

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

**DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE CADMIO EN LOS
GRANOS SECOS DEL CULTIVO DE CACAO EN LAS
ORGANIZACIONES ASOCIADAS A CEPICAFE DE LA SUB
CUENCA RIO BIGOTE – MORROPON – PIURA**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR:
BR. LITTMAN MARCEL ESPINOZA ROMERO**

PIURA – PERÚ

2016

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL



**DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE CADMIO EN LOS
GRANOS SECOS DEL CULTIVO DE CACAO EN LAS
ORGANIZACIONES ASOCIADAS A CEPICAFE DE LA SUB
CUENCA RIO BIGOTE – MORROPON – PIURA**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER
BR: LITTMAN MARCEL ESPINOZA ROMERO**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

ASESOR

ING. VICTOR RUAL TULLUME CAPUNAY – MBA

PIURA – PERU

2016

DECLARACION DE ORIGINALIDAD

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

**DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE CADMIO EN LOS GRANOS
SECOS DEL CULTIVO DE CACAO EN LAS ORGANIZACIONES
ASOCIADAS A CEPICAFE DE LA SUB CUENCA RIO BIGOTE –
MORROPON – PIURA
TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

**LOS SUSCRITOS DECLARAMOS QUE EL PRESENTE TRABAJO ES
ORIGINAL DE SU CONTENIDO Y FORMA**

BR. LITTMAN MARCEL ESPINOZA ROMERO

EJECUTOR

**ING. VICTOR RAUL TULLUME CAPUÑAY
ASESOR**

PAGINAS DE FIRMAS

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

**DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE CADMIO EN LOS GRANOS
SECOS DEL CULTIVO DE CACAO EN LAS ORGANIZACIONES
ASOCIADAS A CEPICAFE DE LA SUB CUENCA RIO BIGOTE –
MORROPON – PIURA**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL**

ABROBADA EN CONTENIDO Y ESTILO

**DR. ALEX SEGUNDO GARCIA CRISANTO
PRESIDENTE**

**ING. LUIS ANGEL VIGNOLO FARFAN
MIEMBRO SECRETARIO**

**ING. REYES PEÑA ARMANDO
MIEMBRO/VOCAL**

DEDICATORIA

- **A DIOS por su amor y por permitirme finalizar este objetivo que fije dentro de mi proyecto de vida.**
- **A mis padres Segundo y Yojane por el apoyo incondicional brindado a largo de mi carrera.**
- **A mis abuelos Alejandro y Ermandina que desde el cielo me guían para cumplir mis objetivos.**
- **A mis tíos Eduardo y Yessenia por apoyo brindado.**
- **A mis profesores por sus conocimientos impartidos en toda la carrera profesional.**

AGRADECIMIENTOS

- **A mis padres por su apoyo y paciencia brindada.**
- **A LA ONG. CEPICAFE por el financiamiento y por permitirme ser parte del equipo de investigación.**
- **A todos los agricultores cacaoteros asociados a las organizaciones socias de CEPICAFE, en la sub cuenca Rio Bigote por el apoyo brindado durante la investigación.**
- **Al ING. José Remigio Arguello por la oportunidad y confianza brindado durante la investigación.**
- **AL ING. Víctor Raul Tullume Capuñay por el asesoramiento brindado.**

RESUMEN

En la actualidad existe una gran preocupación a nivel mundial por la calidad de los productos alimenticios que se consumen, debido a ello los países incorporan en su legislación normas, reglamentos y estándares de calidad, para proteger la salud pública. La concentración de cadmio es uno de los problemas que preocupa a los países consumidores y productores del cultivo de cacao. Por tal motivo el presente estudio de investigación pretende ser un aporte significativo al sostenimiento y fortalecimiento de la cadena productiva a nivel regional, nacional y mundial del cacao a través de la investigación aplicada que permitirá precisar las áreas que tienen problemas de acumulación de cadmio, para definir medidas de prevención y remediación, mediante el uso de técnicas de ingeniería, con la finalidad de mitigar la incidencia económica y social que podría provocar inconvenientes en la comercialización del cacao piurano por los altos índices de contenido de cadmio en las almendras.

Los objetivos trazados en la investigación realizada fueron: Objetivo principal: Determinar los niveles de cadmio en los granos secos del cultivo de cacao en las organizaciones asociadas a CEPICAFE de la Sub Cuenca Rio Bigote. Objetivos específicos: Zonificar los lugares con mayor y menor contenido de cadmio en los granos secos del cacao en las organizaciones asociadas a CEPICAFE de la sub cuenca Rio Bigote. Determinar las fuentes contaminantes que influyen en la presencia de cadmio en los granos secos del cultivo de cacao en las organizaciones asociadas a CEPICAFE de la sub cuenca Rio Bigote. Correlacionar los factores agroecológicos con los niveles de cadmio presentes en los granos secos de cacao en las organizaciones asociadas a CEPICAFE e identificar el factor de mayor incidencia en la concentración de Cadmio. Las principales variables que se han estudiado son las siguientes: Concentración de cadmio en las almendras de cacao, en hojas, suelos, agua de riego, para tal efecto se ha realizado un muestreo sistemático a los diferentes componentes mencionados y se ha realizado los análisis de laboratorio correspondiente. Finalmente se ha realizado la interpretación de los resultados, teniendo como referencia la legislación vigente nacional e

internacional, así como criterios técnicos que permiten concluir y recomendar, actividades a realizar para mitigar el problema que se presenta.

Las conclusiones establecidas fueron:

- ❖ La zona de mayor contenido de cadmio en los granos secos del cacao fue la zona de la organización Los Ranchos con un valor promedio de 1.4 ppm., y la menor contenido es la zona de Barrios con un valor promedio de 0.84 ppm.
- ❖ La fuente contaminante que influye en la presencia de cadmio en los granos secos del cultivo de cacao en las organizaciones asociadas a CEPICAFE de la sub cuenca Rio Bigote es el suelo.
- ❖ De acuerdo al análisis de las regresiones y correlaciones se establece que la Materia orgánica y la Capacidad de intercambio cationico son los factores agroecológicos que inciden en la presencia del cadmio en los granos secos del cacao.
- ❖ Los niveles de cadmio presentes en los granos secos del cacao fueron: Sector Barrios en el rango de 0.55 – 1.27 ppm; Sector Ranchos en el rango de 0.86–2.32 ppm. y en el Sector Quemazón en el rango de 0.61-1.27 ppm.
- ❖ Los resultados del presente trabajo de investigación y de acuerdo a los análisis de la concentración de cadmio en almendras de cacao de las organizaciones ubicadas en la sub cuenca del Rio Bigote, establecen valores que comparados con el estándar de calidad establecido por el Codex Alimentarius y por la Legislación de la Unión Europea vigente, que corresponde a un valor de 0.6 mg/Kg, son superiores a éste.
- ❖ La concentración de cadmio en las muestras de tejido foliar del cacao proveniente de las organizaciones, Barrios, Ranchos y Quemazón es del rango de 0.98 – 5.6 mg.kg⁻¹.
- ❖ La concentración de cadmio en muestras de agua de riego de zonas productoras de cacao en organizaciones Barrios, Ranchos y Quemazón es del rango de 0.016 – 0.055 ppm.
- ❖ La concentración de cadmio, en las muestras de suelos provenientes de las organizaciones Barrios, Ranchos, Quemazón, es del rango de 0.02 – 0.64 mg.kg⁻¹.

ABSTRACT

At present a great worry exists worldwide for the quality of the food products that are consumed, due to it the countries incorporate in their legislation procedure, regulations and quality standards, to protect the public health. The concentration of cadmium is one of the problems that worries to the consumer and producer countries of the culture of cacao. For that reason the present study of investigation pretend to be a significant contribution to the maintenance and strengthening of the productive chain to regional, national and world level of the cocoa through the investigation applied that will allow to know exactly the areas that have problems of accumulation of cadmium, to define measures of prevention and remediation, by the use of technologies of engineering, with the purpose of mitigating the economic and social incident that maybe will have disadvantages in the commercialization of the cacao piurano for the high indexes of content of cadmium in the almonds. The aims planned in the realized investigation were:

Principal objective: Determine the levels of cadmium in the dry grains of the cacao crops in the organizations associated with CEPICAFE of the Sub Cuenca Rio Bigote .Specific objectives: find the places into zones with major and minor contained of cadmium in the dry grains of the cacao in the organizations associated with CEPICAFE of the sub basin Rio Bigote. Determine the pollutant sources that influence in the presence of cadmium in the dry grains of the cacao crops in the organizations associated with CEPICAFE of the sub basin Rio Moustache. Relate the factors agroecological with the present levels of cadmium in the dry grains of cacao in the organizations associated with CEPICAFE and identify the factor with the highest number of incident in the concentration of Cadmium.

The principal variables that was studied are:

Concentration of cadmium in the almonds of cocoa, in leaves, soils, water of irrigation, for that reason has carried out a systematic sampling to the different mentioned components and there have been realized the analyses in the laboratory. Finally the interpretation of the results has been realized, taking as a reference the international legislation, as well as technical criteria that they

allow to conclude and to recommend, activities to realize to mitigate the problem

The established conclusions:

- ❖ The zone with the most content of cadmium in the dry grains of the cocoa was the zone of the organization The Ranchos with an average value of 1.4 ppm., and minor content is the zone of Barrios with an average value of 0.84 ppm.
- ❖ In agreement to the analysis of the regressions and correlations it is found that the organic Matter and the Capacity of cationic exchange are the factors agroecological that affect in the presence of the cadmium in the dry grains of the cacao
- ❖ The results of the present investigation and agreement with the analyses of the concentration of cadmium in almonds of cocoa of the organizations located in the sub basin of the Rio Bigote, establish values that compared with the quality standard established by the Codex Alimentarius and by the Legislation of the European in force Union, which corresponds to a value of 0.6 mg/Kg, are superior to this one.
- ❖ The concentration of cadmium in the samples of leaf tissue of the cocoa from the organizations, Barrios , Ranchos and the Quemazon ,the range is 0.98 - 5.6 mg.kg⁻¹
- ❖ The concentration of cadmium in water samples of irrigation of producing zones of cacao in organizations Barrios , Ranchos and the Quemazon the range is 0.016 - 0.055 ppm.
- ❖ The concentration of cadmium, in the samples of soils from the organizations Barrios, Ranchos, the quemazon, the range is 0.02 - 0.64 mg.kg⁻¹.

PAGINAS PRELIMINARES

PORTADA	I
DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD	II
PAGINA DE FIRMAS	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
INDICE DE CUADROS.....	VIII
INDICE DE GRAFICOS	IX
INDICE DE FIGURAS.....	X

INDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCION	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	2
1.1.1 <i>Caracterización del problema.</i>	2
1.1.2 <i>Definición del Problema.</i>	3
1.1.3 <i>Delimitación de la investigación.</i>	4
1.1.3.1. <i>Delimitación Espacial</i>	4
1.1.3.2. <i>Delimitación social</i>	4
1.1.3.3. <i>Delimitación conceptual</i>	5
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	7
1.2.1 <i>Problema General</i>	7
1.2.2 <i>Problemas Específicos</i>	7
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	7
1.3.2. <i>Objetivo General.</i>	7
1.3.3. <i>Objetivos Específicos</i>	7
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
1.4.1 <i>Justificación Teórica</i>	8
1.4.2 <i>Justificación metodológica</i>	8
1.4.2. <i>Justificación Práctica.</i>	9
1.5. IMPORTANCIA	9
1.6. LIMITACIONES.....	10
CAPÍTULO II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	11
2.1. MARCO REFERENCIAL.....	11
2.1.1. <i>Antecedentes de la investigación</i>	11
2.2. MARCO LEGAL	14
2.3. MARCO CONCEPTUAL.....	14
2.4. MARCO TEÓRICO.....	17
2.4.1. <i>CLASIFICACION TAXONÓMICA</i>	17
2.4.2. <i>Generalidades del cacao</i>	17
2.4.3. <i>MORFOLOGIA</i>	17
2.4.4. <i>Manejo agronómico del cultivo</i>	20
2.4.5. <i>Tipos o variedades de cacao.</i>	21
2.4.6. <i>condiciones agroclimáticas del cultivo</i>	24
2.4.8. <i>caracterización físico química de suelos</i>	26
2.4.9. <i>Fundamentos teóricos del cultivo de cacao</i>	29
2.4.9.1. <i>El agroecosistema en el cultivo de cacao.</i>	29
2.4.9.2. <i>El subsistema Planta</i>	31
2.4.9.3. <i>El subsistema Suelo</i>	32
2.4.9.4. <i>El subsistema agua.</i>	33
2.4.10. <i>Generalidades de la contaminación de metales pesados y su comportamiento en suelo y plantas.</i>	33
2.4.11. <i>contaminación del suelo</i>	35
2.4.12. <i>El cadmio en el suelo</i>	36
2.4.13. <i>mecanismos de absorción de metales pesados por las plantas</i>	38
CAPÍTULO III PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	40
3.1. TIPO, NIVEL	40

3.1.1. Tipo de la Investigación.....	40
3.1.2. Nivel de la Investigación.....	40
3.2. MÉTODO.....	40
3.3. PROPUESTA METODOLOGICA DESARROLLADA.....	40
3.3.1. Metodología para el muestreo.....	40
3.3.1.1. Etapa I: Zonificación del área a muestrear.....	40
3.3.1.2. Etapa II: Elección de los puntos de muestreo.....	41
3.3.1.3. Etapa III: Técnicas de muestreo.....	42
3.3.2. Muestreos.....	43
3.3.2.1. Muestreos de suelos.....	43
3.3.2.2. Muestreo en agua de riego.....	46
3.3.2.3. Muestreo en tejido foliar.....	47
3.3.2.4. Muestreo en frutos.....	49
3.3.2.5. Determinación en laboratorio.....	50
3.3.2.6. Procesamiento e interpretación de resultados.....	53
3.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	54
3.4.1. Hipótesis General.....	54
3.4.2. Hipótesis Específicas.....	54
3.5. VARIABLES.....	54
3.5.1. Variable Independiente.....	54
3.5.2. Variable Dependiente.....	54
3.6. Cobertura del Estudio de Investigación.....	54
3.6.1. Universo.....	54
3.6.2. Población.....	54
3.6.3. Muestreo.....	55
3.7. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y FUENTES DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	55
3.7.1. Técnicas de la Investigación.....	55
3.7.2. Instrumentos de la Investigación.....	55
3.7.3. Fuentes de Recolección de Datos.....	55
3.8. PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN.....	55
3.8.1. Estadístico.....	56
3.8.2. Representación.....	56
3.8.3. Comprobación de la hipótesis.....	56
3.9. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA APLICADA.....	57
3.9.1. ZONIFICACION PREDIOS DE LA ORGANIZACIÓN RANCHOS.....	57
3.9.2. ZONIFICACION PREDIOS DE LA ORGANIZACIÓN DE BARRIOS.....	58
3.9.3. ZONIFICACION PREDIOS DE LA ORGANIZACIÓN LA QUEMAZON.....	59
3.9.4. PUNTOS DE MUESTREO.....	60
3.9.5. Muestreo de almendras de cacao.....	62
3.9.6. Muestreo de tejido foliar.....	63
3.9.7. Muestreo de agua de riego.....	64
3.9.8. Muestreo De Suelos.....	65
CAPITULO IV: ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	66
4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	66
4.1.1. Caracterización física química de los suelos muestreados.....	66
4.1.2. Resultado de concentración de cadmio en suelo	70
4.1.2.1. Concentración de cadmio en suelos en Sector Los Ranchos.....	70
4.1.2.2. Concentración de cadmio en suelos sector barrios.....	72
4.1.2.3. Concentración de cadmio en suelos en Sector La Quemazón.....	73
4.1.3. Concentración de cadmio en agua de riego	74
4.1.3.1. Concentración de cadmio en agua de riego sector ranchos.....	74
4.1.3.2. Concentración de cadmio en agua de riego sector Barrios.....	76
4.1.3.3. Concentración de cadmio en agua de riego sector la Quemazón.....	77

4.1.4. Concentración de cadmio en tejido foliar	78
4.1.4.1. Concentración de cadmio en tejido foliar en sector Los Ranchos.....	78
4.1.4.2. Concentración de cadmio en hojas de cacao en sector Barrios	80
4.1.4.3. Concentración de cadmio en tejido sector La Quemazón.....	81
4.1.5. Concentración de cadmio en almendras	83
4.1.5.1. Concentración de cadmio en almendras secas de cacao en sector Ranchos.	83
4.1.5.2. Concentración de cadmio en almendras secas de cacao sector Barrios	85
4.1.5.3. Concentración de cadmio en almendras secas de cacao en sector La Quemazón.....	86
4.1.6. <i>Regresiones y correlaciones</i>	88
4.1.7. Resultados del análisis de regresión y correlación	91
4.1.7.1. Resultados de regresión y correlación del Sector Los Ranchos	91
4.1.7.2. Resultados de regresión y correlación del Sector Barrios	93
4.1.7.3. Resultados de regresión y correlación del sector La Quemazon	94
4.1.7.4. Resultados de regresiones y correlaciones de cadmio en almendra con los diferentes elementos del agrosistema	95
4.1.7.5. Cadmio en almendras secas de cacao vs. Características químicas del suelo	97
4.1.7.6. resultado de regresión y correlación del cadmio en tejido foliar vs cadmio en agua de riego	100
4.1.7.7. cadmio en tejido foliar vs cd en suelo	102
4.1.7.8. Cadmio en tejido vegetal vs características químicas del suelo	104
4.1.7.9. Cadmio en almendra vs cadmio en tejido foliar	107
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	108
CONCLUSIONES.	109
RECOMENDACIONES	111
BIBLIOGRAFÍA	112
LIBROS	112
INVESTIGACIONES	112
LINCOGRAFIA	113
ANEXOS	114

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°1 Ubicación política de los sectores en estudio y cantidad de Predios a muestrear.....	41
Cuadro N°2. Parámetros físicos y químicos a determinar para el Análisis de caracterización de los suelos.....	51
Cuadro N°3. Parámetros inorgánicos para el monitoreo de calidad de suelos	52
Cuadro N°04. Parámetros inorgánicos para el monitoreo de la calidad de suelo	52
Cuadro N°05. Parámetros inorgánicos para el monitoreo del tejido Foliar.....	53
Cuadro N°06. Puntos de muestreo sector Ranchos.....	60
Cuadro N°07.Puntos de muestreo sector Barrios	61
Cuadro N°08.Puntos de muestreo sector La Quemazón.....	61
Cuadro N°09. Resultados de análisis de laboratorio de suelo Sector Los Ranchos.....	71
Cuadro N°10. Resultados de análisis de laboratorio de suelo Sector Barrios.....	72
Cuadro N°11. Resultados de análisis de laboratorio de suelo sector La Quemazón.....	73
Cuadro N°12. Resultados de análisis de laboratorio en agua de riego Sector Los Ranchos.....	75
Cuadro N°13. Resultados de análisis de laboratorio en agua de riego Sector Barrios.....	76
Cuadro N°14. Resultados de análisis de laboratorio en agua de riego Sector La Quemazón.....	77
Cuadro N°15. Resultados de análisis de laboratorio en tejido foliar en Sector Los Ranchos.....	79
CuadroN°16. Resultados de análisis de laboratorio en tejido foliar en sector Barrios.....	81

Cuadro N°17. Resultados de análisis de laboratorio en tejido foliar en Sector La Quemazón.....	82
Cuadro N°18. Resultados de análisis de laboratorio en almendras secas Sector Los Ranchos.....	84
Cuadro N°19. Resultados de análisis de laboratorio en almendras secas Sector Barrios.....	85
CuadroN°20. Resultados de análisis de laboratorio en almendras secas Sector La Quemazón.....	87
CuadroN°21. Matriz de valores de concentración de cadmio por Componente del sector Los Ranchos.....	89
Cuadro N°22. Matriz de valores de concentración de cadmio por Componente del sector Barrios.....	90
Cuadro N°23. Matriz de valores de concentración de cadmio por Componente del sector La Quemazón.....	90
Cuadro N°24. Síntesis de los resultados de regresión, coeficiente de correlación y coeficiente de determinación en cada uno de los sectores estudiados	91
CuadroN°25. Coeficiente de regresión y correlación de contenido de Cadmio en almendras con contenido de cadmio en el suelo.....	95
Cuadro N°26. Coeficiente de regresión y correlación de contenido de Cadmio en almendras con características químicas del suelo....	97
Cuadro N° 27. Coeficiente de regresión y correlación de contenido de Cadmio en tejido vegetal con contenido de cadmio en agua de riego	101
Cuadro N° 28. Coeficiente de regresión y correlación de contenido de Cadmio en el tejido foliar con el contenido de cadmio en el suelo	102

Cuadro N°29. Coeficiente de regresión y correlación de contenido de Cadmio en el tejido foliar con las características químicas del suelo	104
Cuadro N° 30. Coeficiente de regresión y correlación de contenido de Cadmio en almendra con contenido de cadmio en tejido foliar	107

INDICE DE GRAFICOS

Grafico N°01. Concentración de cadmio en muestra de suelo sector Los Ranchos	71
Grafico N°02. Concentración de cadmio en muestra de suelo sector Barrios.....	72
Grafico N°03. Concentración de cadmio en muestra de suelo sector La Quemazón.....	73
Grafico N°04. Concentración de cadmio en agua de riego sector Los Ranchos.....	75
Grafico N°05. Concentración de cadmio en agua de riego sector Barrios....	76
Grafico N° 06. . Concentración de cadmio en agua de riego sector La Quemazón.....	77
Grafico N°07. Concentracion de Cadmio en tejido foliar sector Los Ranchos.....	79
Grafico N°08. Concentración de Cadmio en tejido foliar sector Barrios.....	81
Grafico N°09. Concentración de Cadmio en tejido foliar Sector La Quemazón.....	82
Grafico N°10. Concentracion de cadmio en almendras secas en sector Los Ranchos.....	84
Grafico N°11. Concentración de cadmio en almendras secas en Sector Barrios.....	86
Grafico N°12. Concentración de cadmio en almendras secas en sector La Quemazón.....	87
Grafico N°13. Concentración de cadmio en el sistema sobre contenido de cadmio en almendra de cacao sector Los Rancho.....	92
GraficoN°14. Concentración de cadmio en el sistema sobre contenido de cadmio en almendra de cacao sector Barrios.....	94
Grafico N°15. Concentración de cadmio en el sistema sobre contenido de cadmio en almendra de cacao sector La Quemazón	95

Grafico N°16. Regresión y correlación del contenido de cadmio en almendra con cadmio en el suelo	96
Grafico N°17. Regresión y correlación de contenido de cadmio en almendra con el PH del suelo	98
Grafico N°18. Regresion y correlación de contenido de cadmio en almendra con la conductividad eléctrica del suelo	98
Grafico N°19. Regresión y correlación de contenido de cadmio en almendra con la materia orgánica del suelo.	99
Grafico N°20. Regresión y correlación de contenido de cadmio en almendra con la Capacidad de intercambio catiónico	99
Grafico N°21. Regresion y correlación de contenido de cadmio en el suelo con la materia orgánica del suelo	100
Grafico N°22. Regresión y correlación del contenido de cadmio en el tejido foliar con el contenido de cadmio en agua de riego	101
Grafico N°23. Regresión y correlación de contenido de cadmio en tejido foliar con contenido de cadmio en agua de riego	103
Grafico N°24. Regresión y Correlación del contenido de cadmio en el tejido foliar con PH del suelo	105
Grafico N°25. Regresión y correlación del contenido de cadmio en el tejido foliar con la conductividad eléctrica del suelo.....	105
Grafico N°26. Regresión y correlación del contenido de cadmio en el tejido foliar con la materia orgánica del suelo	106
Grafico N°27. Regresión y correlación del contenido de cadmio en el tejido foliar con la capacidad de intercambio catiónico	106
Grafico N°28. Regresión y correlación del contenido de cadmio en almendra con el contenido de cadmio en tejido foliar	108

INDICE DE FIGURAS

Figura N°01. Localización del Proyecto.	4
Figura N°02. Ubicación de la sub cuenca Rio Bigote.	5
Figura N°03. Planta de cacao	18
Figura N°04. Sistema Radicular.....	18
Figura N°05. Hojas de cacao.....	19
Figura N°06. Flor de cacao.....	19
Figura N°07. Frutos de cacao.....	20
Figura N°08. Componentes del Agro Sistema en el cultivo de cacao.....	30
Figura N°09. Zonas de acumulación de elementos metales en la zona foliar de la planta.....	39
Figura N°10. Modelos de distribución de puntos de muestreo.....	43
Figura N°11. Proceso de toma de muestras simples para la obtención de muestras compuestas en estratos superficiales de suelos.....	44
Figura N°12. Toma de la muestra simple superficial y obtención de la muestra compuesta.....	45
Figura N°13. Muestreo profundo de suelos (perfiles de suelo).....	46
Figura N°14. Estratificación de la planta para el muestreo del tejido foliar en el cultivo de cacao.....	48
Figura N°15. Muestreo del tejido foliar en el cultivo de cacao.....	49
Figura N°16. Muestreo de frutos de cacao.....	62
Figura N°17. Muestreo del tejido foliar en planta de cacao.....	63
Figura N°18. Muestreo de agua de riego.....	64
Figura N°19. Muestreo de suelo.....	65

INTRODUCCION

El cultivo del cacao, es una opción importante para muchas familias productoras de las zonas media de la sierra, cuya calidad se manifiesta a través de sus características físicas y organolépticas de sus almendras. El sabor, determinado por el gusto y el aroma, refleja los efectos combinados del genotipo, factores edafoclimáticos, manejo agronómico y labor de post-cosecha. Si bien el cacao no es el cultivo más importante de la región, por su poca producción e impacto en la economía regional; sí lo es para los pequeños productores que poseen menos de 1 hectárea de cacao en los centros poblados de la sub cuenta Rio Bigote y entre ellos tenemos, Los Ranchos, Barrios, La Quemazón, que dependen del producto como ingreso económico. En los últimos años, la actividad cacaotera ha ido aumentando debido al incremento de los precios como consecuencia de la mayor demanda externa por el cacao piurano, y en particular por el cacao Porcelana, adaptado a los valle de la SUBCUENCA RIO BIGOTE y que se caracteriza por su fina calidad; motivo por el cual su cotización es superior al de los otros tipos de cacao existentes en el país, y casi toda su producción se exporta a nichos de mercados especiales.

Sabido es que la persistencia de los altos valores de cadmio en los granos de cacao de la región de Piura ocasionaría un deterioro a la imagen de calidad del cacao piurano, por ser la región donde se concentra la mayor cantidad de cacao criollo y en especial el cacao Blanco. La normatividad de la Unión Europea establece que los niveles máximos de cadmio en el cacao deben ser de 0.6mg/kg, apto para el consumo humano. Ante ello se hace necesario identificar en las zonas de la sub cuenca, las concentraciones de cadmio tanto en el suelo, agua y granos de cacao.

