411-W2-:5 del 20£4-
Siendo las • cv -5\-% horas y de acuerdo a lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los integrantes del Jurado Calificador nombrados por la DECANATURA, con documento:

O V \ e _ o v w * _ 1 1 \ i 9 L E C 5 1 - 2 D ' V – e

Para proceder a la sustentación pública de tesis Titulada:

ji.s C_ols1-m--19,3,.90 52$1,rk..1, o (c t5)
Dtz,4[5]. S 4w- cisse.-Ac:, e €z_OaltD re-ve\ c•Vg t Cu, oN.D.0
eikI0 AZ[4]151, 411.1;›1> rácc_.17(11 np.,--Ns ,s14,1›"DR4,
[16] r o ·b 4..2.t?-!;)`L4. c-k /[1]\ ,[5]•-ZA f -
.....
.....

Presentado por el (la) Bachiller en Ciencias Agropecuarias

't'rzyn Ciss2,S)D`z,Q ante el Jurado

Conformado por los siguientes catedráticos:

C-0.,i-A\u) kkol,Nelo C'eU ..... (Presidente)

enc?-z11,t9.- 'S)Neáouno (Secretario)

10 Lt--1)7 4[7]e-M-E2_ k5W_\otiv (Miembro)

Finalizada la sustentación de la misma se procedió a la evaluación respectiva y en seguida se deliberó llegando a las siguientes conclusiones: el (la) tesista ha sido

\k[1] 5171,`Z por h%-k\IN Dis·t1 quedando el (la) graduado (a) expedito para que se otorgue el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo.

Siendo las C5 "I a [1A]A Horas del mismo día se dio por concluido la Ceremonia.

.....
Presidente

Miembro

Secretario

DEDICATORIA.

A Dios padre, que me dio la oportunidad de realizarme profesionalmente y por darme una familia maravillosa que estuvo apoyándome siempre.

A mi madre, Sadith Cardozo Amasifuen, a quien hoy no la tengo presente físicamente, pero me dejó una gran enseñanza. A mi padre Joiner Hoyos Collazos, por su constante apoyo y motivación para esforzarme en la culminación de mi carrera profesional.

A mis hermanos: Jair Alexander, Elizabeth, Johana, Joiner, Larry y Linco, por el gran apoyo que me brindan siempre.

AGRADECIMIENTO.

Expreso mi sincero agradecimiento a las siguientes instituciones y personas que han contribuido en la realización de la presente tesis:

- A la Universidad Nacional de Ucayali, en especial a los docentes de la Escuela Profesional de Agronomía, que contribuyeron a mi formación profesional.
- Al Ing. José Antonio López Ucariegue M. Sc., por el asesoramiento y constante apoyo en la ejecución y redacción final del presente trabajo de investigación.
- Al FOCAM, quien a través del financiamiento de proyectos de investigación me dio la oportunidad de desarrollar el presente trabajo.
- A la Asociación de Cacaoteros Tecnificados de Padre Abad (ACATPA) en especial al Ing. Efraín Mayer Coronado Naldos y a sus afiliados, quienes me facilitaron el material de estudio para la ejecución del presente trabajo de investigación en dicho lugar.
- Así mismo a todas las personas que de una u otra manera han contribuido en la culminación del presente trabajo de investigación.

Esta Tesis fue sometida a consideración para su aprobación ante el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, integrado por los siguientes docentes:

Dr. Gustavo Horacio Celi Arévalo ----------

Presidente

Dr. Grober Panduro Pisco ----------

Secretario

M. Sc. Glendy Sánchez Sunción ----------

Miembro

M. Sc. Antonio López Ucariegue ----------

Asesor

Bach. Jeiner Hoyos Cardozo ----------

Tesista

ÍNDICE.

Pág.