La presente investigación permitió determinar los niveles de cadmio en los granos de cacao e identificar las fuentes contaminantes que influyen a dicha presencia, y así poder estructurar la oferta de cacao en función a las restricciones de cada país y diversificar la cartera de clientes disminuyendo el riesgo.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

1.1.1 Caracterización del problema.

En las región de Piura se produce un cacao de alta calidad con sabores y aromas especiales, lo cual ha sido reconocido a nivel mundial; ello ha permitido a las organizaciones de pequeños productores acceder al mercado internacional e insertarse a los mercados nichos de cacao orgánico, comercio justo y fino de aroma. Las exportaciones del cacao fino de aroma de la región Piura especialmente hacia los mercados Europeos, se ven amenazadas por indicios de contaminación de metales pesados como el cadmio (Cd) en las almendras de cacao exportable, en niveles superiores a los permitidos por Normativas alimentarias de la Comunidad Europea y de otros países, como mercado potencial de este producto preciado.

En los países europeos se tiene una vigilancia permanente de los niveles máximos permitidos de metales pesados en productos de consumo humano. En este marco, por ejemplo el Instituto Alemán para la valoración y análisis de riesgos, ha propuesto un contenido máximo permitido de cadmio de 0,1 – 0,3 mg por kg de chocolate, independientemente del porcentaje de cacao que contenga, después de haber analizado las posibles consecuencias que el consumo del mismo pueda tener en la salud humana y tomando en cuenta el consumo diferenciado de chocolates en niños y adultos.

Lo anterior, ha puesto en alerta a los actores del sector, especialmente a los pequeños productores, que serían los más afectados por posibles restricciones en este aspecto. CEPICAFE, ha iniciado una investigación aplicada que permitirá precisar las áreas que tienen problemas de acumulación de cadmio, para definir medidas de prevención y remediación, mediante el uso de técnicas de ingeniería, con la finalidad de mitigar la incidencia económica y

social que podría provocar inconvenientes en la comercialización del cacao piurano por los altos índices de contenido de cadmio en las almendra

1.1.2. Definición del Problema

Según los resultados de análisis realizado a diferentes muestras de granos de cacao, se ha tenido que rangos de 0.8 a 3.4 mg/ Kg. de cadmio están presentes en los granos de cacao en la región Piura. Resultados que muestran un alto contenido de este metal pesado en comparación con los requerimientos mínimos establecidos por el Codex Alimentarius y por la legislación de la Unión Europea vigente, en cuanto al contenido de cadmio en el cacao (0.6mg/Kg). Cantidades de cadmio superiores a la establecida, puede ser perjudicial a la salud de las personas, por ser un elemento tóxico muy acumulativo, que afecta principalmente los pulmones y los riñones.

Los altos valores de cadmio en los granos de cacao de la región Piura, pone en riesgo los logros obtenidos a nivel internacional, el desarrollo y la sostenibilidad de esta cadena productiva y ocasionaría pérdidas económicas considerables a los productores, así mismo afecta a 1,500 familias de forma directa e indirectamente. Si bien se tienen datos de los niveles de cadmio (Cd) en los granos de cacao en esta región, no se han realizado los estudios necesarios para determinar las posibles fuentes contaminantes y su correlación con el contenido de cadmio en los granos. Por ello es necesario poder establecer una zonificación de las áreas cacaoteras, que permita conocer las zonas que presenten alto contenido de cadmio y a partir de las mismas, establecer posteriormente áreas experimentales en donde se realizaran ensayos, mediante la utilización de insumos complementarios a la fertilización (zinc, calcio y materia orgánica humificada) que permita disminuir la absorción de cadmio por el cultivo y por ende su disminución en los granos secos de cacao.

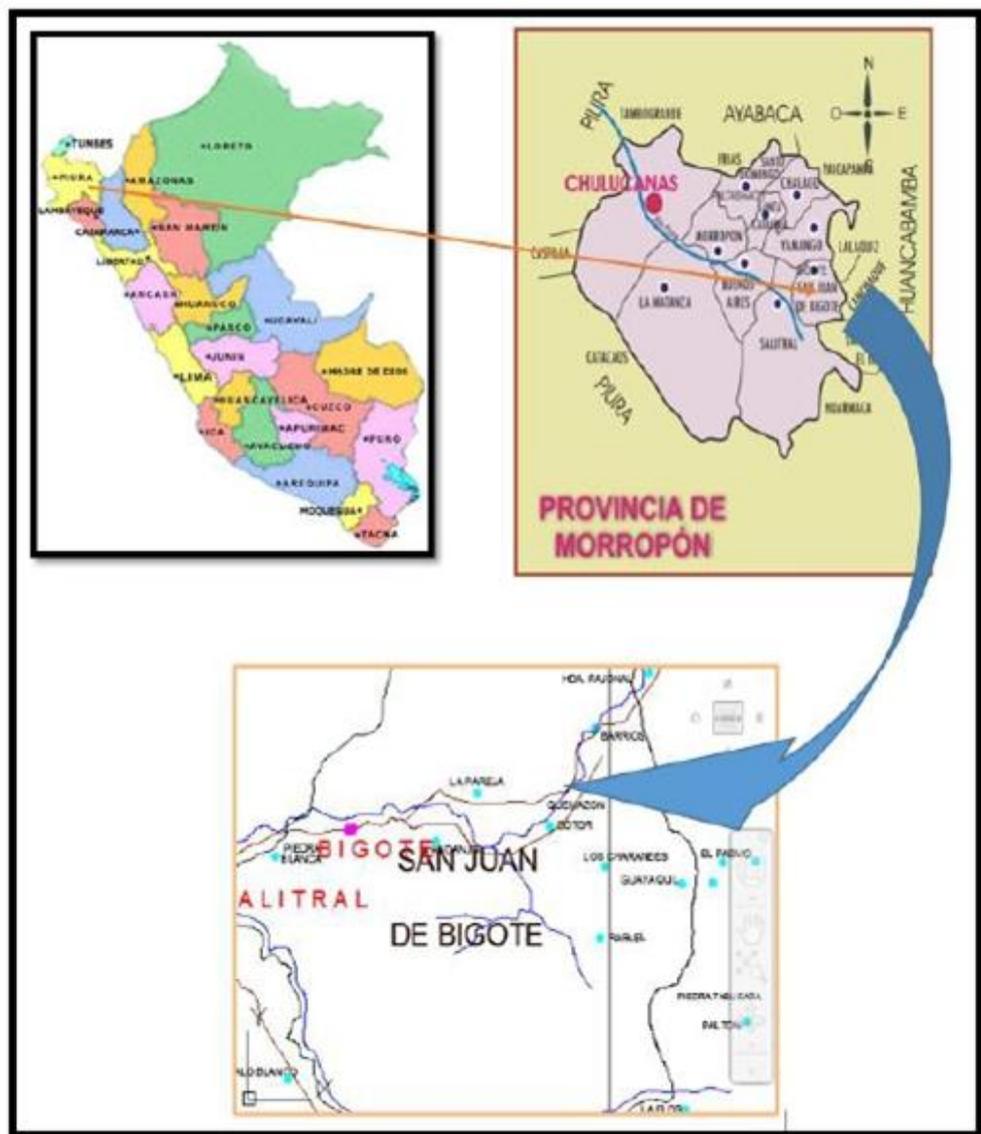
Esto permitirá desarrollar una tecnología para lograr el desarrollo y la sostenibilidad de la cadena productiva de cacao en nuestra región

1.1.3. Delimitación de la investigación.

1.1.3.1. Delimitación Espacial

El proyecto se realizó en las organizaciones socias de CEPICAFE de la sub cuenca Rio Bigote, que comprende los caserios La Quemazón, Barrios, Ranchos

FIGURA 01: LOCALIZACION DEL PROYECTO



1.1.3.2. Delimitación social

El proyecto se ejecutó a nivel de productores cacaoteros socios de las organizaciones agremiadas a la CEPICAFE de la parte alta, media y baja de la Sub Cuenca Bigote.

FIGURA 02: UBICACIÓN DE LA SUB CUENCA RIO BIGOTE



1.1.3.3. Delimitación conceptual

- ❖ Sostenibilidad.- Calidad por la que un elemento, sistema, o proceso, se mantiene activo con el transcurso del tiempo. Calidad por la que un elemento se sostiene.
- ❖ Correlación.-El término correlación se utiliza generalmente para indicar la correspondencia o la relación recíproca que se da entre dos o más cosas, ideas, personas, entre otras. En tanto, en probabilidad y estadística, la correlación es

aquello que indicará la fuerza y la dirección lineal que se establece entre dos variables aleatorias.

- ❖ **Micronutrientes.**-Se conocen como "micronutrientes" a las sustancias que el organismo de los seres vivos necesitan en pequeñas dosis. Son indispensables para los diferentes procesos metabólicos de los organismos vivos y sin ellos morirían.
- ❖ **Cadmio.**- El cadmio es un metal blanco-azul conocido para ser suave y dúctil. El cadmio (Cd) es un metal pesado naturalmente en los suelos en concentraciones de 0.1 hasta 1 mg/kg. El cadmio se encuentra rara vez puro y se encuentra más en asociación con el zinc o el fósforo. La bio disponibilidad del cadmio es la cantidad de cadmio que puede ser asimilado por los organismos vivos (plantas, micro y macro organismos del suelo).
- ❖ **Fuentes contaminantes.**- Un contaminante es cualquier sustancia que, cuando entra en contacto con el ambiente, ejerce un efecto negativo sobre este y los organismos que dependen de él para sobrevivir.
- ❖ **Sub cuenca.**- Conjunto de micro cuencas que drenan a un solo cauce con caudal fluctuante pero permanente

1.2. Formulación del Problema

1.2.1 Problema General

No se ha determinado los niveles de cadmio en los granos secos del cultivo de cacao en las organizaciones asociadas a CEPICAFE en la sub cuenca Rio Bigote.

1.2.2. Problemas Específicos

- ❖ No se cuenta con una zonificación donde se pueda identificar los sectores con mayor y menor contenido de Cadmio.
- ❖ No se ha determinado la fuente contaminante que influye en la presencia de cadmio en los granos secos.
- ❖ No se tiene determinado el factor agroecológico de mayor incidencia que influye a la presencia de Cadmio, en los granos secos del cultivo de cacao.

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.2. Objetivo General

- ❖ Determinar los niveles de cadmio en los granos secos del cultivo de cacao en las organizaciones socias de CEPICAFE de la Sub Cuenca Rio Bigote.

1.3.3. Objetivos Específicos

- ❖ Zonificar los sectores con mayor y menor contenido de cadmio en las organizaciones socias de CEPICAFE de la sub cuenca rio Bigote.
- ❖ Determinar la fuente contaminante que influye en la presencia de cadmio en los granos secos del cultivo de cacao.
- ❖ Correlacionar los factores agroecológicos con los niveles de cadmio presentes en los granos secos de cacao e identificar el factor de mayor incidencia en la concentración de Cadmio

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación Teórica

La investigación propuesta en este proyecto busca mediante la aplicación de la teoría, antecedentes de investigación y los conceptos básicos de la presencia de metales pesados en el cultivo del cacao, obtener la información real de los niveles de cadmio en los productos cosechables de las diferentes organizaciones productoras y así comparar con las referencias técnicas y científicas consultadas.

Particularmente en lo referente a la presencia de niveles de cadmio en los granos secos de este fruto, la Unión Económica Europea a través del Codex Alimentarius viene regulando el control de la presencia de este metal pesado en la comercialización del producto final exportable.

Con la presente investigación referida a la determinación de los niveles de cadmio, presente en los granos del cacao, se hará posible tener la información cuantificable de los niveles reales de cadmio en las zonas productoras y evaluadas en el ámbito de estudio así mismo nos permitirá promover y ofrecer al consumidor final un producto con los parámetros de Calidad exigidos.

1.4.2 Justificación metodológica

Para lograr los objetivos trazados en el presente proyecto de investigación se planteó una metodología que nos permitió obtener la información deseada en base a la realidad situacional de la problemática del cultivo y que se estableció en el estudio de los factores agroecológico de las diferentes zonas de evaluación y que tienen relación directa con la capacidad productiva del cacao.

Como resultado se logró conocer los valores reales de cadmio presente en los factores del agrosistema así como en los granos secos del cultivo, identificándose de esta manera el factor de mayor incidencia de cadmio y que lo hace más disponible para la planta.

1.4.2. Justificación Práctica.

La presente investigación se justifica de manera práctica en el conocimiento de los niveles reales de cadmio presentes en las diferentes organizaciones del ámbito de estudio. Estos serán de utilidad tanto a productores, procesadores y exportadores de la cadena productiva de cacao en la región, apoyándose con información autentica para desarrollar investigaciones inmediatas sobre la remediación del cadmio presente en los granos secos del cacao.

1.5. Importancia

El proyecto es de suma importancia debido a que constituye un aporte significativo al sostenimiento y fortalecimiento de la cadena productiva a nivel nacional y mundial del cacao. El conocimiento de los niveles de cadmio en los granos de cacao, así como el origen de la contaminación permite a estas organizaciones realizar enmiendas y reorientar sus exportaciones en función a las exigencias y restricciones de cada país importador, asimismo, establecer zonas con menor concentración para hacer mezclas de cacao de diferentes orígenes ajustándose a los límites máximos permisibles de Cadmio exigidos por la legislación Europea.

El cacao de la región de Piura ha logrado posicionarse como un producto de alta calidad principalmente por sus características organolépticas (floral, frutal y nuez), esto ha permitido que chocolateros famosos como BONNAT, Pier Marcolini, Etiquale, oferten chocolates de origen, los mismos que presentan concentraciones superiores a 60% de cacao. Esto viene originando que otros chocolateros se interesen por el cacao de esta región, la misma que tienen un enorme potencial productivo y de calidad.

Así mismo permitirá el crecimiento de la CEPICAFÉ como organización, en las ventas y apertura de nuevos nichos de mercado,

estimando que en los próximos dos años las exportaciones de cacao sea de 500 Tm / año, esto influirá directamente en la disminución de los costos de exportación y mayor competitividad en el mercado local.

1.6. Limitaciones

Las limitaciones que se pueden encontrar en este proyecto son las siguientes.

- ❖ Limitada capacidad y equipamiento de laboratorios a nivel regional para la realización de análisis especializados en suelos, agua, hojas, granos de cacao.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco referencial

2.1.1. Antecedentes de la investigación

En el año 2006, el investigador Adams Meléndez, Melitón José, a través del Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela realizó la Determinación de los Procesos Asociados a la Contaminación con Cadmio en la Región Centro Norte Costera de Venezuela, que permitieron establecer que las zonas en estudio no tenían niveles considerables de Cadmio en el suelo y en los frutos de cacao por lo que consideró a estas zonas libre de riesgo de Cadmio y la exportación del producto libre de este riesgo. Como información del presente estudio se tiene:

Reacciones de competencia: La presencia de otros cationes positivos afecta la adsorción del cadmio, favoreciendo las especies químicas más solubles.

Reacciones de precipitación: La presencia de fosfatos y carbonatos puede favorecer la formación de sales de Cadmio de baja solubilidad.

Efectos antagónicos: La presencia de Zn^{2+} en formas bioasimilables puede limitar la absorción del cadmio por el árbol de cacao.

Formas solubles de Cd: El aumento de la concentración de iones Cadmio vía agroquímicos, pinturas, fertilizantes fosfóricos (comerciales o rocas con Cd), desechos domésticos o de actividades turísticas, puede favorecer la aparición de puntos calientes con elevadas concentraciones del metal. e) la materia orgánica y la presencia de óxidos metálicos contribuye a limitar la absorción del elemento por la planta, debida a la formación de compuestos insolubles que, efectivamente influyen en la actividad del metal.

(Matissek en 1990) mostró resultados de los análisis de almendras de cacao de todo el mundo, donde detectó la presencia de metales

pesados en estos granos. Las muestras provenientes de Venezuela presentaron niveles preocupantes de Cadmio.

- ❖ En la novena reunión realizada en Nueva Delhi, India, 16- 20 de marzo de 2015 el PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS y COMITÉ DEL CODEX SOBRE CONTAMINANTES DE LOS ALIMENTOS se presentó, ANTEPROYECTO DE NIVELES MÁXIMOS PARA EL CADMIO EN EL CHOCOLATE Y PRODUCTOS DERIVADOS DE CACAO. Teniendo como antecedentes los siguientes acontecimientos.
- ❖ En la sexta reunión del Comité sobre Contaminantes de los Alimentos (2012) se informó de la propuesta de evaluación sobre la exposición al cadmio en el cacao y los productos derivados del cacao con el fin de incluir en la lista de prioridades de los contaminantes y sustancias tóxicas naturalmente presentes en los alimentos propuestos para su evaluación por el JECFA. El Comité decidió incluir la propuesta en la lista y señaló que se necesitarían datos pertinentes para realizar la evaluación.
- ❖ Tras la petición de la sexta reunión del CCCF, la cuestión de la evaluación sobre la exposición al cadmio resultados de la evaluación del JECFA fueron consideradas en la octava reunión del CCCF (2014).
- ❖ En la octava reunión el Comité acordó iniciar un nuevo trabajo sobre el establecimiento de niveles máximos (NM) para el cadmio en el chocolate y los productos derivados de cacao. El Comité acordó preparar la propuestas sobre los NM para comentarios en el Trámite 3 y su consideración en el próximo período de sesiones del Comité.
- ❖ En el 37.º período de sesiones de la Comisión del Codex Alimentarius (CAC), en 2014, se aprobó el nuevo trabajo propuesto por el CCCF sobre el establecimiento de niveles

máximos para el cadmio en el cacao y los productos de cacao.

- ❖ El objetivo del nuevo trabajo consiste, por lo tanto, en proporcionar niveles máximos armonizados para el cadmio en el cacao y los productos de cacao con el fin de proteger la salud de los consumidores y garantizar prácticas equitativas en el comercio de alimentos .
- ❖ Finalmente, el establecimiento de Niveles Máximos deberá considerar no solamente el efecto en la salud de manera primordial sino también el componente comercial y sus efectos en las economías principalmente en desarrollo. La normativa multilateral prevé en varias disposiciones el derecho de los países a establecer MSF para proteger la vida de las personas, sobre una base científica y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el comercio
- ❖ A nivel mundial, muchos países no han establecido NM de Cd para productos derivados de cacao y solamente existe un número limitado de países que han presentado algún tipo de estudio para conocer el contenido de este metal en chocolate y productos derivados, esta situación ha conllevado a que los límites que han establecido varios países no estén sustentados sobre una base científica, lo cual puede afectar al comercio mundial de este producto

2.2. Marco legal

Las normas legales que contienen los estándares de calidad en las que se basa el presente estudio, son las siguientes:

- ❖ Que mediante el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM. Dicha norma considera tres clases de uso de suelo: Uso agrícola, uso residencial – Parques y suelo comercial, industrial y extractivos. En relación a la clase de uso de suelo agrícola, la norma establece en el Anexo 1, el ECA para suelo en 1.4 mg.kg-1.
- ❖ De acuerdo a la Ley General de Aguas (D.S. N° 002-2008-MINAM), que considera al agua de riego para especies agrícolas, en la categoría 3 de dicho reglamento. La Ley General de Aguas establece como valor límite de concentración de 0.05 mg/l, para el cadmio en Aguas destinadas de riego de vegetales de Consumo Crudo y bebida de animales. Con el objetivo de Conservar la calidad de las aguas continentales superficiales de manera que sean aptas para el riego de vegetales cultivados y para la bebida de animales domésticos, maximizando los beneficios sociales, económicos, medioambientales y culturales. Los estándares de calidad ambiental establecidos para este uso son de observancia obligatoria en todo el Territorio Nacional para aguas superficiales continentales dirigidas para uso agrícola y crianza de animales.(anexo 02)
- ❖ La Unión Europea el Reglamento 1881/2006, de 19 de Diciembre de 2006, de la Comisión, por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios, establece los niveles máximo permitidos para cadmio en los alimentos que más impacto tienen en la exposición al mismo.

2.3. Marco conceptual.

❖ Metales pesados

Los metales pesados se encuentran generalmente como componentes naturales de la corteza terrestre, en forma de

minerales, sales u otros compuestos. No pueden ser degradados o destruidos fácilmente de forma natural o biológica ya que no tienen funciones metabólicas específicas para los seres vivos (Abollino et al., 2002).

❖ Fuentes de contaminación de cadmio

El cadmio es un elemento no esencial y poco abundante en la corteza terrestre y a bajas concentraciones puede ser tóxico para todos los organismos vivos. La contaminación ambiental por cadmio ha aumentado como consecuencia del incremento de la actividad industrial que ha tenido lugar a finales del siglo XX y principios del siglo XXI, afectando de forma progresiva a los diferentes ecosistemas (Pinto et al., 2004). Entre los factores antropogénicos de contaminación de cadmio (Cd), caben destacar los siguientes

- ❖ Emisiones atmosféricas.-Se originan a partir de las minas metalúrgicas, ya que el cadmio se extrae como subproducto del Pb, Zn, Cu y otros metales, las incineradoras municipales, y emisiones industriales procedentes de la producción de pigmentos para cristales, anticorrosivos, baterías de Ni/Cd, e insecticidas (McLaughlin y Singh, 1999).
- ❖ Contaminación accidental.-Ocurreeventualmente debido a la contaminación de tierras por procesos industriales, residuos de la minería y corrosión de estructuras galvanizadas. Un ejemplo son los vertidos de Aznalcóllar que tuvieron lugar en 1998, en la provincia de Sevilla, como consecuencia de la rotura de una balsa que contenía concentraciones elevadas de metales pesados procedentes de una mina de esta localidad (Aguilar et al., 2003)
- ❖ Estas fuentes contribuyen a los niveles de cadmio en el suelo y en los sedimentos. El vertido húmedo o seco de cadmio atmosférico en las plantas y en el suelo puede

conducir al cadmio a entrar en la cadena alimentaria a través de la absorción foliar o absorción radicular. La tasa de transferencia de cadmio depende de una variedad de factores, incluyendo los índices de depósito, tipo de suelo y la planta, el pH del suelo, contenido de humus, la disponibilidad de la materia orgánica, el tratamiento del suelo con fertilizantes, la meteorología, y la presencia de otros elementos como el zinc (OMS, 2000; PNUMA, 2008).

- ❖ Toxicidad del cadmio.- El cadmio se acumula principalmente en los riñones, y su tiempo de vida medio biológico en humanos es de 10-35 años. Esta acumulación puede llevar a una disfunción renal tubular, lo cual resulta en un incremento de la excreción de proteínas de bajo peso molecular en la orina. Esto es generalmente irreversible. Un alto consumo de cadmio puede llevar a una distorsión en el metabolismo del calcio y la formación de cálculos renales, el cadmio, además afecta al sistema óseo y respiratorio (OMS, 2010).
- ❖ Bioacumulación.- En plantas, se refiere a la agregación de contaminantes; algunos de ellos son más susceptibles a ser fitodisponibles que otros (Kabata-Pendias, 2000)

2.4. Marco teórico.

2.4.1. CLASIFICACION TAXONÓMICA

Clase: Dicotiledónea

Orden: Malvales

Familia: Esterculiáceas.

Género: Theobroma

Especie: Cacao

Nombre científico: Theobroma cacao L.

2.4.2. Generalidades del cacao

Theobroma cacao es el nombre del árbol del cacao, muchos afirman que este es originario de América del Sur, de la cuenca del río Orinoco o el río Amazonas y que de ahí empezó a extenderse hasta el sureste de México.

El cacaotero es un árbol que necesita de humedad y de calor. Es de hoja perenne y siempre se encuentra en floración, crece entre los 6 y los 10 m de altura. Requiere sombra (crecen a la sombra de otros árboles más grandes como cocoteros y plataneros), protección del viento y un suelo rico y poroso, pero no se desarrolla bien en las tierras bajas de vapores cálidos. Su altura ideal es, más o menos, a 400 msnm. El terreno debe ser rico en nitrógeno y en potasio, y el clima húmedo, con una temperatura entre los 20 °C y los 30 °C. (Sánchez, 1999)

2.4.3. MORFOLOGIA

❖ Planta:

La arquitectura del árbol propagado por semilla es el típico tronco erguido (crecimiento ortotrópico) al final del cual se forma una horqueta de hasta 5 ramas laterales (crecimiento plageotrópico) debajo de la horqueta, crece otra rama erecta o chupón, dando origen a otra horqueta, pudiendo el árbol crecer hasta 20 m si se desarrolla bajo sombra intensa. Su corona es densa, redondeada y con un diámetro de 7 a 9 m. Cuando se propaga vegetativamente, por injertos o ramillas, se

obtiene por lo general una planta con un tipo de crecimiento lateral o plagiotrópico, el cual puede variar en su ángulo de crecimiento pudiendo llegar hasta los 5 m de altura.

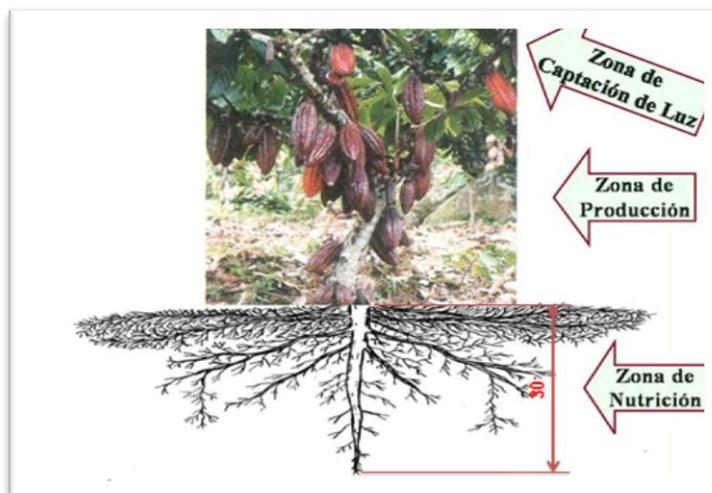
Figura 03: Planta de cacao



❖ Sistema radicular:

El sistema radicular de cacao presenta una raíz pivotante encargada del anclaje de la planta y muchas secundarias que en su mayoría se encuentran en los primeros 30 cm. de suelo cuya función principal es la de absorción de agua y nutrientes, esto justifica porque los fertilizantes deben colocarse en la parte superficial del suelo debajo de la hojarasca.

Figura 04: Sistema radicular



❖ Hojas

Las hojas pueden ser simples, enteras y de color verde bastante variable (color café claro, morado o rojizo, verde pálido) y de pecíolo corto y caducan cada 2 a 3 meses. Se comprobado que el color de hojas está en relación con el color de la semilla, semillas blancas dan color de hojas verdes en los brotes, y semillas violetas color de hojas verde – violetas que posteriormente se vuelven verdes.

Figura 05: Hojas de cacao



❖ Floración

Las flores son pequeñas, se abren durante las tardes y pueden ser fecundadas durante todo el día siguiente. La polinización es entomófila, la principal responsable es la mosquita del género *Forcipomya*, esta vive en la hojarasca y generalmente realiza la polinización por la tarde y por la mañana.

Figura 06: flor de cacao



❖ Fruto

Es una drupa grande, de forma, tamaño y color variable, la pared del fruto es generalmente gruesa y dura, presentan cinco surcos profundos y superficiales, tiene aprox. 25 cm de largo, 8 - 10 cm de diámetro y pesa 300 - 400 gr.

Figura 07: Fruto de Cacao



2.4.4. Manejo agronómico del cultivo

Según (PIDECAFE, 2010), indica que la situación de las plantaciones de cacao en la Región es buena, referente a densidad de plantación, altura, variedad. La buena arquitectura de las plantas permite implementar un programa de manejo que será adoptado fácilmente por los productores; así mismo facilitaría realizar las labores para el control de las enfermedades como la moniliasis y pudrición parda, principalmente.

❖ Densidad y tipo de siembra

La densidad de plantación es variable dependiendo de las variedades y las condiciones climáticas, pudiendo ser éstos de 3x3 m, 4x3 m, 4x4 m. e inclusive con densidades altas de plantas por hectárea. Realizada la alineación y marcado de los puntos donde estarán ubicadas las futuras plantas se procede a realizar la apertura de hoyos cuyas dimensiones deben ser de 0.3 x 0.3 x 0.4 m, de ancho, largo y profundidad respectivamente para que las plantas queden bien establecidas.

El tiempo de siembra empleado es la siembra directa, es decir colocar la semilla directamente en el hoyo. En este caso se emplean dos semillas en cada hoyo para después eliminar una planta. En varios casos se ha observado plantaciones de dos a tres años con dos plantas en cada hoyo, pues para algunos productores es un poco difícil eliminar ya una planta. Sin embargo se estima un 80% de las plantaciones con solamente una planta en cada hoyo, esto para las plantaciones en producción (PIDECAFE, 2010).

❖ Frecuencia de Riego

Cada 8 a 10 días plantas jóvenes de 20 a 30 días plantas adultas, con un volumen total por campaña de 10,000 a 12,000mm/año.

2.4.5. Tipos o variedades de cacao

❖ Cacao criollo o cacao dulce.

Este Tipo de cacao se caracteriza por tener mazorcas de coloración verde y rojiza en estado inmaduro, tornándose amarillas y anaranjado rojizos cuando están maduras. Se caracterizan por sus frutos de cáscara suave y semillas redondas, de color blanco a violeta, dulces y de sabor agradable. La superficie del fruto posee diez surcos longitudinales marcados, cinco de los cuales son más profundos que los que alternan con ellos. Los lomos son prominentes, verrugosos e irregulares. Es considerado como un cacao fino de aroma por que dan chocolates con sabor a nueces y frutas y es altamente requerido por el mercado.

❖ Forastero o cacao amargo.

Originario de las América es cultivada mayormente en las regiones cacaoteras de África y Brasil. Se caracteriza por sus frutos de cáscara dura y leñosa, de superficie relativamente tersa y de granos aplanados de color morado y sabor amargo. El interior de las almendras es púrpura. De este tipo se obtiene un chocolate con sabor básico de cacao.

❖ Trinitario.

Se formó de manera espontánea de un cruce entre cacaos criollos y forasteros amazónicos en la isla de Trinidad (de ahí deriva su nombre). De este cruce heterogéneo se presentan diversidad de formas intermedias de mazorcas, lo mismo que la coloración, pudiéndose hallar tonos verdes y rojizos, inclusive una mezcla de ambos.

El mantener plantaciones de cacao de la variedad criollo representa un buen potencial para la organización de productores de la región, pues esto les permitiría articularse a mercados especiales, exigentes en calidad, a diferencia de las plantaciones de cacao existentes. Por ejemplo en gran parte del Alto Huallaga, donde los clones provenientes del Ecuador se han masificado mucho (PIDECAFE, 2010).

❖ Edad de las plantaciones

La edad de plantaciones oscila entre los 2 y 20 años. La mayoría está entre los 5 a 12 años. Son pocas plantas de cacao con más de 15 años; éstas son las que han dejado de los procesos de eliminación de plantas de cacao (que se dejaron principalmente para el autoconsumo) o plantas que sobrevivieron al fenómeno del niño ocurrido en los años 1982-1983 (PIDECAFE, 2010).

Existen un porcentaje de 24% de las plantaciones que están entre uno y tres años, es decir que aún no entran en producción. En este sentido, significa que en el mediano plazo, la Región incrementaría su oferta de cacao debido a; incremento de la productividad, pues las plantaciones jóvenes aún no están en el pico de producción y al incremento de la producción, debido al inicio de cosechas en las plantaciones en crecimiento

❖ Altura de plantaciones

A diferencia de otras zonas cacaoteras del país, las plantaciones de cacao en la sub cuenca río bigote llegan a una altura máxima de 8 m; sin embargo las plantas que llegan a esta altura son las plantas con

más de 20 años, pues los productores consideraban que a mayor altura de la plantación es mucho mejor para la producción.

Las plantaciones jóvenes llegan a una altura máxima de 6 metros; además debido a algunas capacitaciones que han recibido actualmente están realizando labores de poda para disminuir la altura. Se nota aún el desconocimiento de los productores en lo referente a podas de formación, pues es un 80% de las parcelas visitadas se pudo observar que se está perdiendo la arquitectura de la plantas jóvenes y en crecimiento.

En resumen, la altura de las plantaciones es bastante manejable, y el programa de manejo del cultivo a implementar debería incidir bastante en el manejo de plantaciones jóvenes (PIDECAFE, 2010).

❖ Sombra en el cultivo

La principal sombra que tienen las plantaciones de cacao es el plátano de seda o banano, de la variedad "Montecristo". Esta variedad de plátano se caracteriza entre otros aspectos por su gran altura, pues llega hasta los 6 a 7 metros. En las plantaciones de cacao existentes bajo esta asociación, se ha podido observar que no hay mayores problemas para ambos cultivos, pues la poca altura de las plantas de cacao permite esta asociación. Aunque para algunos productores, la asociación representa un problema, por la competencia de nutrientes, pues ambas plantas (cacao y banano) son de raíces superficiales; sin embargo esta situación se puede revertir bajo un programa de manejo que implique el abonamiento orgánico (PIDECAFE, 2010).

2.4.6. condiciones agroclimáticas del cultivo

Según investigadores, (Finet y Paz. 2004), señalan que el cacao es una planta que necesita un adecuado suministro de agua para sus procesos metabólicos: La precipitación óptima para el cacao es de 1,600 a 2,500 mm; La temperatura es un factor de mucha importancia debido a su relación con el desarrollo, floración y fructificación del cultivo de cacao. La temperatura media anual debe ser alrededor de los 25°C.

❖ El viento

Es el factor que determina la velocidad de evapo-transpiración del agua en la superficie del suelo y de la planta. En plantaciones donde la velocidad del viento es del orden de 4 m/seg, y con muy poca sombra, es frecuente observar defoliaciones fuertes. Comparativamente, en regiones con velocidades de viento del 1 a 2 m/seg, no se observa dicho problema.

❖ Altitud.

El cacao crece mejor en las zonas tropicales cultivándose desde el nivel del mar hasta los 800 metros de altitud. Sin embargo, en latitudes cercanas al Ecuador las plantaciones desarrollan normalmente en mayores altitudes que van del orden de los 1,000 a 1,400 msnm. La altitud no es un factor determinante como lo son los factores climáticos y edafológicos en una plantación de cacao.

❖ La luz.

La fotosíntesis de la planta de cacao depende de la luminosidad. En el cacao la fotosíntesis ocurre con baja intensidad aun cuando la planta está a plena exposición solar, en condiciones de alta luminosidad como Piura es importante la incorporación de cierto grado sombra.

La cantidad de luz que debe recibir una plantación de cacao está en relación a la disponibilidad de agua y nutrientes presentes en el suelo.

- Efectos de plantaciones cultivadas a plena luz:
- Incremento de los procesos fisiológicos por ende necesidades altas de fertilización.
- Mayor producción, pero corto periodo de vida, las plantas se palotean.

Perdida humedad de suelo y de la planta por evaporación y transpiración)

Para plantaciones ya establecidas, se considera que una intensidad lumínica menor del 50% del total de luz limita los rendimientos, mientras que una intensidad superior al 50% del total de luz los aumenta. Se recomienda de 20% a 30% de sombra en la plantación.

2.4.7. CONDICIONES ECOLÓGICAS

❖ Clima

Los dos factores climáticos críticos para el desarrollo del cacao son la temperatura y la lluvia. A estos se le unen el viento y la luz o radiación solar. El cacao es una planta que se desarrolla bajo sombra. La humedad relativa también es importante ya que puede contribuir a la propagación de algunas enfermedades del fruto. Estas exigencias climáticas han hecho que el cultivo de cacao se concentre en las tierras bajas tropicales.

❖ Precipitación

El cacao es una planta sensible a la escasez de agua pero también al encharcamiento por lo que se precisarán de suelos provistos de un buen drenaje. Anegamientos puede provocar la asfixia de las raíces y su muerte en muy poco tiempo. El cacao es una planta que necesita un adecuado suministro de agua para efectuar sus procesos metabólicos, la precipitación óptima para el cacao es de 1,600 a 2,500 mm. Distribuidos durante todo el año. En regiones con escasez de lluvia como Piura, las necesidades de agua son complementadas con riegos frecuentes cada 15 días

❖ Suelos

Para la producción del cultivo de cacao requiere de suelos con buenas características físicas y químicas. Los mejores suelos son generalmente de color oscuro de origen aluvial, y principalmente suelos francos con buena profundidad entre 1 a 1.5 metros, que permita un buen anclaje de la planta, una buena retención de agua y drenaje, y un buen desarrollo del sistema radicular.

El mayor porcentaje de raíces activas del cacao encargadas de la absorción de agua y nutrientes se encuentran mayormente en los primeros 30 cm del suelo por lo que se recomienda un adecuado suministro de agua y la protección del suelo através del mantenimiento la cobertura vegetal (Mulch, cobertura viva). Asimismo se recomienda que para el deshierbo se evite usar palanas para evitar cortar las raíces.

2.4.8. caracterización físico química de suelos

El carácter interpretativo que se da a los resultados del estudio de suelos, nos permite, de acuerdo al objetivo planteado inicialmente, determinar la calidad de los suelos en función de su capacidad para la producción (nivel de fertilidad), pero también nos permite interpretar de qué manera las características de cada unidad de suelos puede atenuar o agravar un problema presente en los suelos agrícolas.

En el caso de los predios agrícolas estudiados, todos cultivados con cacao, en la sub su Cuenca Rio Bigote, se utiliza la información del análisis de caracterización de suelos para evaluar el comportamiento del elemento contaminante cadmio en el suelo, frente a posibles medidas o prácticas para mitigar el problema, o en el mejor de los casos eliminarlo.

❖ Características físicas

Como la textura, la estructura y la porosidad, permitirán determinar la capacidad de desplazamiento de fluidos como el agua y el aire, así como los elementos diluidos en el agua o dispersos como material sólido, ello determina el patrón de distribución de las sustancias o compuestos, tanto en un flujo vertical como horizontal, especialmente en el caso del elemento cadmio, considerado como un metal pesado peligroso para la salud humana y de los seres vivos.

Si consideramos que la textura promedio de los suelos donde se cultiva cacao es franco a franco arcilloso, se puede inferir que estas clases texturales favorecen una mayor presencia de cadmio disponible que estaría adsorbido a la matriz del suelo en este caso a la arcilla. (Sanchez et. al. 2011)

Se realizó un estudio “Determinación de la adsorción de cadmio mediante isotermas de adsorción en suelos agrícolas Venezolanos”, concluyendo que los suelos que tienen mayores contenidos de arcilla, materia orgánica y pH ácido, son los que poseen mayor capacidad de adsorción.

❖ Las características químicas

El PH del suelo es una de las características más importantes de los suelos porque contribuye a regular la velocidad de descomposición de la materia orgánica, así como la disponibilidad de los elementos nutritivos.

El cacao se desarrolla eficientemente cuando el pH se encuentra en el rango de 6.0 a 6.5; permitiendo obtener buenos rendimientos. Sin embargo, también se adapta a rangos extremos desde los muy ácidos hasta los muy alcalinos cuyos valores oscilan de pH 4.5. Hasta el pH de 8.5, donde la producción es decadente o muy deficiente, en estos suelos se debe aplicar correctivos.

El contenido de materia orgánica mejora las condiciones físicas y biológicas del suelo y favorece la nutrición adecuada y equilibrada de la planta. El contenido de materia orgánica:

Mejora la estructura del suelo y mejora la retención de agua.

Favorece la nutrición equilibrada de la planta

Capacidad de intercambio catiónico. Está en función del contenido de arcilla y materia orgánica, fundamentalmente; en general cuanto mayor sea la capacidad de intercambio catiónico, mayor será la capacidad del suelo de fijar metales. El poder de adsorción de los distintos metales pesados depende de su valencia y del radio iónico hidratado; a mayor tamaño y menor valencia, se retienen con menor fuerza (Ahumada et al., 1999).

El PH, el contenido de materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico determinan el estado de disponibilidad o no del elemento, lo cual permite dilucidar si está en un estado favorable o desfavorable para ser absorbido por las raíces de las plantas. De otro lado, también se puede establecer la existencia de elementos que facilitan, atenúan o compiten con el elemento cadmio para su absorción.

De esta forma, el objetivo de la determinación de las características físicas y químicas del suelo, permitirán realizar un estudio de correlación entre dichas características y el contenido de cadmio en frutos. Se ha realizado estudios en diversas partes del mundo, los cuales concluyen por ejemplo que hay una correlación significativa y positiva ($P < 0.05$) entre el cadmio total en el tejido foliar y el cadmio disponible en el suelo; por el contrario, la correlación entre cadmio en el suelo con el contenido foliar de calcio y magnesio fue significativa pero negativa. Una explicación de estos resultados es la forma disponible de estos tres elementos en el suelo, la forma iónica +2, por lo que posiblemente existe competencia entre ellos por los sitios de

absorción a nivel radicular de la planta, lo que afecta la presencia del Mg a nivel foliar por debajo de los niveles de referencia.

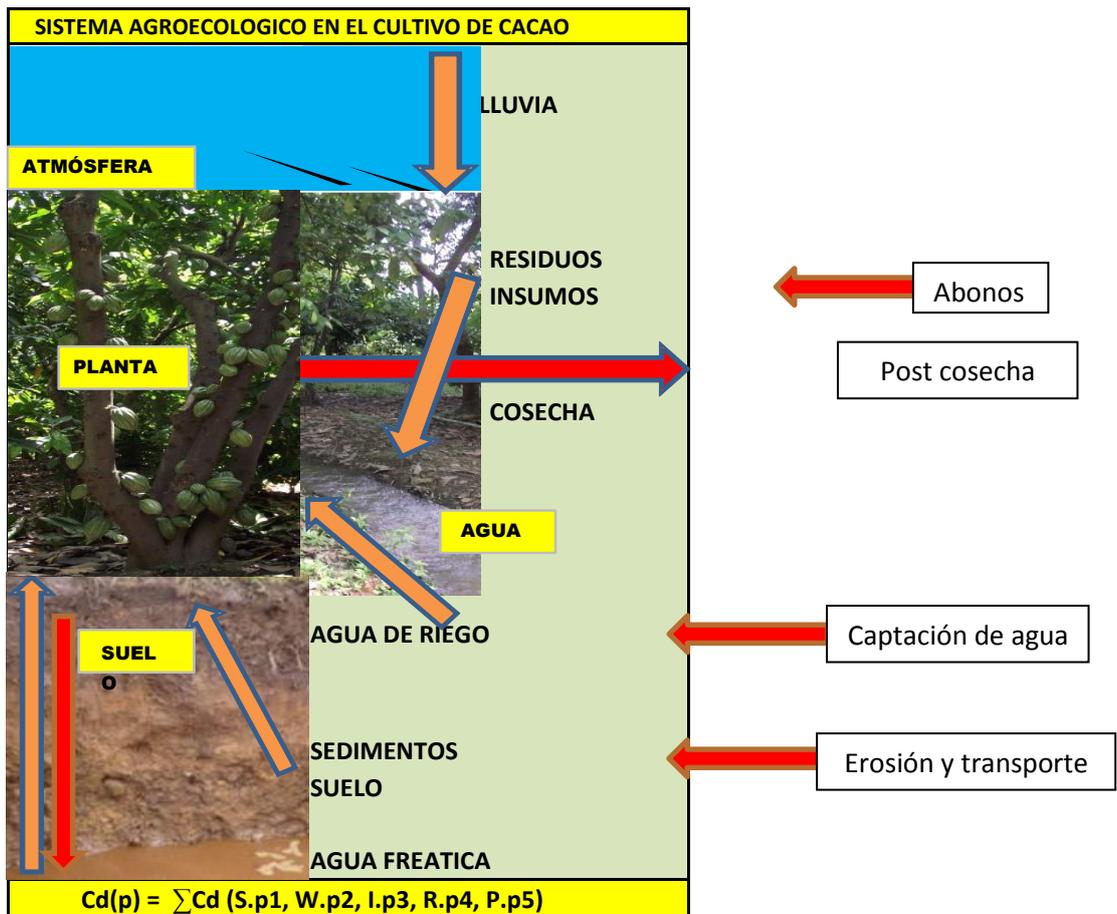
El cadmio no es un elemento esencial para las plantas, por tanto se asume que no existen mecanismos de absorción específicos. Benavides et al. (2005) consideran que la absorción de cadmio a nivel radicular está en competencia directa con otros nutrientes como calcio, potasio, magnesio, hierro, cobre, manganeso, zinc, por lo que pueden ser absorbidos por las mismas proteínas transportadoras.

2.4.9. Fundamentos teóricos del cultivo de cacao

2.4.9.1. El agro ecosistema en el cultivo de cacao.

En las especies cultivadas, cuyo ciclo vegetativo se desarrolla en un sistema intervenido por el hombre, se tiene un sistema que en adelante denominaremos “Agro ecosistema”, el cual está compuesto por subsistemas como el suelo, el agua, la atmósfera y la planta, tal como se aprecia en la figura para el cultivo de cacao.

Figura 08: Componentes del agro ecosistema en el cultivo de caca



Las relaciones que existen entre los subsistemas están dominadas por transferencias de energía de un subsistema al otro y viceversa, siendo por ello un sistema abierto en el cual se debe considerar, en determinados momentos, a algunos de estos subsistemas como fuentes y a otros como receptores.

Una ecuación lineal simple, considerando la acumulación del cadmio en la planta, se puede representar de la siguiente manera:

$$Cd (p) = \sum Cd (S.p1, W.p2, I.p3, R.p4)$$

Dónde: Cd(p) es la acumulación de cadmio en la planta, que resulta de la sumatoria de la concentración de cadmio proveniente de la proporción aportada por el suelo (S.p1), el agua (W.p2), los residuos

de la planta que vuelven al predio, como hojarasca y cascara de cacao (R.p4).

A partir de la ecuación lineal propuesta, se pueden hacer análisis estadísticos mediante una correlación bivariada o multivariada. Cada uno de los aportantes a la concentración de cadmio en el tejido vegetal está afectado por un factor de ponderación(π_i) el cual indica el grado de participación de cada uno de los aportantes en el sistema.

En la medida que nos interesa en este proyecto de investigación determinar cuál o cuáles son las principales fuentes que contribuyen a la absorción y acumulación de cadmio en el producto final de las almendras de cacao, se tomará especial atención a los subsistemas agua, suelo y planta, añadiendo como otro factor importante a considerar.

2.4.9.2. El subsistema Planta

Para el modelo propuesto en el agroecosistema del cultivo de cacao, el subsistema planta está integrado por las plantas del cultivo en estudio y todos los órganos que la conforman, que de una u otra forma participan en la absorción, conducción, transformación, translocación y aprovechamiento de los nutrientes que provienen del suelo y sustancias elaboradas en la misma planta.

Es importante comprender que siendo el cadmio un elemento químico que compite con otros elementos considerados nutrientes esenciales, utiliza las mismas rutas de absorción y transporte y que su destino final en las hojas y almendras de cacao, se ve afectado por los mismos factores que intervienen en la absorción y aprovechamiento de los nutrientes esenciales.

2.4.9.3. El subsistema Suelo

El principal medio a través del cual se realiza la absorción de nutrientes por las raíces de las plantas es el suelo, subsistema que se convierte en el receptáculo principal del agua de riego, el agua de lluvia, la hojarasca y residuos de cosecha que se vierten en cada ciclo de producción. Otro aporte importante lo constituyen los sedimentos, producto de la inundación de los ríos en las terrazas aluviales inundables, donde se ha sembrado las plantas de cacao. También reciben aportes de sedimentos los predios establecidos al pie de lomadas y colinas producto de la erosión hídrica, de tal forma que la ubicación fisiográfica y los procesos geomorfológicos también son decisivos en la concentración del cadmio en los suelos.

La estratificación (horizontes del perfil) en los diferentes tipos de suelo, tanto residuales como transportados, indican el grado de participación de los diferentes materiales de origen y por lo tanto su incidencia en la absorción de cadmio por parte de la planta de cacao. La diferenciación en horizontes del suelo se hace en función de su composición por el color, textura, modificadores texturales, estructura, consistencia, pH, materia orgánica, y otros parámetros que determinan la absorción de los elementos químicos y compuestos, de tal forma que es importante caracterizar de manera integral al suelo, para poder entender las rutas y factores que inciden en la absorción del cadmio desde el sustrato que sostiene a las plantas.

En el subsistema suelo es importante identificar las características que pueden atenuar la absorción de cadmio por las plantas, por ejemplo se tienen reportes que suelos con altos contenidos de materia orgánica (humus) y partículas coloidales de arcilla, tienen una alta adsorción de cadmio, ello determinado a través de experimentos que miden dicha capacidad evidenciada en las Isotermas de Langmüir (Pérez,1999).

2.4.9.4. El subsistema agua.

El subsistema agua, puede constituir otro factor de aporte importante, el cultivo de cacao en el área de estudio, recibe agua de riego superficial (captación de quebradas y ríos, conducción y distribución a predios) y agua subterránea (extracción desde pozos, conducción y distribución al campo). Es importante reconocer la litología de la cuenca alta o de las nacientes que contribuyen con agua y sedimentos al área de estudio, debido a que dependiendo del material de origen de los suelos, dicho material puede contener en forma natural minerales con alguna concentración de cadmio, lo cual explicaría un aporte muy importante al sistema, a través de los procesos de erosión, transporte y sedimentación.

2.4.10. Generalidades de la contaminación de metales pesados y su comportamiento en suelo y plantas

❖ Contaminación por metales pesado

Se consideran como metales pesados a aquellos elementos cuya densidad es igual o superior a 5 g/cm³, cuando está en forma elemental; y en la tabla periódica son aquellos que tienen densidades mayores al del hierro y su número atómico es superior a 20, excluyendo a los metales alcalinos y alcalino-térreos (Toral, 1996). Su presencia en la corteza terrestre, como componentes naturales del suelo es inferior al 0.1% (Bowie y Thornton, 1985)

la mayoría de los elementos sólo están presentes en concentraciones mínimas de toxicidad y pocos son los que se requieren para los procesos fisiológicos de plantas y animales (Mortvent, 1983).

Los metales pesados, son parte fundamental de las actividades antropogénicas provenientes de desechos domésticos, agrícolas e industriales, los cuales son peligrosos para la biota, el hombre y el deterioro ambiental en general. Bajo este escenario los sedimentos, son uno de los principales reservorios de estos elementos,

actúan como recursos secundarios de contaminación en el medio ambiente marino (Rubio et al., 1996).

❖ Metales pesados y su efecto contaminante

Los metales pesados, son potencialmente contaminantes devastadores ya que contaminan el aire, el agua, el suelo y las plantas cuando se absorben en altas concentraciones o se depositan en el suelo; en conjunto esta contaminación afecta a los demás eslabones de las cadenas tróficas; Desde el punto de vista biológico, se distinguen dos grandes grupos, aquellos que no presentan una función biológica conocida y los que tienen la consideración de oligoelementos o micronutrientes (Ryan y Chaney, 1994)..

Los oligoelementos o micronutrientes se requieren en pequeñas cantidades, o cantidades traza, por las plantas y animales; todos ellos son necesarios para que los organismos completen su ciclo vital pero al superar cierto umbral, se vuelven tóxicos (Rubio et al., 1996).

En la mayoría de los suelos agrícolas, existen pequeñas cantidades de boro, cobre, zinc, manganeso, molibdeno, cadmio, etc., elementos que en concentraciones normales favorecen el crecimiento de las plantas principalmente en sus estadios tempranos, por lo que la aplicación por vía fertilizantes o abonos químicos es cada día una práctica importante que se lleva a cabo en las zonas agrícolas del mundo. Por lo anterior, en los últimos años muchos investigadores se han dado a la tarea de determinar la importancia de los microelementos para el desarrollo de las hortalizas. (Chang et al., 1992).

❖ Fuentes de producción de los metales pesados

Los metales pesados, se encuentran de forma natural en la corteza terrestre contenidos en las rocas; el intemperismo y las actividades del hombre son los responsables del incremento o disminución de los niveles normales por ejemplo, con la utilización de aguas residuales, fertilizantes y mejoradores químicos. En el suelo se

producen diversas reacciones que determinaran su velocidad y tiempo de resistencia relacionadas con su ciclo biogeoquímico (Rubio et al., 1996).

2.4.11. contaminación del suelo

❖ Contaminación de suelos por metales pesados

La agricultura intensiva es una de las actividades humanas que tienen mayor repercusión en la contaminación del suelo por metales pesados, debido al empleo de fertilizantes y plaguicidas de forma prolongada. Los fertilizantes fosforados pueden contener Zn, As, Cd y Pb debido a su presencia en la roca fosfórica. El uso de ciertos plaguicidas han contribuido a aumentar los niveles de As, Pb, Hg, Cu, algunos poseen concentraciones de Zn que pueden superar el 25 %. Fungicidas a base de Cu o de Zn, como el CuSO₄ se utiliza con frecuencia en el cultivo.

Los metales pesados también pueden estar presentes en estiércoles de animales (Zn y Cu) debido al uso de ciertos compuestos a base de dichos elementos en la dieta del animal para evitar ciertas enfermedades. De especial relevancia es el Cu en el purín de cerdo que limita su utilización. También se encuentran presentes en productos desinfectantes aplicados en las instalaciones, y pueden proceder de la maquinaria agrícola utilizada. Todo ello llevó a fijar las concentraciones máximas de metales pesados en fertilizantes y productos afines como compost.

Existen algunos factores que pueden reducir o aumentar la disponibilidad, de los metales para la planta, como son: el pH, el contenido de materia orgánica; la textura del suelo; la actividad biológica en la rizósfera, el régimen hídrico y el drenaje, las condiciones de óxido reducción, la interacción con otros nutrientes e incluso el clima. (Foy, 1978; Evans, 1978; Loué, 1988).

Según la Organización Económica de Cooperación y Desarrollo, OECD 1994, los niveles naturales de Cd en suelos agrícolas se

incrementan a través de la deposición atmosférica (quema de bosques, erupción de volcanes, erosión de suelos y contaminación del aire), estiércol animal y fertilizantes fosforados.

❖ Potencial tóxico y sus efectos (Kevin et al., 2001).