RESUMEN ixvi

ABSTRACT xi

LISTA DE CUADROS xix

LISTA DE FIGURAS ..... . xiix**i**

I. INTRODUCCIÓN 1

II. REVISIÓN DE LITERATURA 3 3

2.1. Cultivo de cacao *(Teobroma cacao, L.)* 3 3

2.1.1. Origen y distribución geográfica . 3 3

2.1.2. Clasificación taxonómica 34

2.1.3. Importancia del cultivo 44

2.1.4. Producción mundial del cacao 44

2.1.4.1. Países productores de cacao fino o de aroma reconocidos por la ICCO 6 7

2.1.5. Producción nacional del cacao 8 9

2.1.6. Zonas de producción del cacao 1011

2.1.7. Precios del cacao 1214

2.1.8. Comercio exterior peruano de cacao en grano crudo 1315

2.1.8.1. Exportaciones peruanas de cacao 1315

2.1.8.2. Principales mercados 1315

2.1.9. Sistemas de producción del cultivo de cacao 1517

2.1.9.1. Manejo tradicional del cacao 1517

2.1.9.2. Manejo químico del cacao 1518

2.9.1.3. Manejo orgánico del cacao 1618

2.1.10. Poda del cacao..... 1618

2.1.10.1. Poda 1618

2.1.10.2. Poda de formación 16

2.1.10.3. Poda de mantenimiento 1619

2.1.10.4. Poda fitosanitaria 1719

2.1.10.5. Poda de rehabilitación 1719

2.1.10.6. Poda de sombra 1719

2.1.11. Control de malezas..... 1720

2.1.11.1. Control mecánico..... 1720

2.1.11.2. Control químico..... 1820

2.1.12. Fertilizantes usados en manejo del cacao 1820

2.1.12.1. Urea..... 1820

2.1.12.2. SFTC, Súper Fosfato Triple de Calcio..... 1821

2.1.12.3. Guano isla. 1921

2.1.12.4. Roca Fosfórica..... 1921

2.1.12.5. Cloruro de potasio (KCL) 1921

2.1.12.6. Micro elementos 1922

2.2. Generalidades sobre metales pesados..... . 2022

2.2.1. Metales pesados 2022

2.2.2. El cadmio 2023

2.2.3. Fuentes de contaminación por metales pesados..... . 212

2.2.3.1. En la agricultura 2124
2.3. Vías de contaminación por cadmio (Cd) 2224
2.3.1. Consideraciones importantes 2427
2.3.2. Otros factores que incrementan los metales pesados 2528
2.3.3. El cadmio se encuentra más en 2628
2.4. Contaminación de cacao por cadmio 2629
2.5. Biodisponibilidad de metales pesados 2730
2.6. Contenido de cadmio en el cacao: Preocupación mundial 2831
2.7. Contenido de metales pesados admisibles en los alimentos según Europa 3033
2.8. Reglamentaciones y rangos de cadmio en el cacao 3133
2.9. Efectos del cadmio en la salud humana 3134
2.10. Determinación de metales pesados mediante el método de Espectrofotometría de absorción atómica 3134
2.11. Investigaciones similares 3235
III. MATERIALES Y MÉTODOS 3537
3.1. Ubicación 3537
3.2. Características climáticas 3537
3.3. Materiales y equipos 3638
3.3.1. Materiales de estudio 3638
3.3.2. Materiales de campo 3638
3.3.3. Materiales de escritorio 3638
3.3.4. Equipos 3638

3.4. Población y muestra 3739
3.4.1. Dimensión del área total..... . 3739
3.4.1.1. Del campo experimental 3739
3.4.1.2. De la unidad experimental 3740
3.5. Tratamientos en estudio 3840
3.6. Diseño experimental..... . 3941
3.7. Modelo matemático 3942
3.7.1. Análisis de varianza (ANVA)..... 4043
3.8. Ejecución del experimento..... 4044
3.8.1. Reconocimiento de los productores participantes 4044
3.8.2. Reconocimiento de las parcelas evaluadas..... 4144
3.8.3. Recolección de muestras de mazorca y suelo..... 4144
3.8.4. Preparación de muestras y envío al laboratorio..... 4145
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 4346
V. CONCLUSIONES..... . 5458
VI. RECOMENDACIONES 5560
VII. LITERATURA CONSULTADA..... . 5661
VIII. ANEXO..... . 616

RESUMEN.

El presente trabajo de investigación se realizó en conjunto con la Asociación de Cacaoteros Tecnificados de Padre Abad (ACATPA), ubicada en la localidad de San Alejandro, Padre Abad, Ucayali. El trabajo tuvo una duración de 5 meses con el objetivo de determinar el contenido de cadmio en almendras de cacao (*Theobroma cacao, L.)* cultivado bajo 03 sistemas de producción del cultivo. Se empleó el diseño completo al azar con arreglo factorial, con 9 tratamientos y 3 repeticiones, lo que hace un total de 27 muestras que fueron evaluadas por su contenido de cadmio en laboratorio. Para la comparación de medias entre tratamientos se realizó la prueba de Duncan al 0,05 nivel de significación.

Los resultados demuestran que entre el sistema orgánico y químico no se evidencian diferencias significativas, en cambio entre el sistema orgánico y tradicional si existen diferencias significativas con valores promedio de 0,75; 0,71 y 0,54 ppm de cadmio para cada sistema respectivamente. Para el caso del contenido de cadmio en parcelas, los contenidos más altos se encuentran en las parcelas cuatro (sistema orgánico) y tres (sistema químico) con valores de 0,91 y 0,81 ppm respectivamente.