Cualquier elemento que se encuentre depositado en el suelo, no necesariamente está disponible para la planta, ya que la absorción de éstos, depende de varios factores y características físico-químicas del suelo como el pH, Textura, etc. (Fitter et al., 1987).

❖ Toxicidad de los metales pesados en el suelo

Cuando los metales pesados se encuentran en la solución del suelo, pueden ser transferidos con mayor facilidad a otros medios así, cuando su concentración se incrementa, éstos contribuyen a un nivel importante de toxicidad en el suelo incluso, en elementos que se consideran esenciales para muchos procesos bioquímicos; la toxicidad de los elementos también depende de la especiación o formas en que se presentan en el mismo, así como de su biodisponibilidad y su ingreso a la cadena trófica (Holmgren et al., 1993).

2.4.12. El cadmio en el suelo

❖ Identidad

El cadmio es un metal blanco-azul conocido por ser suave y dúctil. Es un metal pesado naturalmente se encuentra en los suelos en concentraciones de 0.1 hasta 1 mg/kg. El cadmio se encuentra rara vez puro, siempre se encuentra asociado con el zinc o el fósforo. La biodisponibilidad del cadmio es la cantidad de cadmio que puede ser asimilado por los organismos vivos (plantas, micro y macro organismos del suelo). Existen interacciones entre el Cd y la fase sólida del suelo, incluyendo; la absorción química, precipitación con diversos aniones, así como la co-precipitación, y la formación de complejos con ligandos orgánicos (Mc Bride, 1989). Así, sólo el cadmio más iones son biodisponible para las plantas de cacao. Hay muchos factores que influyen la disponibilidad del cadmio en el suelo.

❖ Factores que influyen la disponibilidad del cadmio en el suelo

Los metales en el suelo existen como formas insolubles e intercambiables y complejos como orgánicos e inorgánicos, y diversas formas de los metales tienen diferente movilidad y la biodisponibilidad (Adriano et al., 2004).

Las formas adoptadas por el cadmio dependen de su entorno. Entonces, existe una multitud de factores que influyen en las formas que el cadmio tiene en el suelo. Sin embargo, los factores más importantes son el pH y el tipo de suelo (el contenido en óxido de hierro, contenido en oxihidróxidos e hidróxidos de metal, contenido de materia orgánica, textura del suelo). Sin embargo, una multitud de tesis afirman que el factor más importante es el pH.

Cuando el pH de la solución del suelo baja, el contenido de la fracción biodisponible (Cd^{2+}) aumenta. Cuando la solución del suelo es ácido, hay una disolución de los precipitados hechos de cadmio que liberan los iones Cd^{2+} disponibles para el cacao. Al contrario, cuando el entorno es básico, el número de cargas negativas aumenta y hay una mayor retención de las partículas del suelo.

El suelo es un sistema complejo y en constante interacción con su medio ambiente, es difícil de hacer una generalización particular acerca de los mecanismos de absorción y por lo tanto, la biodisponibilidad del cadmio. Es por eso que nos centraremos en el estudio de los mayores factores clave que afectan a la movilidad del cadmio.

Los metales pesados como el cadmio participan en varios procesos desde que son incorporados en el suelo principalmente por actividades antropogénicas; se pueden incorporar al ciclo del agua o acumularse en tejidos vegetales o en el suelo por el resultado de diversas transformaciones químicas, vía proceso de adsorción, solubilización, precipitación y cambios en el estado de oxidación (Rubio et al., 1996).

❖ Interacción entre el cadmio y las plantas

Las plantas toman de sus entorno los minerales necesario para crecer y se desarrollar. Toman por ejemplo fosforo (P), Nitrógeno (N), potasio (K) y también oligoelementos como el fierro (Fe), magnesio (Mn), y el zinc (Zn). Sin embargo las plantas toman con sus raíces elementos de manera no específica y puede tomar metales que no necesita como el cadmio. Hay tres tipos de transporte de los elementos del suelo hasta la planta. Pero de acuerdo a las diversas tesis el transporte activo es el único que puede permitir a los raíces de tomar elementos contra el gradiente de concentración. De acuerdo a (Welch y Norvell, 1999) podemos decir que el cadmio puede introducirse en la planta con la ayuda las transportistas de otros iones bivalentes como el Zn^{2+} , Cu^{2+} , o Fe^{2+} . El cadmio tiene un radio iónico parecido a los del calcio (Cd^{2+} 0.097nm, Ca^{2+} 0.099nm) (Aylett, 1979). El cadmio puede estar en la competencia con el calcio y el Zinc con las transportistas.

La absorción de metales pesados por las plantas es generalmente el primer paso para la entrada de éstos en la cadena alimentaria. La absorción y posterior acumulación dependen en primera instancia del movimiento (movilidad de las especies) de los metales desde la solución en el suelo a la raíz de la planta. En plantas, el concepto de bioacumulación se refiere a la agregación de contaminantes; algunos de ellos son más susceptibles a ser fitodisponibles que otros (Kabata-Pendias, 2000).

Cualquier elemento que se encuentre depositado en el suelo, no necesariamente está disponible para la planta, ya que la absorción de éstos, depende de varios factores y características físico-químicas del suelo como el pH, Textura, etc., (Fitter et al., 1987).

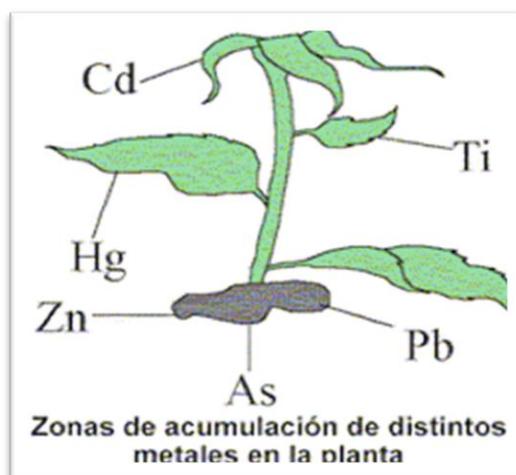
2.4.13. mecanismos de absorción de metales pesados por las plantas

❖ El cadmio en tejidos vegetales

Las plantas cultivadas representan una importante vía para el movimiento de metales pesados potencialmente tóxicos desde el suelo hacia los seres humanos, acumulándolos en diferentes

cantidades y en sus diferentes órganos vegetales y reproductivos, resultando contribuciones venenosas en las dietas alimenticias.

Figura 09: Zonas de acumulación de elementos metales en la zona foliar de la planta.



Las especies vegetales, incluidos los cultivos agrícolas, tienen la capacidad de acumular metales pesados en sus tejidos; a esta capacidad se le conoce como Bioacumulación y es diferente entre las especies vegetales y son atribuidas también, a la capacidad de retención de metales por el suelo y a la interacción planta – raíz - metal (Bañuelos et al, 1997).

El agua y los minerales disponibles en el suelo, se incorporan a las plantas a través de las raíces; en éstas existen unos pelos radicales que son extensiones unicelulares de las células epidérmicas y que poseen una pared muy fina con vida efímera (1-3 días); estos pelos radicales, aumentan el área de contacto con el estrato y permite una absorción más eficiente del agua y los minerales necesarios (Fitter et al., 1987).

CAPÍTULO III PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

3.1. Tipo, Nivel

3.1.1. Tipo de la Investigación

En el presente proyecto de investigación se realizarán 3 tipos de investigación: Descriptiva, Experimental Correlacionar.

Es descriptiva por que mediante la información obtenida se llegara a conocer el estado actual del contenido de cadmio y las fuentes contaminantes.

Es experimental por que mediante la manipulación de una variable no comprobada se podrá determinar el modo de contaminación y el origen que lo causa.

Correlacionar por que se determinara el grado de relación que tienen los factores agroecológicos con los niveles de cadmio presentes en los granos secos del cultivo de cacao.

3.1.2. Nivel de la Investigación

Aplicativa por que mediante los resultados obtenidos se va a explicar los efectos contaminantes de cadmio en la producción del cultivo de cacao.

3.2. Método.

Experimental

3.3. PROPUESTA METODOLOGICA DESARROLLADA

3.3.1. Metodología para el muestreo

La metodología para el muestreo se ha definido en tres etapas

- ❖ Etapa I, Zonificación del área a muestrear.
- ❖ Etapa II, Elección de los puntos de muestreo
- ❖ Etapa III, Técnica para el muestreo

3.3.1.1. Etapa I: Zonificación del área a muestrear

El requisito principal de elección de predios a muestrear, es que la plantación este en plena producción, es decir que sean plantas adultas que permitan muestrear frutos maduros. Los

criterios para zonificar el área a muestrear, considera lo siguientes aspectos:

Sector geográfico

Unidad fisiográfica

Tipo de suelos

El sector geográfico está definido por caseríos, agrupados en asociaciones, tal como se han organizado los productores en cada una de sus jurisdicciones, para tal efecto se tienen los siguientes sectores

Cuadro 01: Ubicación política de los sectores en estudio y cantidad de predios a muestrear por sector.

DISTRITO	SECTOR	PREDIOS
SAN JUAN DE BIGOTE	BARRIOS	6
	LA QUEMAZON	9
CANCHAQUE	LOS RANCHOS	6

En relación a la fisiografía de cada una de las áreas de estudio se debe considerar las siguientes unidades fisiográficas:

- ❖ Terrazas bajas con inundación frecuente
- ❖ Terrazas bajas con inundación esporádica
- ❖ Terrazas bajas no inundables
- ❖ Terrazas medias
- ❖ Terrazas altas

3.3.1.2. **Etapa II: Elección de los puntos de muestreo**

Se efectuó de acuerdo a la población total de predios (109) de las organizaciones, de CEPICAFE en la sub cuenca Rio Bigote, cuyos propietarios están asociados a las organizaciones productoras de cacao de Ranchos, Barrios y Quemazón. Considerando los aspectos geográficos, fisiográficos y por tipos de suelos, se ha estimado una

cobertura de muestreo de 20% de los predios (21 predios), la cual se considera estadísticamente representativa.

Para el presente estudio se ha tenido en cuenta el agro ecosistema del cultivo de cacao y los subsistemas que intervienen, priorizando aquellos que van a permitir alcanzar el objetivo, Por ello se propone el muestreo de:

- ❖ Suelos (Muestras superficiales compuestas y muestras simples en perfiles de suelos)
- ❖ Agua de riego
- ❖ Hojas (En el tercio inferior, medio y superior de la planta)
- ❖ Frutos (deberán ser tomados de plantas inmediatamente cercanas a los puntos de toma de muestras simples en el muestreo superficial y de plantas alrededor de las calicatas muestreadas en el muestreo profundo)
- ❖ Almendra procesada (una parte de las almendras frescas de los puntos muestreados, deberán ser sometidas a condiciones de fermentación y secado, en las mismas condiciones en que se procesa la cosecha convencional)

3.3.1.3. Etapa III: Técnicas de muestreo

Las técnicas de muestreo están estandarizadas, algunas están contenidas en normas legales, de tal forma que en esta etapa se trata de citar y enumerar lo más importante para cada técnica, dependiente del subsistema que se va a muestrear.

3.3.2. Muestreos

3.3.2.1. Muestreos de suelos

Para el muestreo de suelos se distinguió el concepto clase de muestra (simple y compuesta); en el presente estudio se realizaron dos tipos de muestreo, el muestreo superficial y el muestreo profundo. Para muestreo superficial, se obtendrán muestras compuestas. En el muestreo de perfiles de suelos, las muestras serán simples y representaran a cada horizonte integrante del perfil estudiado.

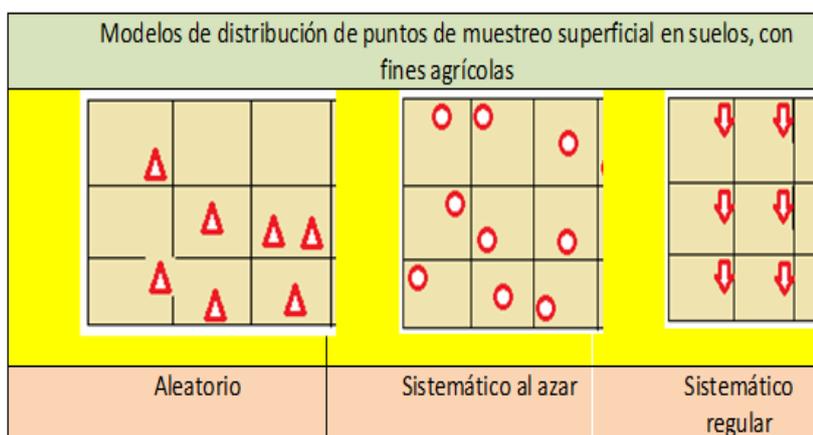
Dependiendo de la variabilidad de los suelos se propone que del total de puntos muestreados el 30% sean calicatas muestreadas y el 70%, constituyan muestras superficiales, de tal forma que la distribución sea de la siguiente manera.

❖ Muestreo superficial de suelos

El muestreo superficial de suelos se hará en zonas homogéneas en cuanto a sus características de topografía, clase textural y profundidad, de acuerdo a los tipos de suelos que se encuentren en el área de estudio.

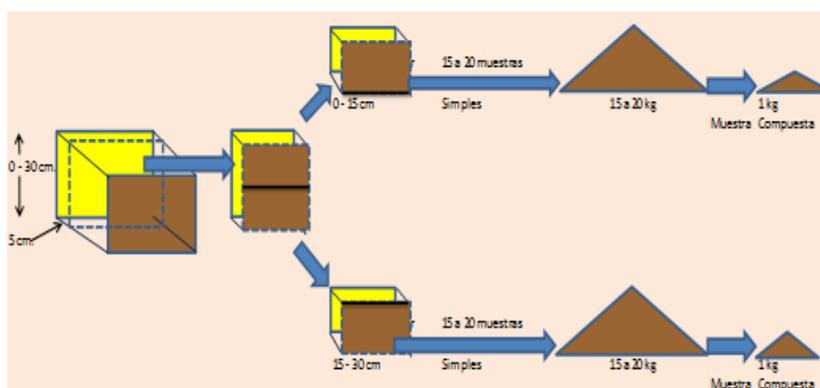
La distribución de los puntos de muestreo en cada predio estudiado se hará bajo la modalidad de muestreo sistemático al azar, tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 10: Modelos de distribución de puntos de muestreo



La profundidad para la toma de muestras “superficiales”, se hará en dos estratos, uno de 0 a 15 cm., y otro de 15 a 30 cm, las cuales serán tomadas de 15 a 20 puntos de muestreos en cada predio en estudio. Tal como se indica en la siguiente figura:

Figura 11: Proceso de toma de muestras simples para la obtención de muestras compuestas en estratos superficiales de suelos.



Se realizará una excavación de 0 – 30 cm, en la cual se extraerá con la pala una porción de 0 -15 cm y otra de 15 a 30 cm, por separado de cada punto.

Cada muestra simple debe irse colectando en un recipiente limpio, en un número de 15 a 20 muestras simples, luego se vierte sobre una superficie limpia para mezclarse y homogenizarse, finalmente por el método del cuarteo, se obtendrá una muestra compuesta de aproximadamente 1 kg., de peso, tal como se observa en la siguiente figura:

Figura 12: Toma de la muestra simple superficial y obtención de la muestra compuesta.



La muestra compuesta deberá acondicionarse en una bolsa plástica gruesa, identificarse con una etiqueta apropiada y acondicionarse cuidadosamente, para garantizar que no se contamine y de esta forma se envíe y llegue en óptimas condiciones al laboratorio, para el análisis correspondiente.

❖ Muestreo profundo de suelos (perfiles de suelos)

El muestreo profundo de suelos se hará, luego de haber elegido un punto representativo del predio, que representa generalmente a una zona homogénea del sector estudiado (varios predios), las zonas homogéneas serán definidas en relación a sus características de topografía, clase textural y profundidad, de acuerdo a los tipos de suelos que se encuentren en el área de estudio.

De acuerdo a lo normado en el D.S. 013-2010-AG, para el muestreo de perfiles de suelos se excava calicatas a 1.2 m. de profundidad, se delimitan los horizontes de suelo, se realiza la descripción detallada de cada punto de muestreo, el perfil y sus horizontes y se extrae 1 kg, de muestra de cada horizonte, tal como se aprecia en las siguientes fotografías.

Figura 13: Muestreo profundo de suelos (perfiles de suelos)



3.3.2.2. Muestreo en agua de riego

Se tomarán muestras simples, denominadas así aquellas muestras tomadas en un lugar y en un tiempo determinado para su análisis individual, de esta forma la muestra debe ser representativa del sector en estudio. Los puntos de muestreo se determinarán en función de las fuentes de agua disponibles para cada predio o grupo de predios.

En el caso de fuentes de agua de riego superficial, se tomará la muestra del canal principal, para la toma de muestras en ríos o quebradas, se harán directamente en el cauce de dichas fuentes. Es importante que la toma de la muestra sea realizada del centro de la sección transversal del canal, en el caso de cauces grandes como ríos o quebradas es suficiente tomar la muestra cerca a la orilla, cuidando que no se tome agua en contacto con material sedimentado del fondo del cauce.

Las muestras de agua deben almacenarse en envases de vidrio limpios, lavados con agua destilada y debe ser llenados totalmente, de tal forma que no quede espacio para aire, una vez envasada la muestra, el frasco debe etiquetarse con el

código correspondiente y asegurarse que la tapa se cierre herméticamente, para que no se contamine ni pierda la muestra. Debe enviarse dentro de las 24 horas siguientes a la toma de la muestra, para el análisis en laboratorio.

3.3.2.3. Muestreo en tejido foliar

La capacidad de las plantas para absorber y utilizar nutrientes minerales y otros elementos no considerados esenciales, como los metales pesados, se refleja en la concentración de cada elemento en los tejidos, así como en la relación que existe entre estas concentraciones. El análisis de tejidos seleccionados nos proporciona información sobre el estado nutricional de la planta y la concentración de elementos no deseados.

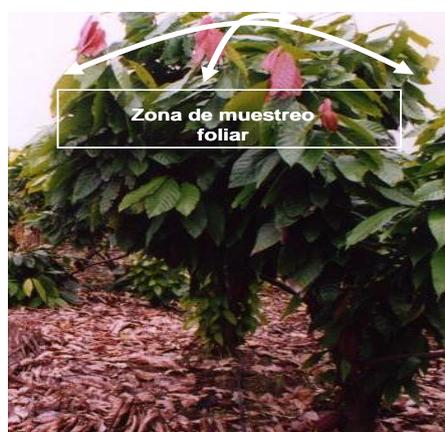
La parte de la planta que generalmente se utiliza para el análisis foliar es la hoja. Esto se debe a que es muy activa metabólicamente y su composición es una buena guía de los cambios en el estado nutricional de la planta.

Directivas especiales para la toma de muestras de hojas en las plantas de cacao.

- Deben tomarse suficientes plantas individuales para superar el factor de variabilidad de las plantas.
- Si se van a efectuar estudios de correlación con los suelos, debe procurarse que la distribución del muestreo sea representativa del área de estudio
- Sacudir y limpiar las hojas, dejándolas libres de partículas de tierra.
- Enviar las muestras inmediatamente luego de colectadas al laboratorio, de lo contrario hacerlas secar al ambiente libre de polvo y humo, o poner en estufa a una temperatura no mayor de 50° C.
- En la elección de las plantas, se elegirán aquellas que no se encuentren en los accesos ni cerca de los bordes de la

plantación. Se muestrean plantas que presenten el estado general y medio de todas las plantas. Se desestimarán los extremos. Se deben elegir aproximadamente 15 a 20 plantas por cada hectárea de terreno. La planta debe estratificarse, en función de la madurez de los tejidos, como: tercio superior, tercio medio y tercio inferior.

Figura 14: Estratificación de la planta para el muestreo del tejido foliar en el cultivo de cacao.



Si se decide tomar muestras de solo un estrato de la planta, las muestras deben estar conformadas por hojas tomadas del tercio medio de la planta (60 hojas por muestra), distribuidas en los cuatro lados opuestos de la planta (ver gráfico), ya que estas hojas han madurado recientemente y no han comenzado a envejecer.

Se debe elegir una hoja joven completamente formada (con el pecíolo), ésta equivale a la 4 – 6 hoja desde la parte superior de la planta hacia abajo, tal como se aprecia en la figura. Se eligen las hojas de ambos lados de la línea de cultivo. El número de hojas oscilará entre 15 – 20 por cada planta y predio muestreado, debiéndose recolectar por lo menos 200 gramos de material foliar, en cada punto muestreado

Figura 15: Muestreo de tejido foliar en el cultivo de cacao



Todos los predios con muestreo de suelos y almendras, deben ser muestreados en el tejido foliar, lo que permitirá realizar el estudio de correlación de la variable dependiente con todas las variables independientes posibles.

Se tomarán muestras de tres estratos de la planta, Tercio superior, tercio medio y tercio inferior, y de cuatro lados opuestos de la planta. Una vez extraídas las muestras de tejido foliar, se acondiciona en papel kraft, se envuelve y se etiqueta con la identificación correspondiente al número correlativo del predio. Deben enviarse inmediatamente al laboratorio, para evitar su deterioro y contaminación en almacén.

3.3.2.4. Muestreo en frutos

Una vez elegido el lugar de muestreo (predio) se tomarán diez plantas al azar, de las cuales se cosechó un fruto de cada planta (mazorcas) en estado de madurez, las cuales fueron enviadas al laboratorio para el análisis correspondiente.

De acuerdo al tipo de muestreo de suelos, si el muestreo fue superficial, las diez plantas se deben seleccionar junto a los puntos de toma de las muestras simples. Si el muestreo fue

en un perfil de suelos, las diez plantas se eligieron alrededor de la calicata muestreada.

Las muestras de frutos serán de las mismas plantas donde se ha realizado el muestreo de tejido foliar, los frutos deben estar totalmente maduros y del mismo tamaño, en número de 10 por punto de muestreo

3.3.2.5. Determinación en laboratorio

❖ Determinación de las características físicas y químicas en muestras suelo (Análisis de caracterización)

La metodología para la determinación de las características físicas y químicas de suelos, mediante el análisis de caracterización de suelos, están normadas en el D.S. 013-2010-AG, donde se indican los métodos a utilizar para cada parámetro por determinar. A continuación, se presentan los métodos a utilizar de acuerdo a la norma mencionada.

Cuadro 02: Parámetros físicos y químicos a determinar para el análisis de caracterización de los suelos

N.	Parámetros	Metodología
----	------------	-------------

1	Textura de suelo (análisis granulométrico)	Determinación de % de arena, limo y arcilla; método del hidrómetro de Bouyucus. Clasificación de la clase textural en el triangulo textural.
2	Salinidad	Medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 ó en el extracto de la pasta de saturación(es).
3	Ph	Medida en el potenciómetro, en una mezcla suelo: agua relación 1:1 o en suspensión suelo: KCl N, relación 1: 2.5.
4	Calcáreo total (CaCO ₃)	Método gaso-volumétrico utilizando un calcímetro.
5	Materia Orgánica	Método de Walkley y Black, oxidación del carbonato orgánico con dicromato de potasio. %M.O.=Cx1.724
6	Nitrógeno toral	Método del micro-Kjeldahl.
7	Fosforo disponible	Método del Olsen modificado, extracción con NaHCO ₃ , 05M, pH 8.5.
8	Potasio disponible	Saturación con acetato de amonio (CH ₃ -COOCH ₄)N; pH 7.0. Lectura en el espectrofotómetro.
9	Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	Saturación con acetato de amonio (CH ₃ -COOCH ₄)N; pH 7.0
10	Cationes cambiables (Ca ⁺² , Mg ⁺² , Na ⁺ , K ⁺)	Reemplazamiento con acetato de amonio (CH ₃ -COOCH ₄), N; pH 7.0 cuantificación por fotometría de llama y/o absorción atómica (en el extracto de amonio).

❖ Determinación de la concentración de cadmio en muestras de suelos

Cuadro 03: Parámetros inorgánicos para el monitoreo de calidad de suelos

N	Parámetros	Método de ensayo
II	Inorgánicos	
	Cadmio total (mg/kg MS)	EPA 3050-B: 1994. Acid Digestion sediments, Sludges and solids/EPA-6010B Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry.

EPA: Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos)

- ❖ Determinación de la concentración de cadmio en muestras de agua

Cuadro 04: Parámetros inorgánicos para el monitoreo de calidad de agua.

N	Parámetros	Método de ensayo
II	Inorgánicos y metales pesados	
	Cadmio total (mg/kg MS)	EPA 200-8: 1994, Determination of trace elements in waters and wastes by inductively coupled Plasma – Mass Spectrometry.

EPA: Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos)

- ❖ Determinación de la concentración de cadmio en muestras de tejido vegetal

Cuadro 05: Parámetros inorgánicos para el monitoreo de tejido vegetal

N	Parámetros	Método de ensayo
II	Inorganicos y metalicos pesados	
	Cadmio total (mg/kg MS)	SGS-PO-ME-106:2012; Rev00. Determinación de metales en muestras orgánicas por espectrometría de masas con flama de acoplamiento inductivo (ICP-MS)..

3.3.2.6. Procesamiento e interpretación de resultados

- ❖ Procesamiento de resultados por sectores y por componentes del sistema

El procesamiento de resultados se hará a través de tabulaciones, gráficos y comparación con estándares de calidad (nacional, si los hubiera, e internacional).

Deberán reportarse geográficamente por Sector, Además, deberá consignarse el nombre del productor cacaotero al cual pertenece el predio muestreado, el cual debe aparecer con un código correlativo.

Cada componente del sistema (suelo, agua, hojas, frutos) deberá reportarse por separado y al final integrarse en el sistema de análisis estadístico.

- ❖ Procesamiento estadístico integrado de resultados

Se debe implementar el análisis estadístico de los resultados, mediante un análisis de regresión, determinando el coeficiente de correlación, a través de un modelo bivariado o multivariado. Con la finalidad de establecer cuál de los componentes del agroecosistema es el que contribuye de manera significativa a la acumulación de cadmio en las almendras de cacao.

- ❖ Recomendaciones.

Se deberá establecer recomendaciones, que se encaminen a la atenuación de la absorción de cadmio por el cultivo de cacao, en las condiciones específicas del agro ecosistema

3.4. Hipótesis de la Investigación

3.4.1. Hipótesis General

- ❖ Con la determinación de los niveles de cadmio se permitirá conocer el grado de contaminación en los granos secos del cultivo de cacao en las organizaciones socias de CEPICAFE.

3.4.2. Hipótesis Específicas

- ❖ La zonificación de las fuentes contaminantes permitirá establecer los sectores con mayor y menor concentración de Cadmio.
- ❖ La determinación de la fuente contaminante nos permitirá establecer su influencia en la presencia de Cadmio en los granos secos del cacao
- ❖ La correlación de los factores agroecológico con los niveles de cadmio ayudara a establecer el factor de mayor incidencia en la presencia de cadmio.

3.5. Variables

3.5.1. Variable Independiente

- ❖ Determinación de los Niveles de cadmio

3.5.2. Variable Dependiente

- ❖ Grado de contaminación en los granos secos de cultivo de cacao

3.6. Cobertura del Estudio de Investigación

3.6.1. Universo.

- ❖ Distritos: San Juan de Bigote, Canchaque

3.6.2. Población.

❖ Caseríos: Quemazón, Barrios, Los Ranchos

3.6.3. Muestreo.

❖ Parcelas experimentales

3.7. Técnicas, Instrumentos y Fuentes de Recolección de Datos.

3.7.1. Técnicas de la Investigación.

Técnica de Procesamiento de la Información

El procesamiento de los datos se desarrollará en conjunto con el asesor y especialistas involucrados en el proyecto.

Técnica y Análisis e Interpretación de Datos.

Los análisis que se realizarán en el proyecto de investigación son los siguientes:

Análisis químico de muestras de agua

Análisis físico – químico y cadmio en los suelos

Análisis del contenido de cadmio en los granos frescos y secos de cacao

La interpretación y análisis de los resultados está a cargo de cada especialista a consultar dará a conocer desde que óptica se está concluyendo, para así lograr dar soluciones de nuestro principal problema, y objetivos, también para llegar a comprobar nuestras hipótesis.

3.7.2. Instrumentos de la Investigación.

GPS digital

Balanza electrónica de precisión

Tijeras de cosecha

Equipos de laboratorio

3.7.3. Fuentes de Recolección de Datos.

Tesis de estudios, libros, manuales, monografías.

3.8. Procesamiento estadístico de la información

3.8.1. Estadístico

En el presente trabajo de investigación se reporta procesamiento estadístico con una regresión lineal simple con la finalidad de correlacionar los diferentes variables y así para identificar el componente del agrosistema que tiene mayor incidencia en la acumulación del cadmio.

3.8.2. Representación

Los resultados obtenidos en los diferentes análisis se representan a través de cuadros y gráficos.

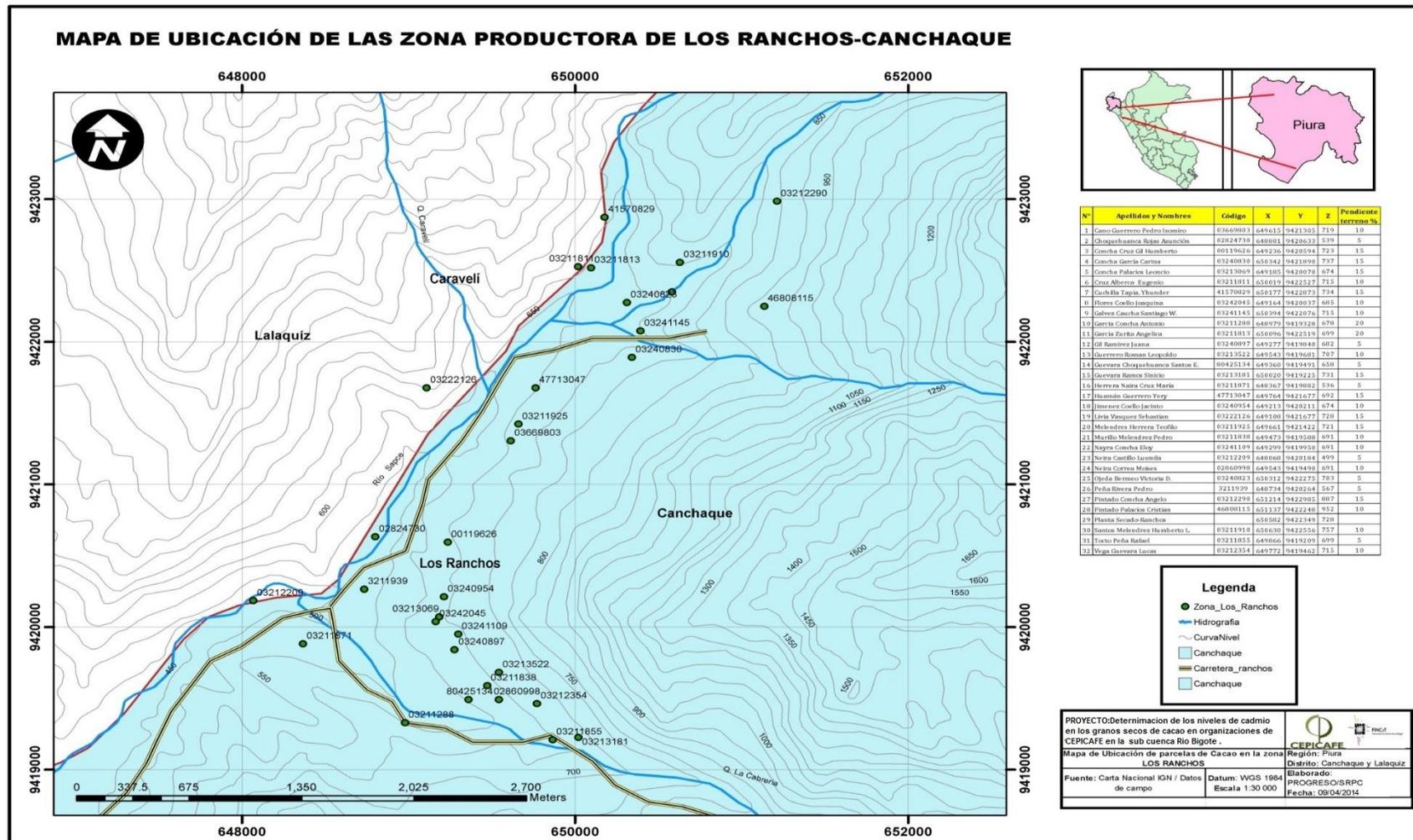
3.8.3. Comprobación de la hipótesis

La hipótesis en el presente trabajo de investigación, se comprueba con los resultados obtenidos en los análisis de determinación del contenido de cadmio en el suelo, agua, tejido foliar y en los granos secos de cacao verificándose la presencia del elemento cadmio en los granos de cacao y con valores superiores a lo establecido por la Unión Europea.

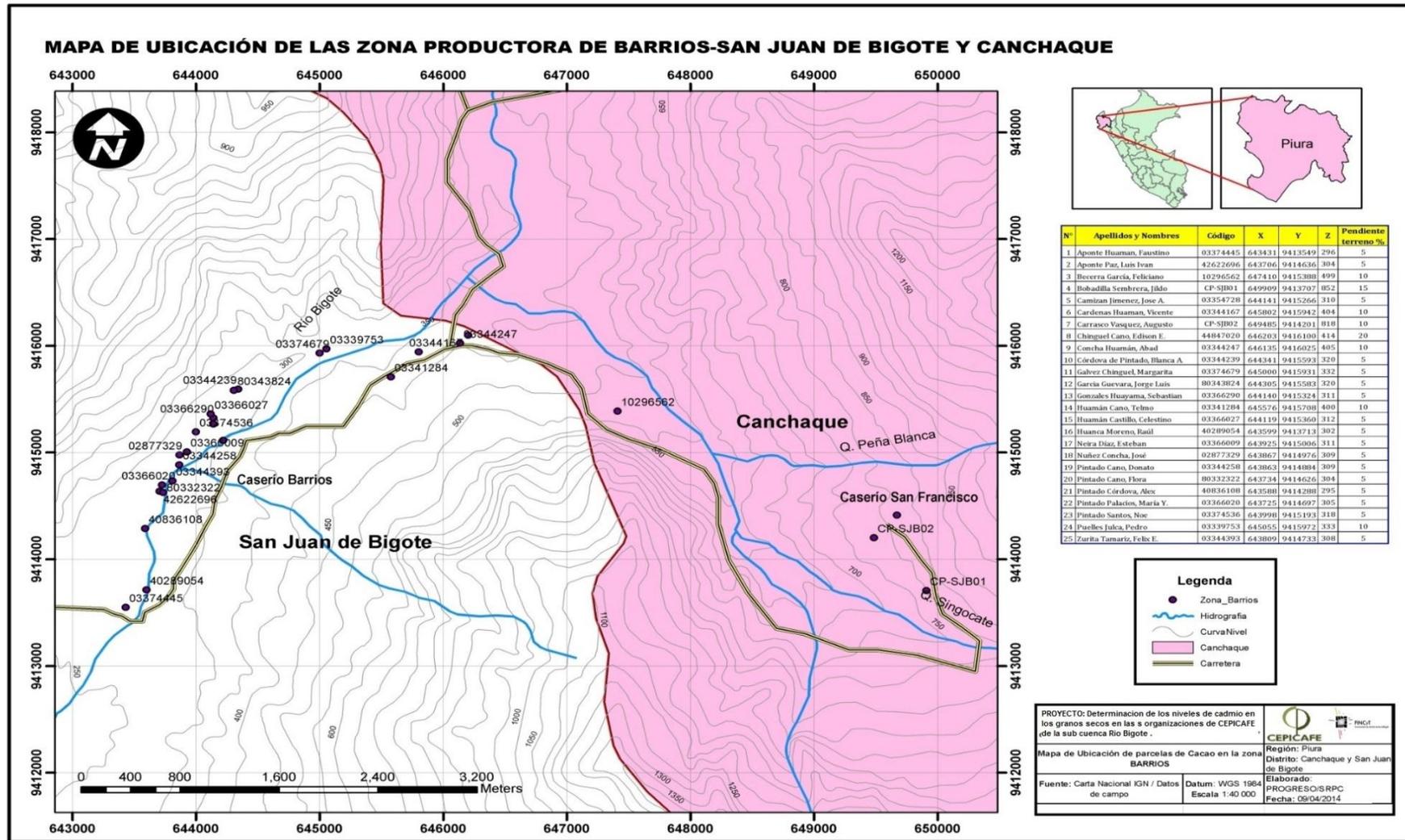
3.9. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA APLICADA.

A continuación se describe la metodología aplicada en el presente estudio de investigación

3.9.1. ZONIFICACION PREDIOS DE LA ORGANIZACIÓN RANCHOS



3.9.2. ZONIFICACION PREDIOS DE LA ORGANIZACIÓN DE BARRIOS



3.9.4. PUNTOS DE MUESTREO

De acuerdo a lo planteado en la metodología y considerando los aspectos geográficos, fisiográficos y por tipos de suelos, se ha estimado una cobertura de muestreo de 20% de todos los socios de la organizaciones, la cual se considera estadísticamente representativa. Es pertinente indicar que cada uno de los puntos tiene como base de partida el trabajo de georeferenciación realizada previamente para todos los predios involucrados en el proyecto.

Bajo tales criterios se propone la siguiente distribución de puntos de muestreo, 7 sector Rancho, 6 sector Barrios, 9 sector Quemazón .Tal como aparece en las siguientes Tablas.

❖ Sector Los Ranchos

Cuadro 06: Puntos de muestreo del sector los Ranchos

Propietario	Código	Coordenadas
Pintado Palacios Cristian	C5*	9422984
		651231
Cuchilla Tapia Jhunder	C6	9422852
		650197
Concha Garcia Karina	C7	9421926
		650394
Huamán Guerrero Yery	C8	9421676
		649776
Guerrero Roman Leopoldo	C9	9419591
		649498
Flores Coello Joaquina	C11*	9420031
		649130
Herrera Naira Cruz Maria	C12	9419916
		648373

❖ Sector barrios

Cuadro 07: Puntos de muestreo del sector Barrios

Propietario	Código	Coordenadas
Camizan Alfonso	C3*	9415301
		644183
Carrasco Vazquez Augusto	C13	9414201
		649485
Concha Huamán Abad	C14*	9415897
		646387
Aponte Huaman Faustino	C15	9413562
		643449
Puelles Julca Pedro	C16	9416011
		645121
Aponte Paz Luiz Ivan	C17	9414174
		643527

❖ Sector La Quemazón

Cuadro 08: Puntos de muestreo del sector Quemazón

Propietario	Código	Coordenadas
Guerrero Alvarado Magno Manuel	C2	9411547
		640434
Moreno Reyes Dionicio	C20	9412024
		643027
Santos Garcia Luis	C21	9413935
		642885
Peña Adrianzen Santos	C22	9413956
		643292
Riega Visueta Albino	C23	9413320
		642543
Jimenez Sandoval Pedro	C24	9412906
		642441
Guerrero Pintado Luis Nicanor	C25	9412361
		641735
Espinoza Tamariz Eduardo	C26*	9411930
		642466
Bruno Huaman Nativida	C27	9410668
		641667

3.9.5. Muestreo de almendras de cacao

Una vez elegido el lugar de muestreo (predio) se tomaron diez plantas al azar, de las cuales se cosechó un fruto de cada planta (mazorcas) en estado de madurez, las cuales fueron enviadas al laboratorio para el análisis correspondiente.

De acuerdo al tipo de muestreo de suelos, si el muestreo fue superficial, las diez plantas se eligieron junto a los puntos de toma de las muestras simples. Si el muestreo fue en un perfil de suelos, las diez plantas se eligieron alrededor de la calicata muestreada.

Para el análisis de concentración de cadmio en almendras secas se ha tomado las muestras de los mismos lugares donde se ha muestreado almendras frescas, se ha seguido el proceso de fermentación y secado de muestras, las cuales se han remitido al laboratorio para el análisis con la codificación correspondiente.

Figura 16: Muestreo de frutos de cacao



3.9.6. Muestreo de tejido foliar

Una vez elegido el lugar de muestreo (predio) se tomaron diez plantas al azar (las mismas plantas de donde se muestrearon frutos), de las cuales se extrajeron hojas del tercio superior, tercio medio y tercio inferior de cada planta. Cada estrato de una planta representa una muestra simple, juntas las hojas de las diez plantas constituyeron una muestra compuesta del predio, de tal forma que se tomaron tres muestras compuestas de cada predio.

La muestra fue acondicionada en hojas de papel Kraft, fueron codificadas y preparadas para su envío inmediato a laboratorio.

Figura 17: Muestreo de tejido foliar en planta de cacao



3.9.7. Muestreo de agua de riego

Las muestras tomadas del agua de riego, provinieron de dos tipos de fuentes, una constituida por fuentes superficiales (ríos, quebradas, canales de riego) y otra de agua subterránea (pozos tubulares).

La toma de muestra fue realizada en frascos de vidrio, lavados con agua destilada, con el debido cuidado para que no se contaminen en el proceso del envasado y envío. Se codificó la muestra, con el número correlativo perteneciente al predio muestreado más cercano, debido a que la fuente de agua podía alimentar a varios predios en un mismo sector.

Figura 18: Muestreo de agua de Riego



3.9.8. Muestreo De Suelos

Las muestras para el análisis de concentración de cadmio en el suelo, provienen de dos profundidades: de 0 a 15 cm, y de 15 a 30 cm.

Se realizaron dos tipos de muestreo, un muestreo en profundidad para caracterización de perfiles de suelos (0 a 120 cm.) y otro muestreo superficial para caracterización de la capa arable del suelo (0 a 30 cm.).

En el caso del muestreo superficial, se siguió una trayectoria al azar, de tal forma que la muestra compuesta obtenida sea representativa del predio muestreado, se hizo el muestreo en 20 puntos elegidos al azar, de los cuales se obtuvieron muestras simples de 0 a 15 cm, y de 15 a 30 cm. Las muestras simples fueron mezcladas y homogenizadas en una superficie limpia, luego por el método del cuarteo se obtuvo una muestra 0compuesta de 1 kg, la cual fue acondicionada en una bolsa plástica, codificada e impermeabilizada, para evitar su contaminación. Luego las muestras fueron enviadas a laboratorio para los análisis correspondientes.

Figura 19: Muestreo de suelo



CAPITULO IV: ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados.

4.1.1. Caracterización física química de los suelos muestreados

De acuerdo a los resultados de caracterización físico química de suelos en el sector Los Ranchos (Anexo 03), expresamos lo siguiente.

El pH de los suelos del sector Los Ranchos tiene valores desde 5.4 a 6.7, lo cual se califica como suelos muy ácidos a poco ácidos. El pH moderadamente ácido a fuertemente ácido, es un medio propicio para la solubilidad del cadmio en el suelo, por lo que en suelos con estos valores de pH la absorción del elemento puede verse favorecida.

Los valores de materia orgánica indican rangos desde 0.37 a 3.55%, es decir que existen valores muy bajos a medios de materia orgánica, en el caso de valores medios a altos se favorece la fijación del cadmio en el suelo, como un complejo órgano-metálico, lo cual disminuirá el flujo del metal pesado hacia las raíces de las plantas.

El fósforo se encuentra en concentraciones muy bajas desde 0.9 ppm a 15.1 ppm, lo cual nos indica que se presentan valores desde muy bajos a valores altos de fósforo. En el caso del potasio, se presentan valores en un rango de 59 a 220 ppm, los valores menores de 100 ppm indican niveles bajos y de 100 a 240 ppm niveles medios, no se encuentran valores altos de potasio.

La clase textural de los suelos va desde suelos franco, franco limoso a franco arcilloso, lo cual califica a dichos suelos como de una matriz apropiada para la fijación del cadmio (adsorción) y su liberación cuando las condiciones sean apropiadas para ello, como pH ácido, bajo contenido de materia orgánica y baja concentración de cationes que compiten con dicho elemento.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC), presenta valores en un rango desde 11.5 a 29.6, ello indica que los niveles de CIC son bajos, medios y altos. Esta característica físico química está determinada por la cantidad de arcilla que tienen los suelos y por el contenido de materia orgánica, en el presentecaso la mayor incidencia en la CIC es responsabilidad del contenido de arcilla de los suelos.

Teniendo en cuenta los niveles de materia orgánica, fosforo y potasio, se observa que los suelos presentan mayoritariamente niveles de fertilidad baja, lo cual es importante a tener presente, en el tema de la absorción de cadmio, debido a que niveles bajos de fertilidad favorecen la absorción de cadmio por las raíces de las plantas. De otro lado es importante para la determinación de planes de fertilización apropiados para el cultivo

Caracterización físico química de suelos en sector Barrios

De acuerdo a los resultados de caracterización físico - química del sector Barrios (Anexo 04), expresamos lo siguiente .

El pH de los suelos del sector Barrios tiene valores desde 6 a 7, lo cual se califica como suelos moderadamente ácidos, ligeramente ácidos y neutros. El pH moderadamente ácido, es un medio propicio para la solubilidad del cadmio en el suelo, por lo que en suelos con estos valores de pH la absorción del elemento puede verse favorecida

Los valores de materia orgánica indican rangos desde 0.39 a 3.62%, es decir que existen valores muy bajos a medios de materia orgánica, en el caso de valores medios a altos se favorece la fijación del cadmio en el suelo, como un complejo órgano-metálico, lo cual disminuirá el flujo del metal pesado hacia las raíces de las plantas.

El fosforo se encuentra en concentraciones muy bajas desde 0.9 ppm a 8 ppm, lo cual nos indica que se presentan valores desde

muy bajos a valores medios de fósforo. En el caso del potasio, se presentan valores en un rango de 39 a 219 ppm, los valores menores de 100 ppm indican niveles bajos y de 100 a 240 ppm niveles medios, no se encuentran valores altos de potasio.

La clase textural de los suelos va desde suelos de arena franca, franco, franco arenoso, franco limoso, franco arcilloso, franco arcilloso y arcillosos, lo cual califica a dichos suelos como de una matriz apropiada para la fijación del cadmio (adsorción), excepto en los suelos de arena franca, y su liberación cuando las condiciones sean apropiadas para ello, como pH ácido, bajo contenido de materia orgánica y baja concentración de cationes que compiten con dicho elemento.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC), presenta valores en un rango desde 5.6 a 25.6, ello indica que los niveles de CIC son bajos, medios y altos. Esta característica físico química está determinada por la cantidad de arcilla que tienen los suelos y por el contenido de materia orgánica, en el presente caso la mayor incidencia en la CIC es responsabilidad del contenido de arcilla de los suelos.

Teniendo en cuenta los niveles de materia orgánica, fósforo y potasio, se observa que los suelos presentan mayoritariamente niveles de fertilidad baja, lo cual es importante a tener presente, en el tema de la absorción de cadmio, debido a que niveles bajos de fertilidad favorecen la absorción de cadmio por las raíces de las plantas. De otro lado es importante para la determinación de planes de fertilización apropiados para el cultivo.

Caracterización físico química de suelos en sector La Quemazón

De acuerdo a los resultados de caracterización físico química de suelos en sector La Quemazón (Anexo 05), expresamos lo siguiente:

El pH de los suelos del sector La Quemazón tiene valores desde 6.3 a 7.6, lo cual los califica como suelos ligeramente ácidos, neutros y ligeramente alcalinos. El pH ligeramente ácido, es un medio propicio para la solubilidad del cadmio en el suelo, por lo que en suelos con estos valores de pH la absorción del elemento puede verse favorecida.

Los valores de materia orgánica indican rangos desde 0.48 a 2.37%, es decir que existen valores muy bajos a medios de materia orgánica, en el caso de valores medios a altos se favorece la fijación del cadmio en el suelo, como un complejo órgano-metálico, lo cual disminuirá el flujo del metal pesado hacia las raíces de las plantas.

El fósforo se encuentra en concentraciones muy bajas desde 0.9 ppm a 10.2 ppm, lo cual nos indica que se presentan valores desde muy bajos a valores medios de fósforo. En el caso del potasio, se presentan valores en un rango de 41 a 231 ppm, los valores menores de 100 ppm indican niveles bajos y de 100 a 240 ppm niveles medios, no se encuentran valores altos de potasio.

La clase textural de los suelos va desde suelos franco arenoso, franco, franco limoso, franco arcillo limoso a franco arcilloso, lo cual califica a dichos suelos como de una matriz apropiada para la fijación del cadmio (adsorción) y su liberación cuando las condiciones sean apropiadas para ello, como pH ácido, bajo contenido de materia orgánica y baja concentración de cationes que compiten con dicho elemento.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC), presenta valores en un rango desde 7 a 19.2, ello indica que los niveles de CIC son medios y altos. Esta característica físico química está determinada por la cantidad de arcilla que tienen los suelos y por el contenido de materia orgánica, en el presente caso la mayor incidencia en la CIC es responsabilidad del contenido de arcilla de los suelos.

Teniendo en cuenta los niveles de materia orgánica, fósforo y potasio, se observa que los suelos presentan mayoritariamente niveles de fertilidad media a baja, lo cual es importante a tener presente, en el tema de la absorción de cadmio, debido a que niveles bajos de fertilidad favorecen la absorción de cadmio por las raíces de las plantas. De otro lado es importante para el establecimiento de planes de fertilización apropiados para el cultivo.

4.1.2. **Resultado de concentración de cadmio en suelo**

La calidad del suelo, relacionada con la concentración del metal pesado cadmio, ha sido calificada comparando los resultados de análisis con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y que están normados en el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM. Dicha norma considera tres clases de uso de suelo: Uso agrícola, uso residencial – Parques y suelo comercial, industrial y extractivos. En relación a la clase de uso de suelo agrícola, la norma establece en el Anexo 1, el ECA para suelo en 1.4 mg.kg⁻¹ MS.

Los suelos donde se cultiva cacao en la sub cuenca río Bigote, son principalmente de origen aluvial, es decir que provienen de depósitos aluviales estratificados y de litología variada, excepto aquellas zonas cercanas a las estribaciones de la Cordillera de los Andes, donde se observa material coluvio aluvial, con restos de rocas originales aún identificables y de hecho, con niveles de pedregosidad que limitan el laboreo del suelo.

4.1.2.1. Concentración de cadmio en suelos en Sector Los Ranchos

De acuerdo a los resultados de análisis de laboratorio cuadro 04, con los cuales se ha elaborado el Gráfico 01, se puede apreciar que todas las muestras tomadas en los campos de los agricultores identificados presentan resultados menores al estándar de calidad establecido en 1.4 mg.kg⁻¹. El promedio de la concentración en el sector es de 0.14 mg.kg⁻¹, encontrándose un

rango de 0.07 a 0.23 mg.kg⁻¹. Tal como se muestra en el cuadro09.

Cuadro 09: Resultados de análisis de laboratorio de suelo, sector los Ranchos

Propietario	codigo	coordenadas	Cd(ppm)
Pintado Palacios Cristian	C5*	9422984	0.22
		651231	0.13
Cuchilla Tapia Jhunder	C6	9422852	0.1
		650197	0.07
Concha Garcia Karina	C7	9421926	0.2
		650394	0.13
Huamán Guerrero Yery	C8	9421676	0.15
		649776	0.15
Guerrero Roman Leopoldo	C9	9419591	0.23
		649498	0.07
Flores Coello Joaquina	C11*	9420031	0.13
		649130	0.11
Herrera Naira Cruz Maria	C12	9419916	0.15
		648373	0.11

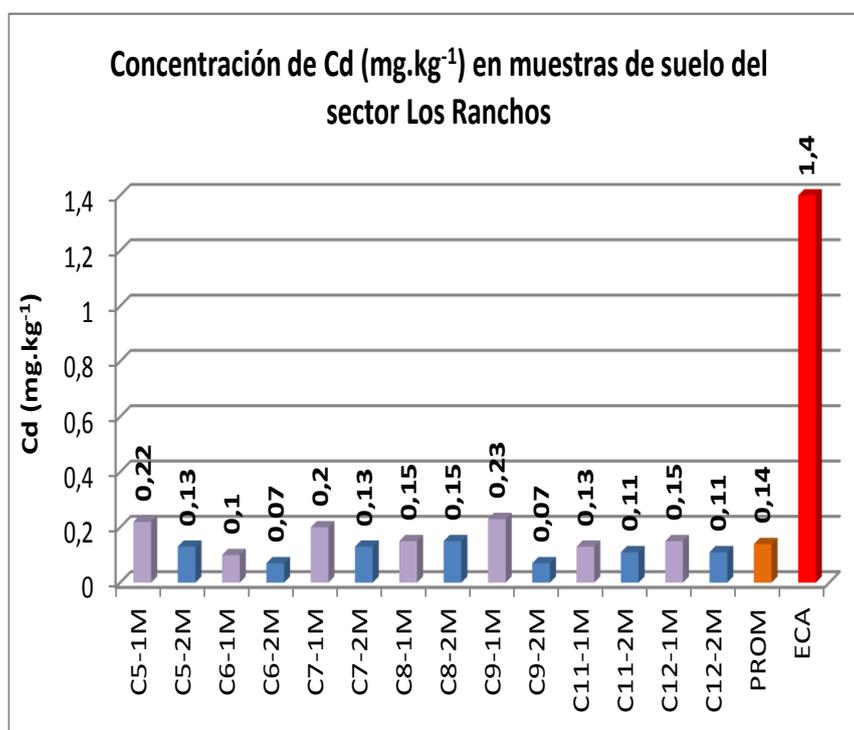


Grafico 01: Concentración de cadmio en muestras de suelo sector Ranchos.

4.1.2.2. Concentración de cadmio en suelos sector barrios

De acuerdo a los resultados de análisis de laboratorio Cuadro 05, con los cuales se ha elaborado el Gráfico 02, se puede apreciar que todas las muestras presentan resultados menores al estándar de calidad establecido en 1.4 mg.kg⁻¹. El promedio de la concentración en el sector es de 0.19 mg.kg⁻¹, encontrándose un rango de 0.06 a 0.64 mg.kg⁻¹.

Cuadro 10: Resultados de análisis de laboratorio de suelos, sector Barrios.