Finalmente se observó correlación altamente significativa, pero negativa entre el contenido de cadmio con el contenido de nitrógeno (-0,85), fósforo (-0,92), potasio (-0,92) y pH (-0,93) en almendras; demostrando que el pH influye en la absorción de cadmio y en la disponibilidad de ciertos elementos en presencia de dicho metal.

Palabras claves: Cacao, cadmio, sistemas, químico, orgánico, tradicional.

ABSTRACT.

The present research work was carried out jointly with the Association of Processed Cocoats of Padre Abad (ACATPA) located in the town of San Alejandro, Padre Abad, Ucayali. The work lasted 5 months with the objective of determining the cadmium content in cocoa almonds (*Theobroma cacao, L*.) grown under 03 crop production systems. The complete randomized design with factorial arrangement was used, with 9 treatments and 3 replicates, which made a total of 27 samples that were evaluated for their cadmium content in the laboratory. For the comparison of means between treatments the Duncan test was performed at 0.05 significance level.

The results show that there are no significant differences between the organic and the chemical system, whereas organic and traditional systems do not show significant differences with mean values of 0.75; 0.71 and 0.54 ppm of cadmium for each system respectively. For the case of cadmium content in plots, the highest contents are in plots four (organic system) and three (chemical system) with values of 0.91 and 0.81 ppm respectively.

Finally, a highly significant but negative correlation was observed between the cadmium content with the nitrogen content (-0.85), phosphorus (-0.92), potassium (-0.92) and pH (-0.93) in almonds; showing that pH influences the absorption of cadmium and the availability of certain elements in the presence of said metal.

Key words: Cocoa, cadmium, systems, chemical, organic, traditional.

ANEXO



PERÚ | Ministerio de Agricultura | Instituto Nacional de Innovación Agraria | Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Abonos – Estación Experimental Agraria Pucallpa

Solicitante: Jeiner Hoyos
Tipo de Muestra: Suelo
Dirección: UNU
Fecha de Muestreo: 12/10/2016
Fecha de Emisión de Resultados: 13/11/2016

Tipo de Análisis: N, P, K, pH
Colector: El Solicitante
Procedencia: UNU

RESULTADOS DE ANALISIS

Nº	Código	pH (H2O)	N (%)	P (ppm)	K (Cmol(+)/lt)
1	M-01 Manuel Santa Maria Duran	5.68	0.11	8.75	0.26
2	M-02 Fermin 1	4.74	0.09	10.78	0.27
3	M-03 Anita Ipushima	4.62	0.09	9.64	0.22
4	M-04 Fermin 2	5.56	0.10	9.13	0.25
5	M-05 Juvenal	4.86	0.09	10.02	0.24
6	M-06 Edith Shupingahua	4.78	0.08	9.56	0.23
7	M-07 Abel Ventura	4.58	0.10	9.13	0.20
8	M-08 Gregorio Mejia	5.73	0.11	8.45	0.26
9	M-09 Fausto Gianbini	4.86	0.10	9.56	0.21

K : EAA
P : Olsen Modificado
N : Método Micro Keldahl

Instituto Nacional de Innovación Agraria
Estación Experimental Agraria Pucallpa

Ing. Irene Díaz Bardales
Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Abonos (e)

Carretera Federico Basadre Km 4.00, Casilla Nº 203, Pucallpa- Perú
Teléfono: (511) 061 57-1913 / Telefax: 061 57-5009, http//:www.inia.gob.pe, e-mail: pucallpa@inia.gob.pe

Figura 21. Resultados del análisis de muestras de suelo para determinar el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio y pH.

Cuadro 2A. ANVA para contendido de cadmio (Cd) en almendra.

Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	10	0.63208148	0.06320815	1.85	0.1311
Error	16	0.54614815	0.03413426		
Corrected Total	26	1.17822963			
R-Square	Coeff Var	Root MSE	vr Mean		
0.536467	27.72859	0.184755	0.666296		
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloq	2	0.05058519	0.02529259	0.74	0.4923
sist	2	0.23665185	0.11832593	3.47	0.0561
parc	2	0.01334074	0.00667037	0.20	0.8244
sist*parc	4	0.33150370	0.08287593	2.43	0.0904
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloq	2	0.05058519	0.02529259	0.74	0.4923
sist	2	0.23665185	0.11832593	3.47	0.0561
parc	2	0.01334074	0.00667037	0.20	0.8244
sist*parc	4	0.33150370	0.08287593	2.43	0.0904

Cuadro 3A. Promedios y significación de cadmio entre bloques

	Mean	N	bloq
a	0.71111	9	II
a	0.68000	9	III
a	0.60778	9	I

Cuadro 4A. Promedios y significación de cadmio por sistemas.