Propietario	codigo	coordenadas	Cd(ppm)
Camizan Alfonso	C3*	9415301	0.18
		644183	0.14
Carrasco Vazquez Augusto	C13	9414201	0.43
		649485	0.64
Concha Huamán Abad	C14*	9415897	0.19
		646387	0.12
Aponte Huaman Faustino	C15	9413562	0.16
		643449	0.13
Puelles Julca Pedro	C16	9416011	0.07
		645121	0.13
Aponte Paz Luiz Ivan	C17	9414174	0.06
		643527	0.07

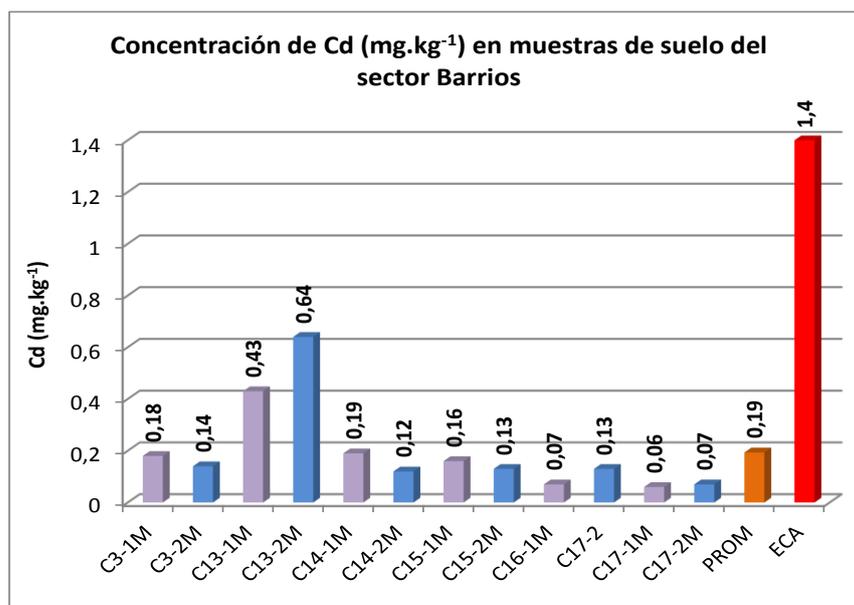


Gráfico 02: Concentración de cadmio en muestras de suelo sector Barrios

4.1.2.3. Concentración de cadmio en suelos en Sector La Quemazón

De acuerdo a los resultados de análisis de laboratorio Cuadro 06, con los cuales se ha elaborado el Gráfico 03, se puede apreciar que todas las muestras presentan resultados menores al estándar de calidad establecido para suelos con uso agrícola, de 1.4 mg.kg⁻¹. El promedio de la concentración en el sector es de 0.30 mg.kg⁻¹, encontrándose un rango de 0.02 a 0.53 mg.kg⁻¹.

Cuadro 11: Resultados de análisis de laboratorio de suelos sector la Quemazón.

Propietario	codigo	coordenadas	Cd(ppm)
Guerrero Alvarado Magno Manuel	C2*	9411547	0.07
		640434	0.09
Moreno Reyes Dionicio	C20	9412024	0.03
		643027	0.02
Santos Garcia Luis	C21*	9413935	0.11
		642885	0.05
Peña Adriancen Santos	C22	9413956	0.34
		643292	0.47
Riega Visueta Albino	C23	9413320	0.35
		642543	0.38
Jimenez Sandoval Pedro	C24	9412906	0.53
		642441	0.45
Guerrero Pintado Luis Nicanor	C25	9412361	0.40
		641735	0.32
Espinoza Tamariz Eduardo	C26*	9411930	0.51
		642466	0.37
Bruno Human Nativida	C27	9410668	0.32
		641667	0.27

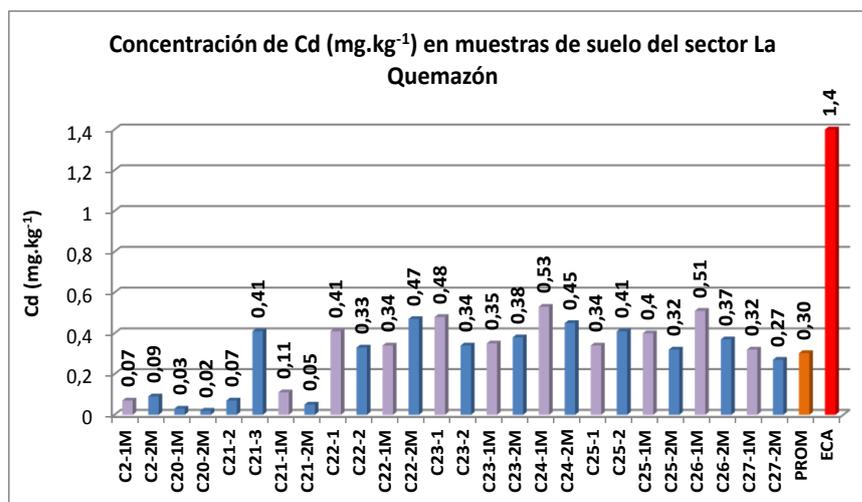


Gráfico 03: Concentración de cadmio en muestras de suelos sector La Quemazón

En relación a lo observado en los resultados, teniendo en cuenta la profundidad de las muestras obtenidas, no hay un patrón dominante para afirmar si la concentración del elemento es mayor en el nivel superficial o profundo, lo cual es variable. En todas las muestras, la diferencia de concentración de cadmio en las muestras superficiales en relación a las muestras de mayor profundidad no es significativa, en el caso de las muestras del sector Barrios se observa que en tres lugares la concentración de cadmio aumenta con la profundidad, y en tres lugares la concentración disminuye.

4.1.3. Concentración de cadmio en agua de riego

Las zonas cacaoteras de la sub cuenca río Bigote, son irrigadas principalmente con agua superficial captada del río o de afluentes secundarios, La calidad del agua, relacionada con la concentración del metal pesado cadmio, ha sido calificada comparando los resultados de análisis con el estándar de calidad establecido en 0.005 mg.L^{-1} , de acuerdo a la Ley General de Aguas (D.S. N° 002-2008-MINAM), que considera al agua de riego para especies agrícolas, en la categoría 3 de dicho reglamento

4.1.3.1. Concentración de cadmio en agua de riego sector ranchos

De acuerdo a los resultados de análisis de laboratorio cuadro 07, con los cuales se ha elaborado el Gráfico 04. Se puede apreciar que todas las muestras superan el estándar de calidad de agua para riego de especies vegetales, establecido en 0.005 mg.L^{-1} .

Cuadro 12: Resultados de análisis de laboratorio en agua de riego, sector Los Ranchos.

Propietario	codigo	coordenadas	Cd(ppm)
Pintado Palacios Cristian	C5	9422984	0.019
		651231	
Cuchilla Tapia Jhunder	C6	9422852	0.017
		650197	
Guerrero Roman Leopoldo	C9	9419591	0.016
		649498	
Herrera Naira Cruz Maria	C12	9419916	0.023
		648373	

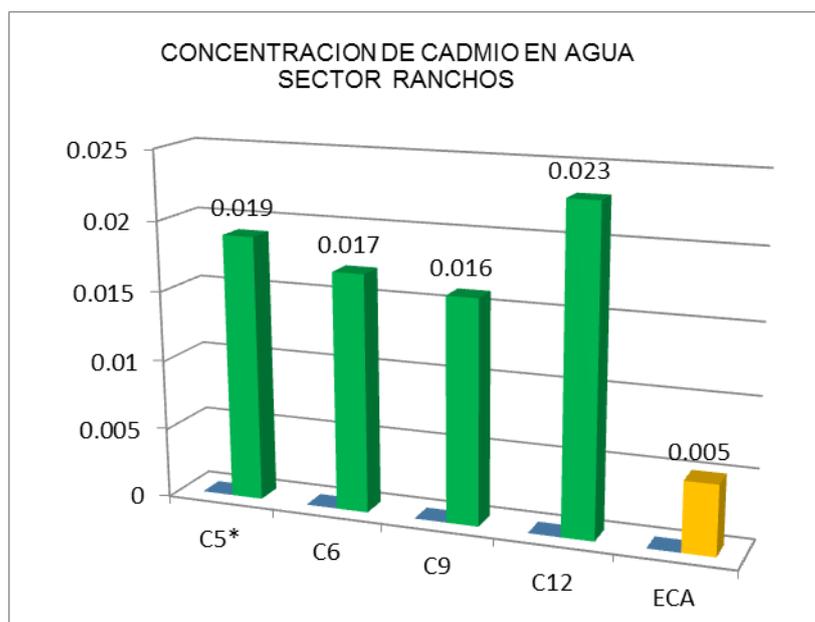


Grafico 04: Concentración de cadmio en agua de riego, sector Los Ranchos

4.1.3.2. Concentración de cadmio en agua de riego sector Barrios .

De acuerdo a los resultados de análisis de laboratorio Cuadro 08, con los cuales se ha elaborado el Gráfico 05. Se puede apreciar que todas las muestras superan el estándar de calidad de agua para riego de especies vegetales, establecido en 0.005 mg.L⁻¹.

Cuadro 13: Resultados de análisis de laboratorio en agua de riego, sector Barrios

Propietario	codigo	coordenadas	Cd(ppm)
Carrasco Vazquez Augusto	C13	9414201	0.055
		649485	
Concha Huamán Abad	C14	9415897	0.039
		646387	
Puelles Julca Pedro	C16	9416011	0.023
		645121	
Aponte Paz Luiz Ivan	C17	9414174	0.027
		643527	

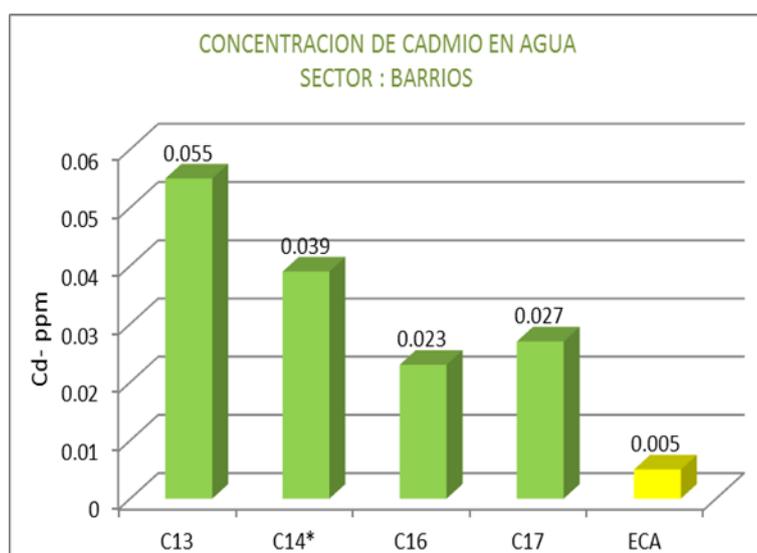


Gráfico 05: Concentración de cadmio en agua de riego, sector Barrios

4.1.3.3. Concentración de cadmio en agua de riego sector la Quemazón
 De acuerdo a los resultados de análisis de laboratorio cuadro 09, con los cuales se ha elaborado el Gráfico 06. Se puede apreciar que todas las muestras superan el estándar de calidad de agua para riego de especies vegetales, establecido en 0.005 mg.L-1.

Cuadro 14: Resultados de análisis de laboratorio en agua de riego, sector La Quemazón

Propietario	codigo	coordenadas	Cd(ppm)
Moreno Reyes Dionicio	C20	9412024	0.064
		643027	
Santos Garcia Luis	C21	9413935	0.042
		642885	

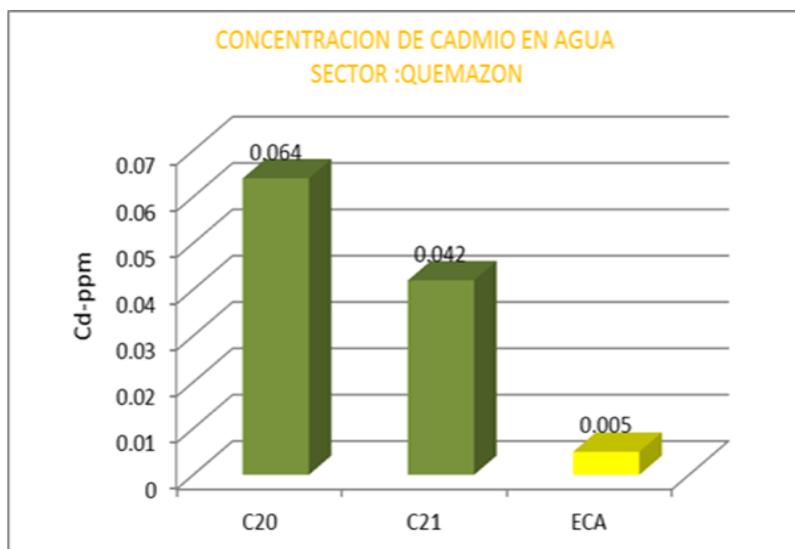


Gráfico 06: Concentración de cadmio en agua de riego sector La Quemazón

4.1.4. **Concentración de cadmio en tejido foliar**

Las hojas constituyen la fuente y el principal órgano de la planta, donde se elaboran los fotosintatos, se acumulan los nutrientes y otros elementos no considerados esenciales, como los metales pesados, de allí el cadmio es distribuido a los otros órganos de la planta, siendo el fruto uno de los destinos finales. Estudios realizados en zonas cacaoteras del Ecuador informan que en las hojas se encuentran concentraciones promedio entre 0.4 a 2.30 mg.kg-1, en diversas regiones, se reportan valores extremos que oscilan en cifras de 0.09 a 8 mg.kg-1, (Mite et al, 2010).

En el Perú se realizó un estudio en las regiones de Huánuco y Ucayali, se extrajeron muestras de 22 parcelas de cacao orgánico, analizándose plomo y cadmio, en el caso del cadmio la concentración en hojas fue de 0.21 ppm (Huamani et. al., 2012).

De acuerdo a ello se ha planteado como valor de comparación el límite crítico de una parte por millón (1 ppm) en tejido foliar, nivel que tiene una alta probabilidad de generar acumulación y concentración de cadmio en almendras que superan el estándar de calidad en cacao.

A continuación se comenta sobre los resultados y niveles de cadmio encontrados en hojas de cacao para cada sector evaluado en el presente trabajo de investigación.

4.1.4.1. **Concentración de cadmio en tejido foliar en sector Los Ranchos**

De acuerdo a los resultados de análisis de laboratorio del cuadro 10, relacionados con la determinación de la concentración de cadmio en tejido foliar en el Sector Los Ranchos, los que han permitido elaborar el Gráfico 07, se puede apreciar que la máxima concentración de cadmio en hojas es de 4.8 mg.kg-1, la mínima concentración es de 1.24 mg.kg-1 y el promedio se cuantifica en 2.41 mg.kg-1.

Los resultados de tejido foliar han sido comparados con el nivel crítico propuesto de 1 ppm, a ser tomado como punto de referencia

en tejidos foliares de cacao, de acuerdo a investigaciones realizadas (Mite et. al. 2010).

En relación a ello se aprecia que todas las muestras superan dicho nivel crítico afectando la calidad del tejido foliar así como la absorción del elemento cadmio

Cuadro 15: Resultados de análisis de laboratorio en tejido foliar, sector Los Ranchos

Propietario	codigo	coordenadas	Cd(ppm)
Pintado Palacios Cristian	C5	9422984	4.795
		651231	
Cuchilla Tapia Jhunder	C6	9422852	1.245
		650197	
Concha Garcia Karina	C7	9421926	2.060
		650394	
Huamán Guerrero Yery	C8	9421676	2.215
		649776	
Guerrero Roman Leopoldo	C9	9419591	2.689
		649498	
Flores Coello Joaquina	C11	9420031	2.188
		649130	
Herrera Naira Cruz Maria	C12	9419916	1.700
		648373	

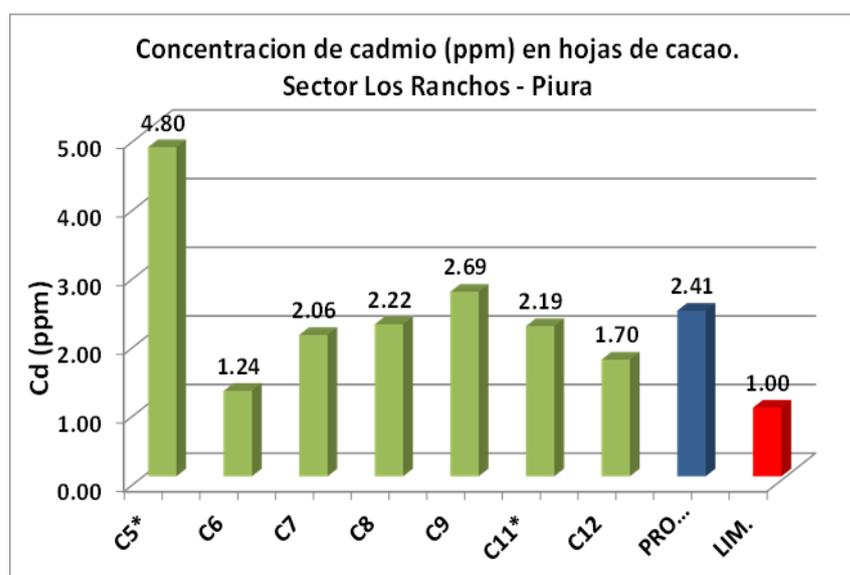


Grafico 07: Concentración de cadmio en tejido foliar, sector Los Ranchos

Es previsible que la muestras correspondientes a los predios codificado como C5 y C9, donde se observa una concentración de cadmio en tejido foliar 4.8 y 2.7 ppm, presenten una alta concentración de cadmio en almendras, ello se justifica de acuerdo a las investigaciones al respecto, donde hay una alta correlación entre el contenido de cadmio en suelos, hojas y almendras de cacao.

4.1.4.2. Concentración de cadmio en hojas de cacao en sector Barrios

Teniendo en cuenta los resultados de análisis de laboratorio cuadro 11, con los cuales se ha elaborado el gráfico 08, se puede apreciar que la máxima concentración de cadmio en hojas en el Sector Barrios es de 5.6 mg.kg-1, la mínima concentración es de 0.98 mg.kg-1 y el promedio se cuantifica en 2.56 mg.kg-1.

La muestra correspondiente al predio codificado como C13 y el predio C14, tienen la más alta concentración de cadmio en almendras.

Solo una muestra C3 está por debajo del nivel crítico, el resto de muestras está por encima de dicho nivel, esperando por ello altos niveles de cadmio en almendras.

Cuadro 16: resultados de análisis de laboratorio en tejido foliar, sector Barrios.

Propietario	codigo	coordenadas	Cd(ppm)
Camizan Alfonso	C3	9415301	0.981
		644183	
Carrasco Vazquez Augusto	C13	9414201	5.633
		649485	
Concha Huamán Abad	C14	9415897	3.530
		646387	
Aponte Huaman Faustino	C15	9413562	1.745
		643449	
Puelles Julca Pedro	C16	9416011	1.719
		645121	
Aponte Paz Luiz Ivan	C17	9414174	2.386
		643527	
Zurita Tamariz Felix	C18	9414752	1.952
		643786	

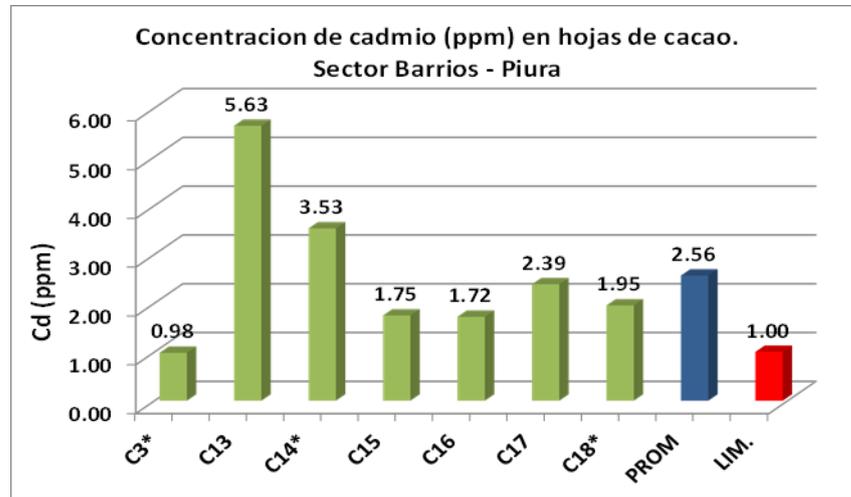


Grafico 08: Concentración de cadmio en tejido foliar, sector Barrios

4.1.4.3. Concentración de cadmio en tejido sector La Quemazón

Teniendo en cuenta los resultados de análisis de laboratorio Cuadro 12, con los cuales se ha elaborado el Gráfico 09, se puede apreciar que la máxima concentración de cadmio en hojas es de 2.67 mg.kg⁻¹, la mínima concentración es de 1.32 mg.kg⁻¹ y el promedio se cuantifica en 1.73 mg.kg⁻¹.

Es probable que la muestra correspondiente al predio codificado como C26, tenga una alta concentración de cadmio en almendras.

Cuadro 17: Resultados de análisis de laboratorio en tejido foliar, sector La Quemazón

Propietario	codigo	coordenadas	Cd(ppm)
Guerrero Alvarado Magno Manuel	C2	9411547	1.530
		640434	
Guerrero Garcia Justo	C19	9411825	1.316
		644476	
Moreno Reyes Dionicio	C20	9412024	1.821
		643027	
Santos Garcia Luis	C21	9413935	1.706
		642885	
Peña Adriancen Santos	C22	9413956	1.329
		643292	
Riega Visueta Albino	C23	9413320	1.686
		642543	
Jimenez Sandoval Pedro	C24	9412906	1.803
		642441	
Guerrero Pintado Luis Nicanor	C25	9412361	1.855
		641735	
Espinoza Tamariz Eduardo	C26	9411930	2.670
		642466	
Bruno Huaman Nativida	C27	9410668	1.590
		641667	

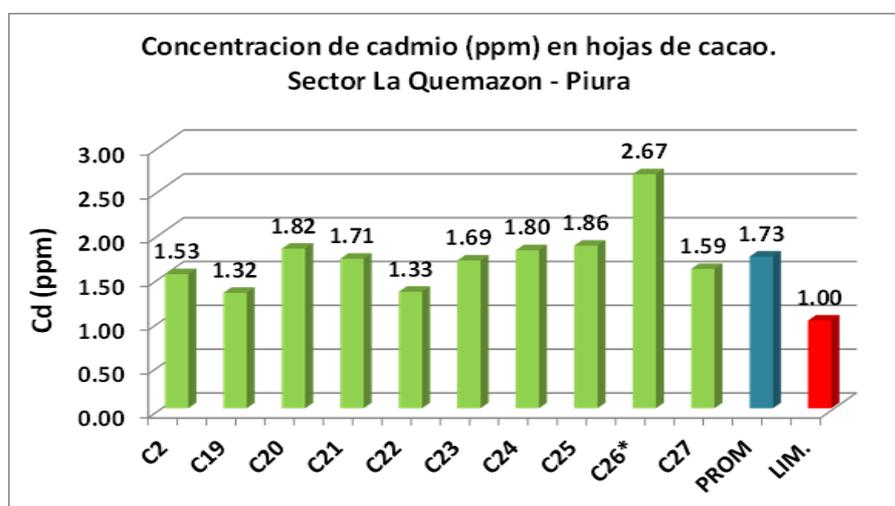


Grafico 09: Concentración de Cadmio en tejido foliar, sector La Quemazón

Los resultados de tejido foliar se comparan con un nivel crítico de 1 ppm, propuesto para ser tomado como punto de referencia en tejidos foliares, de acuerdo a investigaciones realizadas (Mite et. al. 2010)

En función de ello se aprecia que todas las muestras superan dicho nivel crítico, esperando por ello niveles altos de cadmio en almendras.....

Es importante reconocer que el sector La Quemazón constituye uno de los sectores donde se encuentran las concentraciones más bajas de cadmio en tejido foliar de la sub cuenca.

4.1.5. Concentración de cadmio en almendras

Los resultados de análisis de la Concentración de cadmio en almendras de cacao de las organizaciones ubicadas en la sub cuenca del Rio Bigote, fueron comparados con el estándar de calidad establecido por el Codex Alimentarius y por la Legislación de la Unión Europea vigente, que corresponde a un valor de 0.6 mg/Kg. A continuación se comenta sobre los resultados y niveles encontrados en los sectores Los Ranchos, Barrios, La Quemazón.

4.1.5.1. Concentración de cadmio en almendras secas de cacao en sector Ranchos.

De acuerdo a los resultados de análisis de laboratorio cuadro 13 , con los que se ha elaborado el Gráfico 10, se puede apreciar que todas las muestras superan el estándar de calidad en almendras de cacao, de 0.6 ppm. El promedio de la concentración en el sector es de 1.4 ppm, encontrándose un rango de 0.86 a 2.32 ppm.

Se asume que los rangos superiores de cadmio en relación al valor estándar, se debe a la influencia del elemento hídrico empleado para el mantenimiento del cultivo y que va a permitir el desarrollo de los diferentes procesos fisiológicos de la planta, desde su sistema radicular hasta la formación y conformación del fruto así mismo hay que destacar la disponibilidad del cadmio en el tejido foliar del cultivo.

Cuadro 18: Resultados de análisis de laboratorio en almendras secas, sector Los Ranchos.

Propietario	codigo	coordenadas	Cd(ppm)
Pintado Palacios Cristian	C5	9422984	2.19
		651231	
Concha Garcia Karina	C7	9421926	1.04
		650394	
Huamán Guerrero Yery	C8	9421676	0.86
		649776	
Guerrero Roman Leopoldo	C9	9419591	2.32
		649498	
Flores Coello Joaquina	C11	9420031	0.96
		649130	
Herrera Naira Cruz Maria	C12	9419916	1.03
		648373	

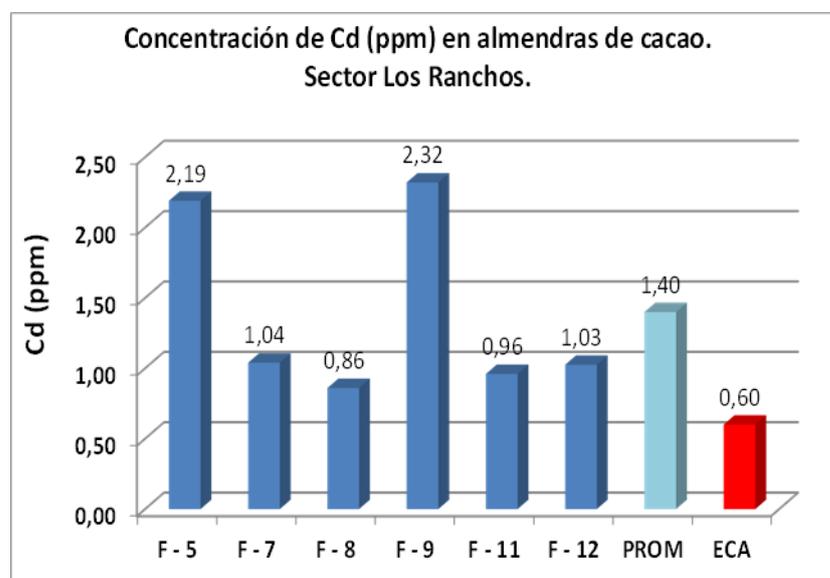


Grafico 10: Concentración de cadmio en almendras secas, sector Los Ranchos

4.1.5.2. Concentración de cadmio en almendras secas de cacao sector Barrios

Tomando en cuenta los resultados de análisis de laboratorio Cuadro 14 , con los cuales se ha elaborado el Gráfico 11, se puede apreciar que todas las muestras superan el estándar de calidad en almendras de cacao, de 0.6 ppm. El promedio de la concentración en el sector es de 0.84 ppm, encontrándose un rango de 0.55 a 1.27 ppm.

Los resultados obtenidos se justifican en base al comentario establecido por el sector los Ranchos mediante la influencia del agua y de la presencia de cadmio en el tejido foliar

Cuadro 19: Resultados de análisis de laboratorio en almendras secas, sector Barrios

Propietario	codigo	coordenadas	Cd(ppm)
Camizan Alfonso	C3	9415301	0.640
		644183	
Concha Huamán Abad	C14	9415897	0.550
		646387	
Aponte Huaman Faustino	C15	9413562	1.140
		643449	
Puelles Julca Pedro	C16	9416011	0.650
		645121	
Aponte Paz Luiz Ivan	C17	9414174	1.270
		643527	
Zurita Tamariz Felix	C18	9414752	0.790
		643786	

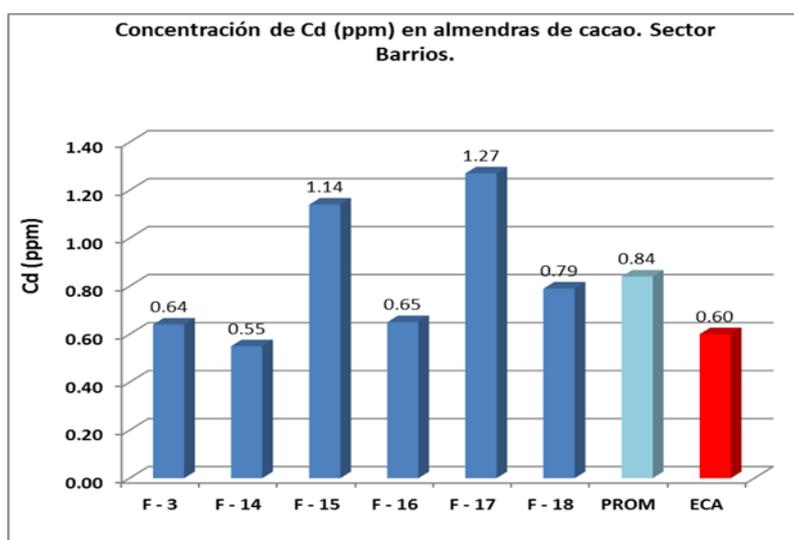


Grafico 11: Concentración de cadmio en almendras secas, sector Barrios

4.1.5.3. Concentración de cadmio en almendras secas de cacao en sector La Quemazón

Los resultados de análisis de laboratorio Cuadro 15, han permitido elaborar el gráfico 12, donde se puede apreciar que todas las muestras superan el estándar de calidad en almendras de cacao, de 0.6 ppm. El promedio de la concentración en el sector es de 0.96 ppm, encontrándose un rango de 0.61 a 1.27 ppm.

Cuadro 20: Resultados de análisis de laboratorio en almendras secas, sector La Quemazón.

Propietario	codigo	coordenadas	Cd(ppm)
Guerrero Alvarado Magno Manuel	C2	9411547	1.270
		640434	
Moreno Reyes Dionicio	C20	9412024	0.820
		643027	
Santos Garcia Luis	C21	9413935	0.90
		642885	
Peña Adriancen Santos	C22	9413956	0.605
		643292	
Riega Visueta Albino	C23	9413320	0.830
		642543	
Jimenez Sandoval Pedro	C24	9412906	1.180
		642441	
Espinoza Tamariz Eduardo	C26	9411930	1.180
		642466	
Bruno Huaman Nativida	C27	9410668	0.900
		641667	

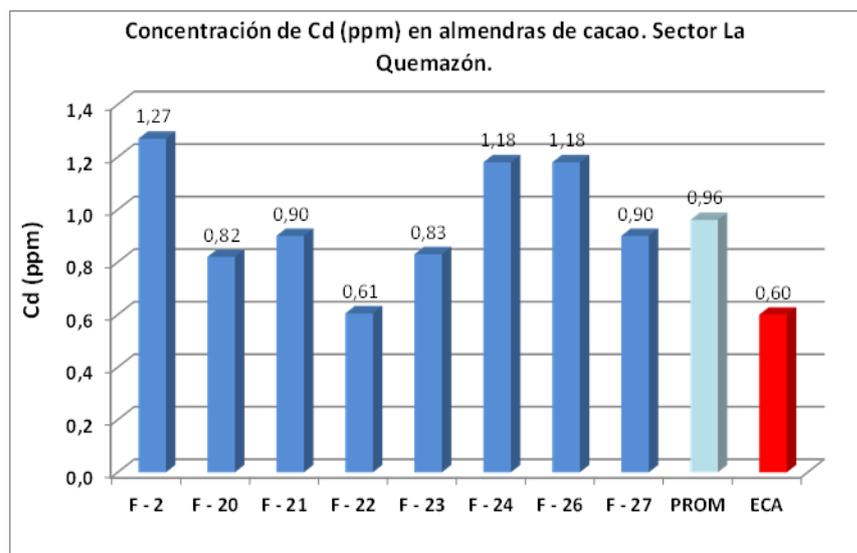


Grafico 12: Concentración de cadmio en almendras secas sector Quemazón

4.1.6. Regresiones y correlaciones

4. Elaboración de matrices del contenido de cadmio en los diferentes componentes del sistema

El principal insumo para interpretación del contenido de cadmio son los resultados de análisis de laboratorio de almendras secas, suelo, agua, tejido foliar, se elaboraran cuadros de doble entrada a manera de matrices que permitirán organizar la información provenientes de los resultados de análisis estadístico.

5. Regresión lineal simple

Se calculara la ecuación de regresión lineal simple mediante el método de cálculo de los mínimos cuadrados, a partir de la cual se determinara la línea promedio de respuesta relacionada con la variación de una unidad de la variable independiente (X_i) y su respuesta en unidades de variable dependiente (Y_i).

A partir de dicha información se calcula, por el método de los mínimos cuadrados, el coeficiente de regresión, la variancia, la covariancia y la ecuación de regresión; también se calcula el coeficiente de correlación (r) que determina el grado de asociación entre las dos variables, y el coeficiente de determinación (r^2) que determina la proporción de la variación de la variable dependiente (contenido de Cd en almendras), debido a la variación de la variable independiente (contenido de Cd en el medio) en el suelo.

Determinación del coeficiente de regresión:

$$b = \frac{s(X_i - \bar{p}_x)(Y_i - \bar{p}_y)}{S(X_i - \bar{p}_x)^2}$$

Determinación de la variancia :

$$\frac{S(X_i - \bar{p}_x)^2}{n - 1}$$

Determinación de la covariancia

$$\frac{S(X_i - \bar{p}_x)(Y_i - \bar{p}_y)}{n - 1}$$

Determinación del coeficiente de correlación (r)

$$r = \frac{S(X_i - \bar{p}_x)(Y_i - \bar{p}_y)}{rc(sc\ de\ X \cdot sc\ de\ Y)}$$

Determinación coeficiente de determinación (r)²

$$(r)^2$$

Ecuación de regresión

$$Y = ax + b$$

❖ Matrices para el cálculo de las ecuaciones de regresión.

A continuación se presenta de manera organizada por sectores, los resultados de análisis de los diferentes componentes del sistema, los cuales serán procesados por el método estadístico descrito en el capítulo anterior.

- Matrices para el cálculo de las ecuaciones de regresión en sectores de la sub cuenca Rio Bigote

Cuadro 21: Matriz de valores de concentración de cadmio por componentes en el Sector Los Ranchos.

Los Ranchos	Código	Frutos	Foliar	Suelos	Agua
		Cd(ppm)	Cd(ppm)	Cd(ppm)	Cd(ppm)
	F-5	2.19	4.795	0.175	0.019
	F-6	1.04	2.06	0.165	0.028
	F-8	0.86	2.215	0.15	0.028
	F-9	2.32	2.689	0.15	0.016
	F-11	0.96	2.188	0.12	0.036
	F-12	1.03	1.7	0.13	0.055
	PROM	1.4	2.61	0.15	0.03
	ECA	0.6	1	1.4	0.005

Cuadro 22: Matriz de valores de concentración de cadmio por componentes en el Sector Barrios.

Barrios	Codigo	Frutos	Foliar	Suelos	Agua
		Cd (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cd (ppm)
	F-3	0.64	0.981	0.16	0.016
	F - 14	0.55	3.53	0.155	0.039
	F - 15	1.14	1.745	0.145	0.039
	F - 16	0.65	1.719	0.13	0.039
	F - 17	1.27	2.386	0.085	0.039
	F - 18	0.79	1.952	0.065	0.039
	PROM	0.84	2.05	0.12	0.035
	ECA	0.6	1	1.4	0.005

Cuadro 23: Matriz de valores de concentración de cadmio por componentes en el Sector LaQuemazón.

Quemazón	Código	Frutos	Foliar	Suelos	Agua
		Cd (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cd (ppm)
	F-2	1.27	1.53	0.08	0.041
	F - 20	0.82	1.821	0.025	0.041
	F - 21	0.9	1.706	0.24	0.041
	F - 22	0.61	1.329	0.37	0.041
	F - 23	0.83	1.686	0.41	0.041
	F - 24	1.18	1.803	0.49	0.041
	F - 26	1.18	2.67	0.44	0.041
	F - 27	0.9	1.59	0.295	0.041
	PROM	0.96	1.77	0.29	0.041
	ECA	0.6	1	1.4	0.005

4.1.7. Resultados del análisis de regresión y correlación.

A continuación se presentan los resultados del análisis de regresión lineal y correlación de la concentración de cadmio en las almendras de cacao, con el contenido integrado de cadmio en los diferentes componentes del sistema (suelo, agua y tejido foliar) en la subcuenca Rio Bigote, así como en los diferentes sectores del ámbito de estudio.

Se hicieron diferentes pruebas de correlación y la mejor presentación de los resultados en función de la asociación entre variables dependientes e independientes, así como la determinación entre ambas se vio reflejada en el valor integrado de los aportes de todos los elementos del sistema, para lo cual se hizo el análisis que se presenta a continuación.

Cuadro 24. Síntesis de los resultados de regresión, coeficiente de correlación y coeficiente de determinación en cada uno de los sectores estudiados

Región	Nº	Sectores	Ecuación de regresión	r	r ²
Piura	1	Los Ranchos	$Y = 0.434X + 0.187$	0.732	0.535
	2	Barrios	$Y = 0.185X + 0.527$	0.867	0.752
	3	La Quemazón	$Y = 0.351X + 0.156$	0.809	0.655

4.1.7.1. Resultados de regresión y correlación del Sector Los Ranchos.

En el sector Los Ranchos la ecuación de regresión indica que por cada unidad en mg/kg de concentración de cadmio en el sistema hay una acumulación de 0.44 mg/kg de almendras de cacao, además se observa una alta correlación de 73%, lo que indica una alta asociación entre el contenido de cadmio en las almendras de cacao y el contenido de cadmio en los componentes del agroecosistema.

Del análisis de regresión se puede apreciar que por cada unidad de cadmio presente en el sistema, hay una acumulación de 0.29 mg/kg de cadmio en las almendras de cacao, el coeficiente de correlación (r) es alto presenta un coeficiente de determinación (r²) de 0.54, lo que significa un valor alto, que explica las condiciones favorables que se presentan en el sistema, para que metabólicamente ocurra el flujo continuo del elemento hacia el fruto cosechado.

En el gráfico se puede apreciar que la mayor absorción de cadmio en las almendras se da por una concentración de 1 a 6.5 mg/kg en el sistema, lo que explica una absorción de 0.4 a 3.4 mg/kg en el producto cosechado, ello explicado por la absorción determinada en el 85% de los resultados del análisis representado en la línea de regresión del gráfico anterior.

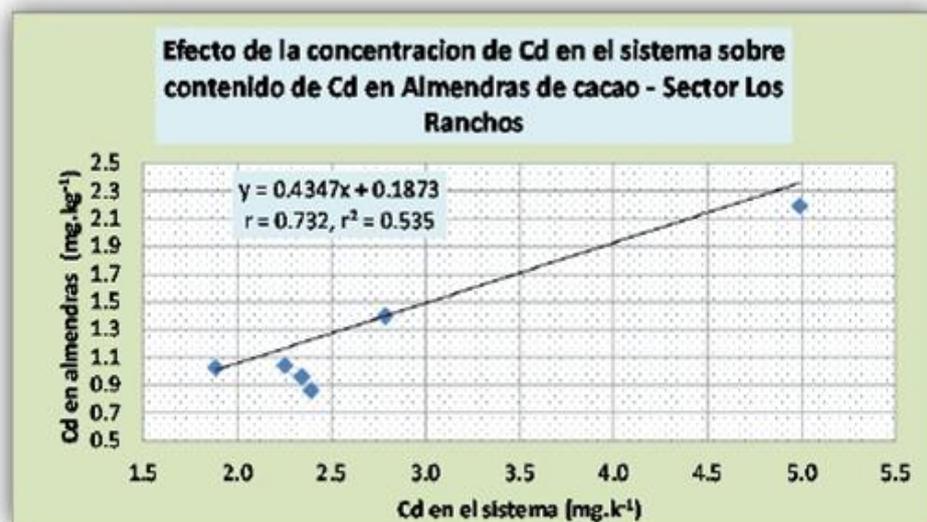


Grafico 13: Concentración de cadmio en el sistema, sobre contenido de cadmio en almendras de cacao. Sector los Ranchos

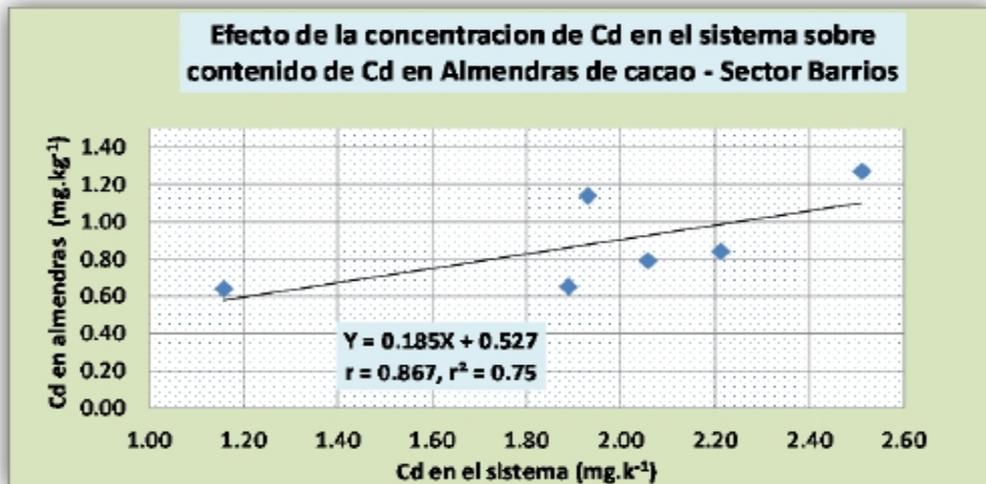
La proporción en la variación del contenido de cadmio en las almendras de cacao por efecto de la concentración de cadmio en el agroecosistema, es de 54%, definido por el coeficiente de determinación, lo cual indica las condiciones favorables para el flujo metabólico del elemento desde el suelo hasta el fruto.

4.1.7.2. Resultados de regresión y correlación del Sector Barrios

En el sector Barrios, se presenta un alto grado de asociación entre la concentración de cadmio en las almendras de cacao y la concentración de cadmio en el suelo, agua, abonos, los cuales van a concentrarse en las hojas como principal fuente de cadmio a las almendras. Ante una mayor concentración de cadmio en el medio se produce una mayor concentración de cadmio en las almendras, la ecuación de regresión indica que por cada unidad de cadmio en el sistema (mg.kg^{-1}) se acumula 0.185 mg.kg^{-1} de cadmio en las almendras.

El coeficiente de correlación (r) indica una alta asociación de 86.7% entre la concentración de cadmio en las almendras y la concentración de cadmio en los componentes del sistema. El coeficiente de determinación (r^2) indica que hay una variación de 75% en la concentración de cadmio en las almendras por la variación del cadmio en el sistema.

Los resultados del análisis de regresión, indican que las condiciones de acumulación de cadmio en las almendras de cacao son favorables, para reafirmar dicha aseveración, es necesario hacer pruebas estadísticas con las características del suelo relacionadas con la disponibilidad del cadmio soluble para su absorción por las raíces de la planta. También es importante mencionar el factor planta, relacionado con el carácter genético, para la absorción diferencial de algunas selecciones clonales con diferente capacidad de absorción de cadmio frente a otras.

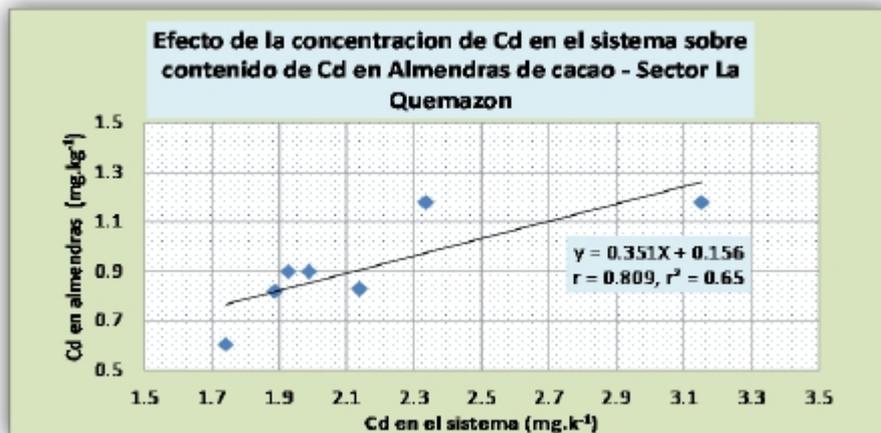


14: Concentración de cadmio en el sistema, sobre contenido de cadmio en almendras de cacao. Sector Barrios.

4.1.7.3. Resultados de regresión y correlación del sector La Quemazon.

En el sector La Quemazón, se presenta un alto grado de asociación entre la concentración de cadmio en las almendras de cacao y la concentración de cadmio en el suelo, agua y abonos, los cuales van a concentrarse en las hojas como principal fuente de cadmio que fluye hacia las almendras. Ante una mayor concentración de cadmio en el medio se produce una mayor concentración de cadmio en las almendras, la ecuación de regresión indica que por cada unidad de cadmio en el sistema (mg.kg⁻¹) se acumula 0.351 mg.kg⁻¹ de cadmio en las almendras.

Es importante mencionar el factor planta, relacionado con el carácter genético, para la absorción de algunas selecciones clonales, las cuales tienen diferente capacidad de absorción de cadmio que otras, lo cual puede explicar parte del porcentaje de absorción no explicado en el presente trabajo de investigación.



contenido de cadmio en almendras de cacao. Sector La Quemazón

4.1.7.4. Resultados de regresiones y correlaciones de cadmio en almendra con los diferentes elementos del agrosistema .

Cuadro 25: Coeficiente Regresión y correlación del contenido de cadmio en almendra con el contenido de cadmio en el suelo

CODIGO	Cd ALMENDRA (ppm)	Cd SUELO (ppm)	COEF. CORRELACION	REGRESION
C5*	2.19	0.18	-0.07	Y=-0.238X+1.117
C7	1.04	0.17		R2 = 0.004
C8	0.86	0.15		
C9	2.32	0.15		
C11*	0.96	0.12		
C12	1.03	0.13		
C3*	0.64	0.16		
C14*	0.55	0.16		
C15	1.14	0.15		
C16	0.65	0.13		
C17	1.27	0.085		
C2	1.27	0.08		
C20	0.82	0.025		
C21	0.9	0.08		
C22	0.605	0.405		
C23	0.83	0.365		
C24	1.18	0.49		
C26*	1.18	0.44		
C27	0.9	0.295		

No existe asociación significativa entre la variable dependiente, contenido de Cd en almendra, con la variable independiente, contenido de Cd en el suelo. El coeficiente de correlación es bajo, $r=0.07$.

De igual manera, el $R^2 = 0.04$, nos indica un 4% de probabilidad de acertar en el pronóstico de los niveles de Cd en la almendra basados en el nivel de Cd en el suelo

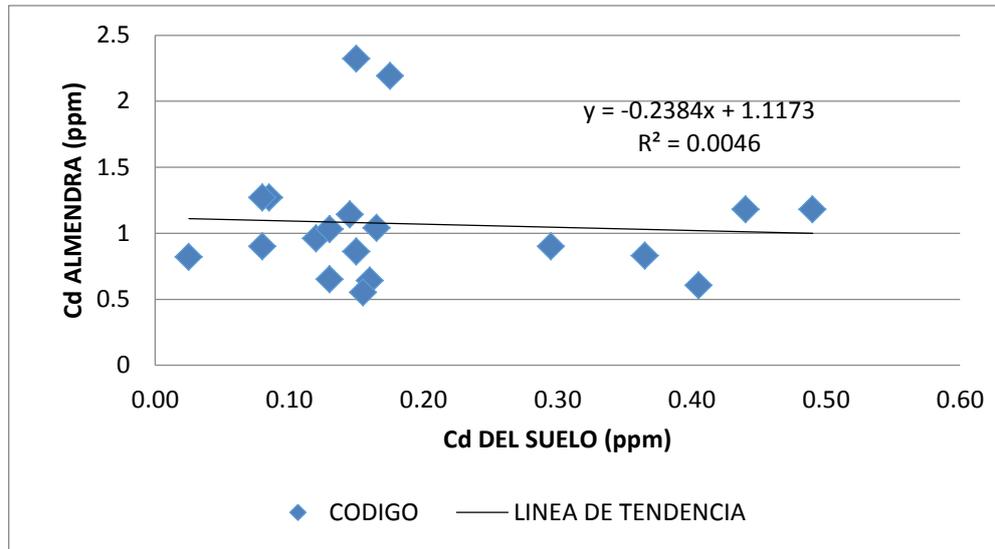


Grafico 16: Regresión y correlación de cadmio en almendra con cadmio en el suelo.

4.1.7.5. Cadmio en almendras secas de cacao vs. Características químicas del suelo

Con respecto a los niveles de Cd en la almendra del cacao VS algunas características químicas del suelo, el análisis estadístico determinó valores de coeficientes de correlación de -0.22 y -0.27 para pH y CE respectivamente, los cuales son bajos para representar una asociación entre variables.

Así mismo el r (0.41) para la variable independiente MO es positivo y muestra un grado medio de asociación entre el Cd en almendra y el contenido de MO en el suelo. El coeficiente de regresión es 0.17. En el caso de la CIC, éste muestra una asociación débil con la variable Cd en almendra.

Cuadro 26: Coeficiente de Regresión y correlación del contenido de cadmio en almendra con las características químicas del suelo.

CODIGO	Cd ALMENDRA (ppm)	PH	C.E. (dS/m)	M.O. (%)	CIC (meq/100g)
C5*	2.19	5.895	0.165	2.24	18.4
C7	1.04	6.64	0.31	2.785	20.2
C8	0.86	6.315	0.265	2.5	28.4
C9	2.32	6.265	0.265	2.33	24.4
C11*	0.96	5.84	0.19	1.5	20
C12	1.03	6.345	0.22	2.445	24
C3*	0.64	6.97	0.61	0.875	17.5
C14*	0.55	6.12	0.25	1.32	19.76
C15	1.14	6.94	0.265	2.43	16.96
C16	0.65	6.75	0.165	0.975	9.2
C18	0.79	6.255	0.305	1.56	12.16
C2	1.27	7.52	0.245	0.945	10.48
C20	0.82	6.295	0.21	1.22	12.96
C21	0.9	6.89	0.22	2.02	12.32
C24	1.18	6.81	0.175	1.22	9.44
C26*	1.18	6.535	0.24	1.465	18.64
C27	0.9	7.105	0.325	1.62	15.44
COFIC. DE CORRELACION (r)		-0.22	-0.27	0.41	0.25
ECUACION	Y = -0.23X + 2.608	Y = -1.294X + 1.42	Y = 0.319X + 0.530	Y = 0.022X + 0.707	
R ²	0.046		0.074	0.167	0.063

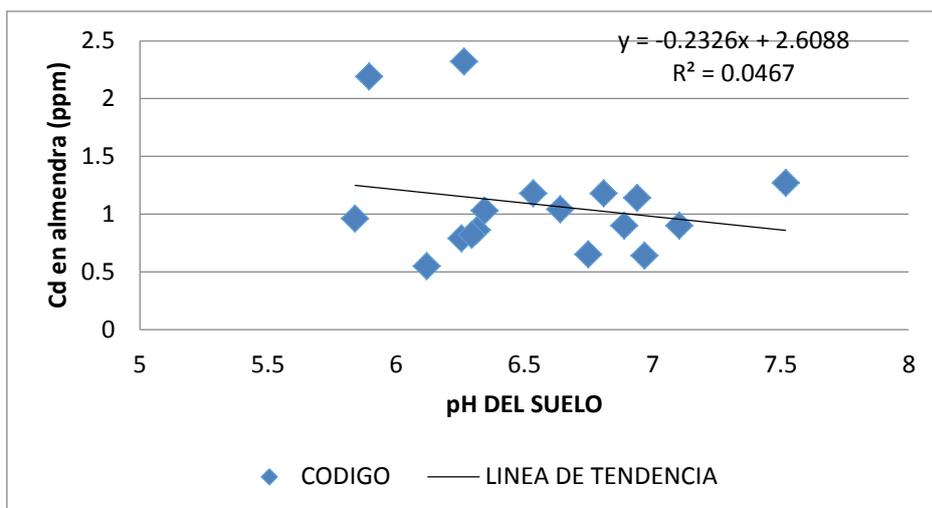


Gráfico 17: Regresión y correlación de cadmio en almendra con el pH del suelo

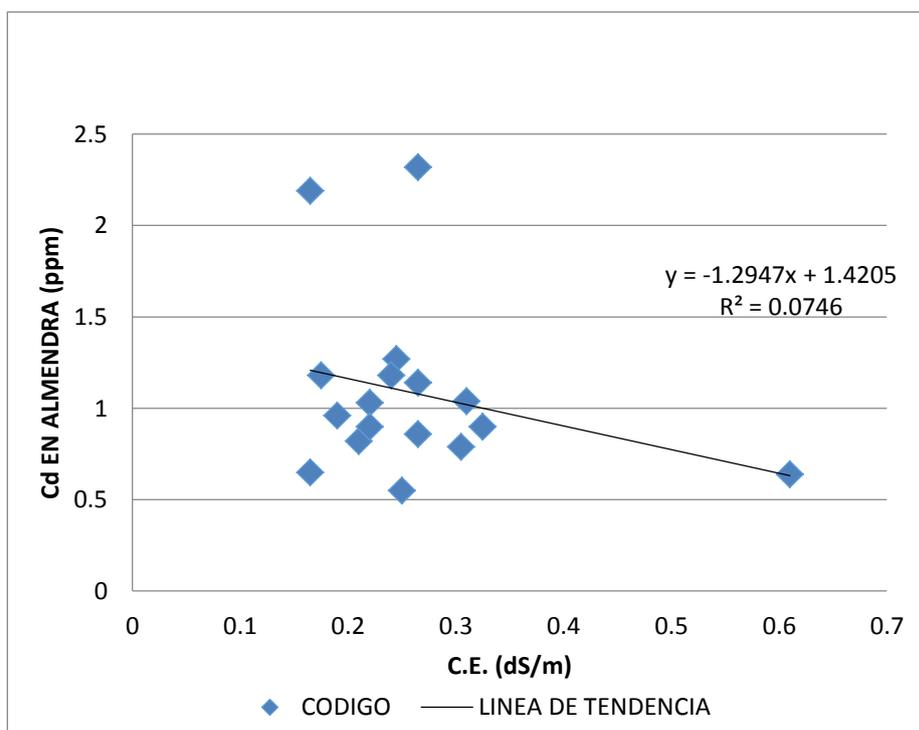


Gráfico 18: Regresión y correlación de contenido de cadmio en almendra con la C.E. del suelo

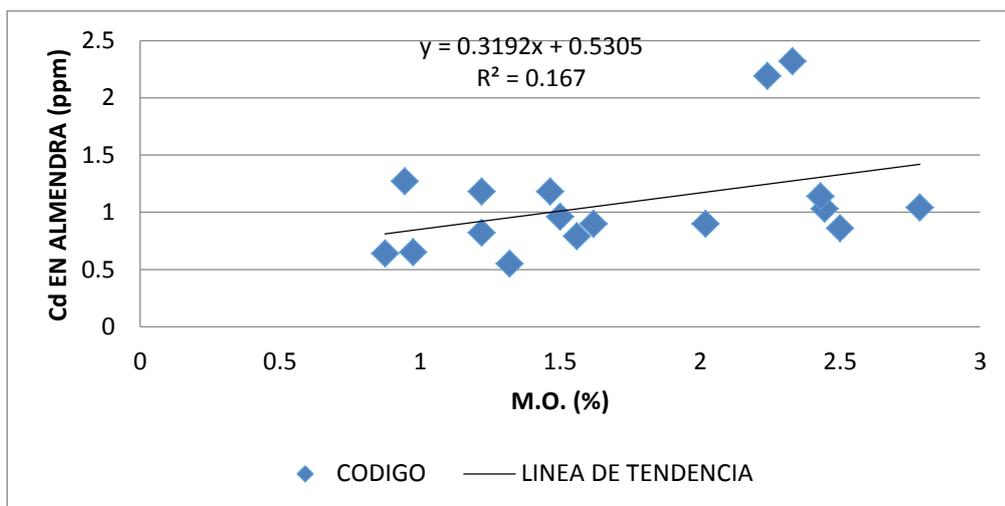


Gráfico 19: Regresión y correlación de contenido de cadmio en almendra con la Materia orgánica del suelo.