	Mean	N	sist
a	0.75444	9	Orgánico
b a	0.70778	9	Químico
b	0.53667	9	Tradicional

Cuadro 5A. Promedios y significación de cadmio entre parcelas.

	Mean	N	parc
a	0.69333	9	1
a	0.66667	9	3
a	0.63889	9	2

Cuadro 6A. Promedios y significación de cadmio en la interacción sistema*parcela.

	Mean	N	parc	sist
a	0.9100	3	4	Orgánico
a	0.8100	3	3	Químico
a	0.7633	3	2	Químico
b a	0.7533	3	5	Orgánico
b a	0.6200	3	7	Tradicional
b a	0.6000	3	6	Orgánico
b a	0.5900	3	9	Tradicional
b a	0.5500	3	1	Químico
b	0.4000	3	8	Tradicional

Cuadro 7A. Correlación lineal de PEARSON cadmio (Cd) en Almendra.

The SAS System

5 Variables: cd-A NITROGENO FOSFORO POTASIO pH

Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
cd-A	9	0.66556	0.15517	5.99000	0.40000	0.91000
NITROGENO	9	2.26444	0.01236	20.38000	2.25000	2.28000
FOSFORO	9	0.84222	0.01563	7.58000	0.81000	0.86000
POTASIO	9	1.83222	0.01563	16.49000	1.80000	1.85000
pH	9	4.86889	0.17631	43.82000	4.60000	5.04000

Pearson Correlation Coefficients, N = 9

Prob > |r| under H0: Rho=0

	cd-A	NITROGENO	FOSFORO	POTASIO	pH
cd-A	1.00000	-0.84871	-0.91770	-0.91770	-0.93045
		0.0038	0.0005	0.0005	0.0003
NITROGENO	-0.84871	1.00000	0.84807	0.84807	0.81130
	0.0038		0.0039	0.0039	0.0079
FOSFORO	-0.91770	0.84807	1.00000	1.00000	0.88525
	0.0005	0.0039		<.0001	0.0015
POTASIO	-0.91770	0.84807	1.00000	1.00000	0.88525
	0.0005	0.0039	<.0001		0.0015
pH	-0.93045	0.81130	0.88525	0.88525	1.00000
	0.0003	0.0079	0.0015	0.0015	

Cuadro 8A. Correlación lineal de PEARSON cadmio (Cd) en el suelo.

The SAS System

5 Variables: Cd NITROGENO FOSFORO POTASIO pH

Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
Cd	3	0.87333	0.16258	2.62000	0.69000	1.00000
NITROGENO	3	0.09667	0.00577	0.29000	0.09000	0.10000
FOSFORO	3	9.44667	0.39501	28.34000	9.00000	9.75000
POTASIO	3	0.24000	0.02000	0.72000	0.22000	0.26000
pH	3	5.06667	0.42911	15.20000	4.78000	5.56000

Pearson Correlation Coefficients, N = 3

Prob > | under H0: Rho=0

	Cd	NITROGENO	FOSFORO	POTASIO	pH
Cd	1.00000	-0.67471	0.91272	-0.21527	-0.99237
		0.5285	0.2680	0.8619	0.00787
NITROGENO	-0.67471	1.00000	-0.31425	0.86603	0.57855
	0.5285		0.7965	0.3333	0.6072
FOSFORO	0.91272	-0.31425	1.00000	0.20253	-0.95613
	0.2680	0.7965		0.8702	0.1893
POTASIO	-0.21527	0.86603	0.20253	1.00000	0.09322
	0.8619	0.3333	0.8702		0.9406
pH	-0.99237	0.57855	-0.95613	0.09322	1.00000
	0.00787	0.6072	0.1893	0.9406	

Cuadro 9A. Regresión lineal simple Cd*pH Almendra.

Source	DF	Squares	Square	F Value	Pr > F
Model	1	0.16676	0.16676	45.13	0.0003
Error	7	0.02586	0.00369		
Corrected Total	8	0.19262			

Root MSE	0.06078	R-Square	0.8657
Dependent Mean	0.66556	Adj R-Sq	0.8465
Coeff Var	9.13292		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > |t|
Intercept	1	4.65255	0.59381	7.84	0.0001
x	1	-0.81887	0.12189	-6.72	0.0003



Figura 22. Parcelas manejadas bajo el sistema de producción químico.



Figura 23. Parcelas manejadas bajo el sistema de producción orgánico.



Figura 24. Parcelas manejadas bajo el sistema de producción tradicional.



Figura 25. Recolección de mazorcas de las diferentes parcelas.



Figura 26. Extracción de semillas de cacao.



Figura 27. Molido de almendras y muestras puestas en bolsas rotuladas.