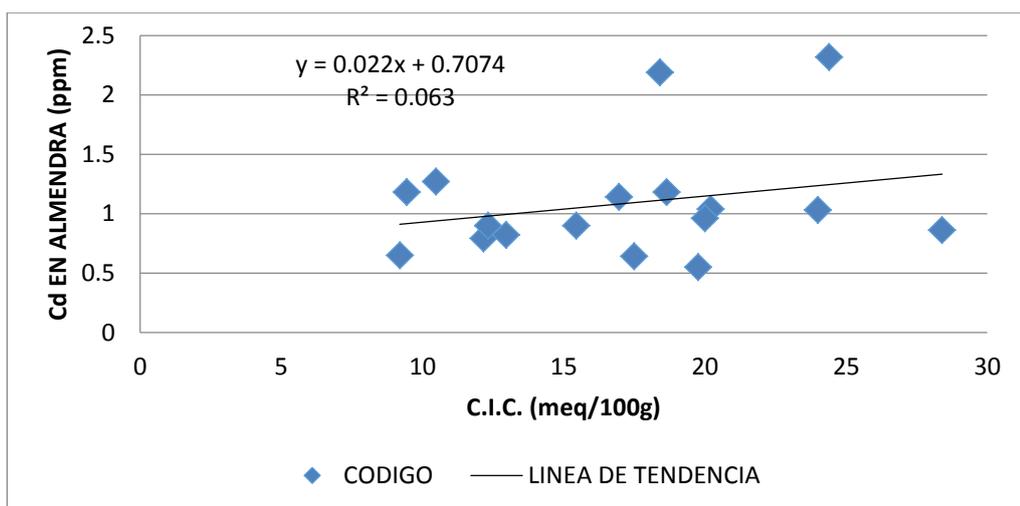


Gráfico 20: Regresión y correlación de contenido de cadmio en almendra con la CIC del suelo.

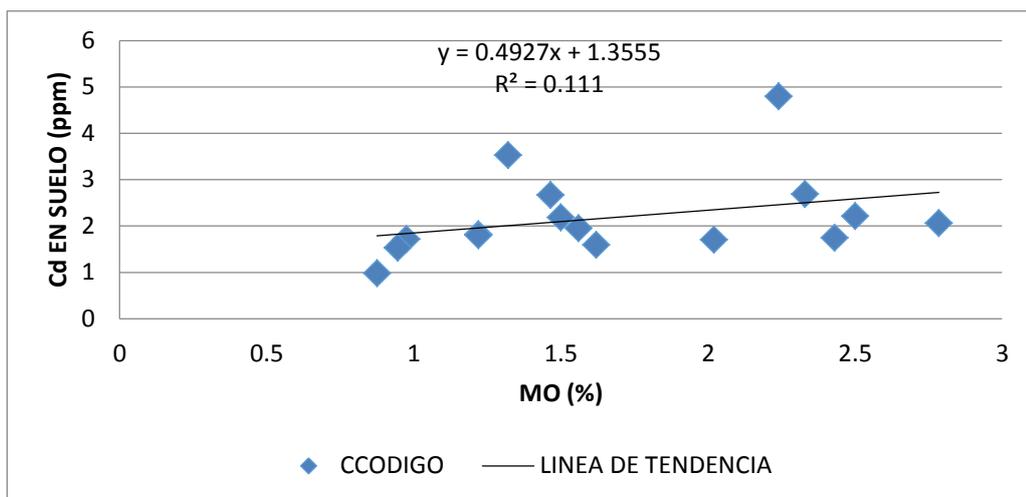


Gráfico 21: Regresión y correlación de contenido de cadmio en el suelo con la Materia orgánica del suelo.

4.1.7.6. resultado de regresión y correlación del cadmio en tejido foliar vs cadmio en agua de riego

Cuando se analiza el coeficiente de correlación y de regresión de las variables Cd en tejido vegetal vs Cd en el agua de riego, se observa la misma tendencia observada en la correlación y regresión de las variables Cd en almendra de cacao vs Cd agua de riego, lo cual demuestra la consistencia de este comportamiento. Es decir se observa un r medio y negativo y un R^2 de 0.21 que nos indica que si conocemos el nivel de Cd en el agua de riego, podemos mejorar en un 21% nuestro pronóstico del nivel de Cd en los tejidos vegetales

Cuadro 27: Coeficiente de Regresión y correlación del contenido de cadmio en el tejido foliar con el contenido de cadmio en agua de riego.

CODIGO	CD (PPM) TEJ. FOLIAR	CD AGUA DE RIEGO (PPM)	COEFICIENTE DE CORRELACION Y REGRESION
C5*	4.795	0.019	$r = -0.46$ $R^2 = 0.215$ $Y = 32.09X + 3.468$
C9	2.689	0.016	
C12	1.7	0.023	
C3*	0.981	0.055	
C14*	3.53	0.039	
C16	1.719	0.023	
C17	2.386	0.027	
C20	1.821	0.064	
C21	1.706	0.042	

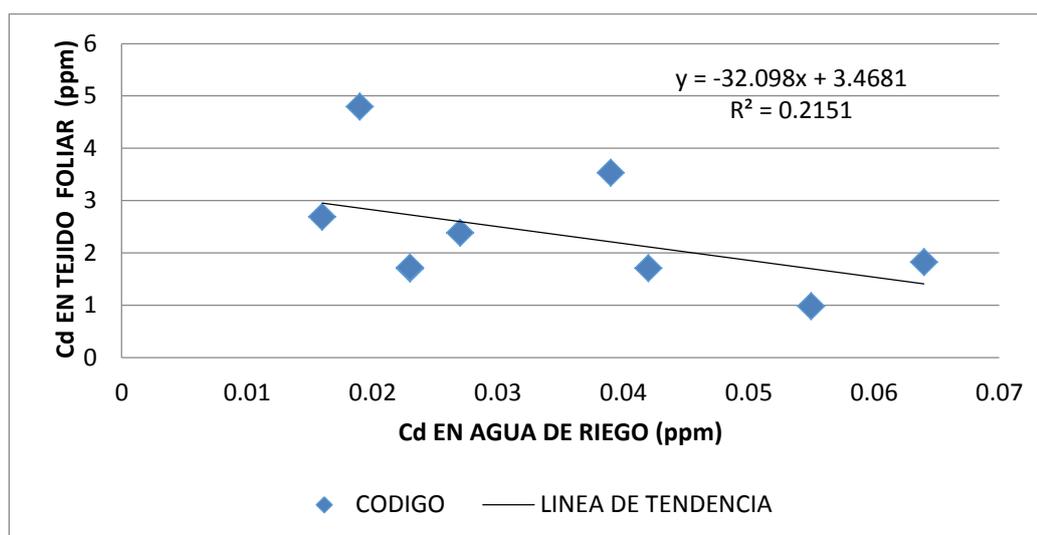


Gráfico 22: Regresión y correlación del contenido de cadmio en el tejido foliar con el contenido de cadmio en agua de riego.

4.1.7.7. cadmio en tejido foliar vs cd en suelo

No existe asociación significativa entre la variable contenido de Cd en almendra, con la variable contenido de Cd en el suelo. El coeficiente de correlación es bajo, $r=-0.07$.

De igual manera, el $R^2 = 0.04$, nos indica un 4% de probabilidad de acertar en el pronóstico de los niveles de Cd en el tejido vegetal basados en el nivel de Cd en el suelo.

También se observa la misma relación que existe entre las variables almendra vs suelo.

Cuadro 28: Coeficiente de Regresión y correlación del contenido de cadmio en el tejido foliar con el contenido de cadmio en el suelo.

CODIGO	CD (PPM) TEJ. FOLIAR	CD EN SUELO (PPM)	COEFICIENTE DE CORRELACION Y REGRESION
C5*	4.795	0.175	$r = -0.07$
C7	2.06	0.165	$R^2 = 0.004$
C8	2.215	0.15	$Y = -0.451X + 2.201$
C9	2.689	0.15	
C11*	2.188	0.12	
C12	1.7	0.13	
C3*	0.981	0.16	
C14*	3.53	0.155	
C15	1.745	0.145	
C16	1.719	0.13	
C17	2.386	0.085	
C2	1.53	0.08	
C20	1.821	0.025	
C21	1.706	0.08	
C22	1.329	0.405	
C23	1.686	0.365	
C24	1.803	0.49	
C26*	2.67	0.44	
C27	1.59	0.295	

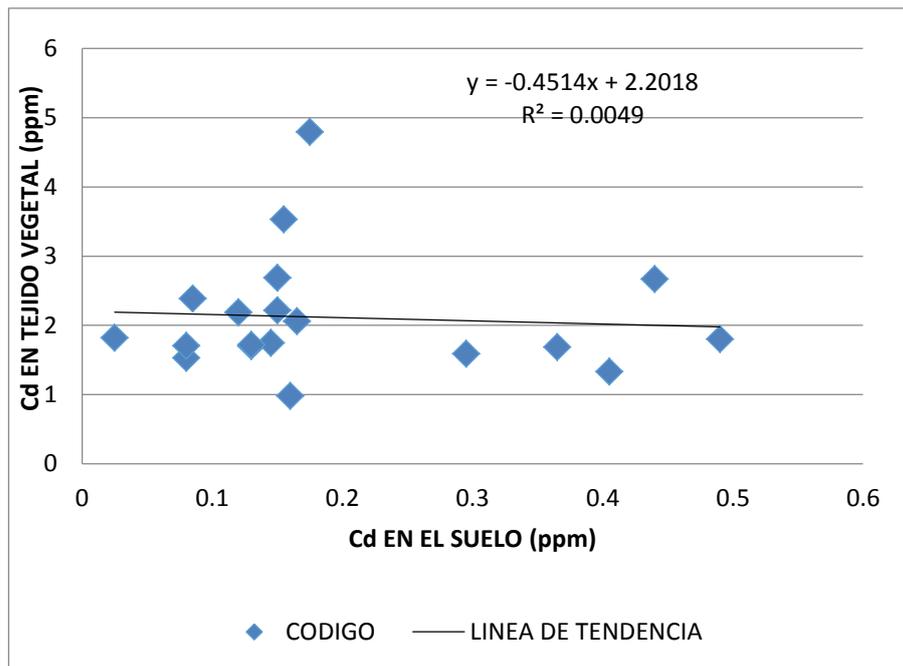


Grafico 23: Regresión y correlación del contenido de cadmio en el tejido foliar con el contenido de cadmio en agua de riego.

4.1.7.8. Cadmio en tejido vegetal vs características químicas del suelo

Con respecto a los niveles de Cd en tejido foliar vs algunas características químicas del suelo, el análisis estadístico determinó valores de coeficientes de correlación de -0.68 y -0.44 para pH y CE respectivamente, los cuales indican una asociación media entre variables.

Así mismo el Coeficiente de correlación de 0.33 para la variable independiente MO y 0.49 para CIC muestra un grado medio de asociación entre el Cd en tejido vegetal y el contenido de MO en el suelo. El coeficiente de regresión es 0.11 y 0.24 para estas variables

Cuadro 29: Coeficiente de Regresión y correlación del contenido de cadmio en el tejido foliar con las características químicas del suelo.

CODIGO	CD TEJ. FOLIAR	PH	C.E. (dS/m)	M.O. (%)	CIC (meq/100g)
C5*	4.795	5.895	0.165	2.24	18.4
C7	2.06	6.64	0.31	2.785	20.2
C8	2.215	6.315	0.265	2.5	28.4
C9	2.689	6.265	0.265	2.33	24.4
C11*	2.188	5.84	0.19	1.5	20
C3*	0.981	6.97	0.61	0.875	17.5
C14*	3.53	6.12	0.25	1.32	19.76
C15	1.745	6.94	0.265	2.43	16.96
C16	1.719	6.75	0.165	0.975	9.2
C18	1.952	6.255	0.305	1.56	12.16
C2	1.53	7.52	0.245	0.945	10.48
C20	1.821	6.295	0.21	1.22	12.96
C21	1.706	6.89	0.22	2.02	12.32
C24	1.803	6.81	0.175	1.22	9.44
C26*	2.67	6.535	0.24	1.465	18.64
C27	1.59	7.105	0.325	1.62	15.44
(r)		-0.22	-0.27	0.41	0.25
ECUACION		$Y=1.339x+10.98$	$Y=-3.753X+3.173$	$Y=0.4929X+1.355$	$Y=0.0077X+0.942$
(R ²)		0.49	0.19	0.11	0.24

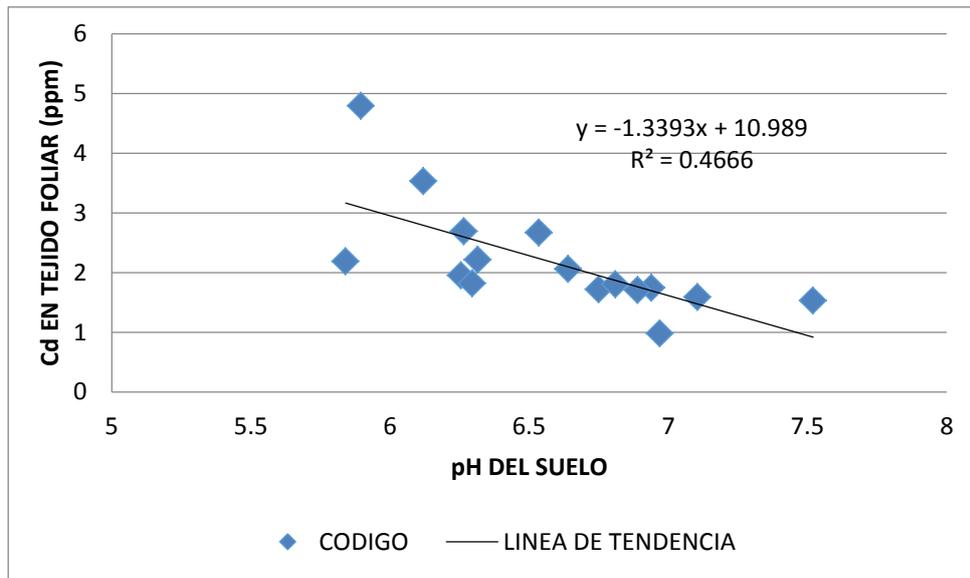


Grafico 24: Regresión y correlación del contenido de cadmio en el tejido foliar con el pH del suelo.

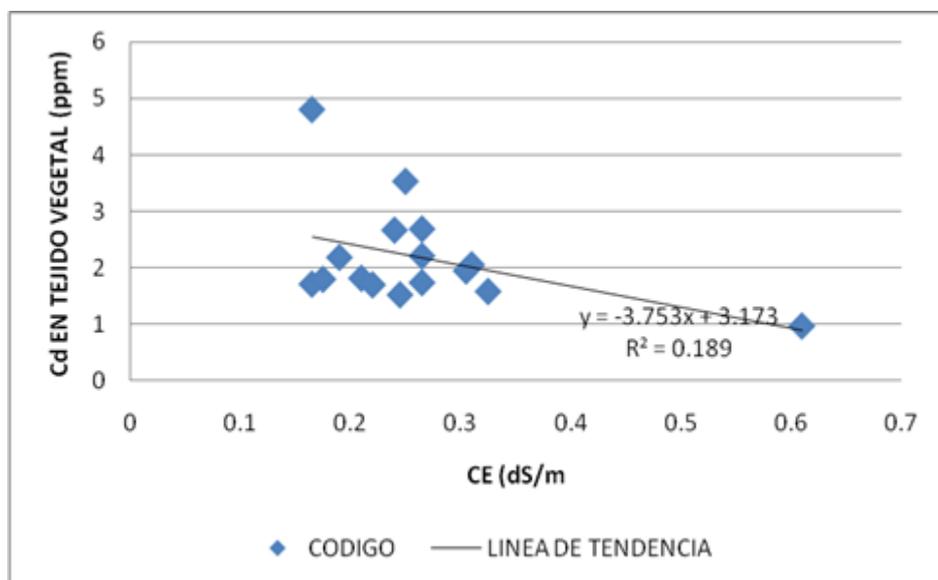


Grafico 25: Regresión y correlación del contenido de cadmio en el tejido foliar con la CE del suelo.

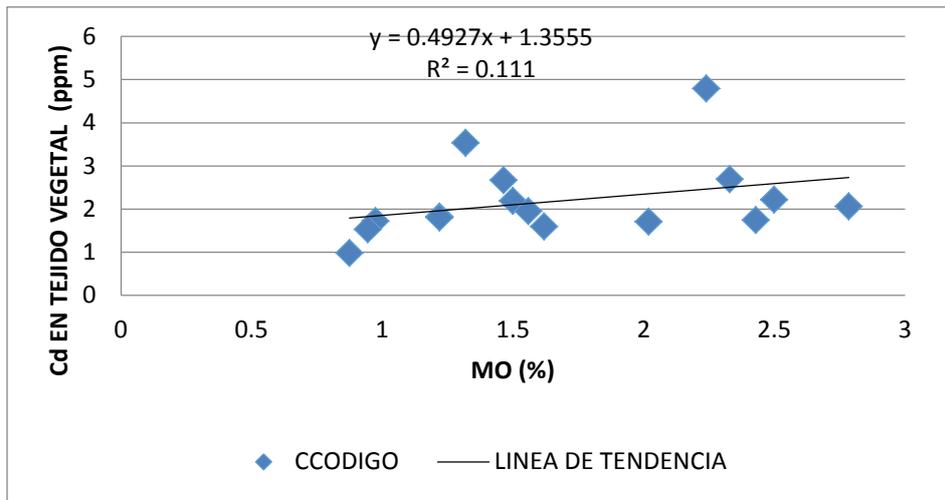


Grafico 26: Regresión y correlación del contenido de cadmio en el tejido foliar con la Materia orgánica del suelo.

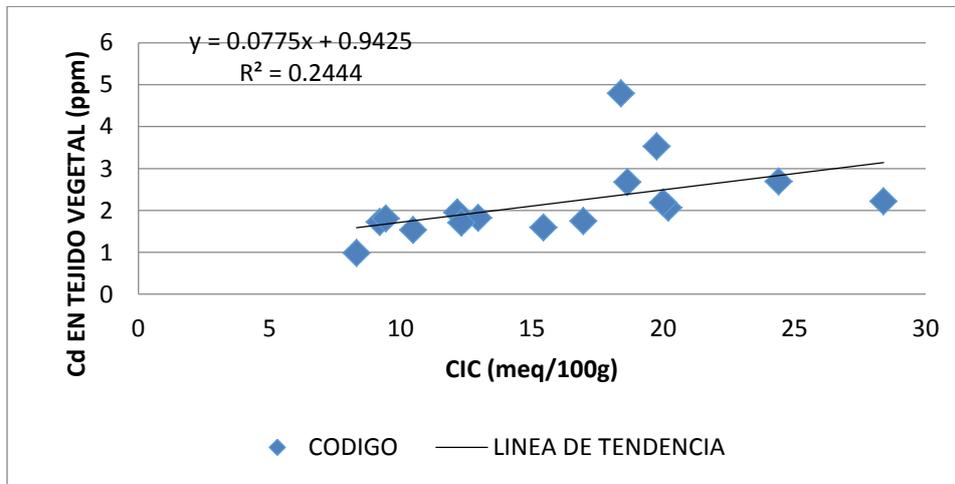


Grafico 27: Regresión y correlación del contenido de cadmio en el tejido foliar con la CIC del suelo.

4.1.7.9. Cadmio en almendra vs cadmio en tejido foliar

Cuadro 30: Coeficiente de Regresión y correlación del contenido de cadmio en almendra con el contenido de cadmio en el tejido foliar

CODIGO	CD ALMENDRA (PPM)	CD TEJIDO FOLIAR (PPM)	R
C5*	2.19	4.795	0.58
C7	1.04	2.06	
C8	0.86	2.215	
C9	2.32	2.689	
C11*	0.96	2.188	
C12	1.03	1.7	
C3*	0.64	0.981	
C14*	0.55	3.53	
C15	1.14	1.745	
C16	0.65	1.719	
C17	1.27	2.386	
C18	0.79	1.952	
C2	1.27	1.53	
C20	0.82	1.821	
C21	0.9	1.706	
C22	0.605	1.329	
C23	0.83	1.686	
C24	1.18	1.803	
C26*	1.18	2.67	
C27	0.9	1.59	

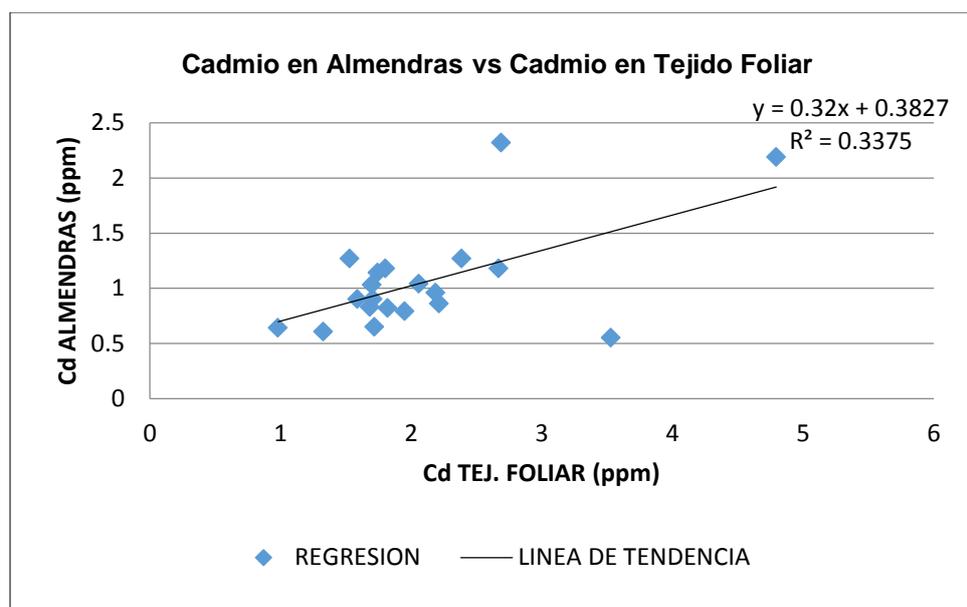


Grafico 28: Regresión y correlación del contenido de cadmio en almendra con el contenido de cadmio en el tejido foliar

4.2. Contratación de Hipótesis

Con la determinación de los niveles de cadmio presentes en los granos secos de cacao de las organizaciones socias de CEPICAFE de la subcuenca del rio Bigote se pudo determinar que estos están con valores mayores a los límites establecidos por la Unión Europea.

Desde la ejecución desarrollada a lo largo del proyecto de investigación y con la información obtenida mediante los análisis y la correlación de los factores agroecológicos analizados se establece:

Que las características químicas como el materia orgánica (MO) y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) tienen mayor incidencia en la acumulación del elemento cadmio en los granos de cacao.

CONCLUSIONES.

Bajo las condiciones en las que se ha desarrollado el presente trabajo de investigación, se concluye:

1. La zona de mayor contenido de cadmio en los granos secos del cacao fue la zona de la organización Los Ranchos con un valor promedio de 1.4 ppm., y la menor contenido es la zona de Barrios con un valor promedio de 0.84 ppm.
2. La fuente contaminante que influye en la presencia de cadmio en los granos secos del cultivo de cacao en las organizaciones asociadas a CEPICAFE de la sub cuenca Rio Bigote es el suelo.
3. De acuerdo al análisis de las regresiones y correlaciones se establece que la Materia orgánica y la Capacidad de intercambio cationico son los factores agroecológicos que inciden en la presencia del cadmio en los granos secos del cacao.
4. Los niveles de cadmio presentes en los granos secos del cacao fueron: Sector Barrios en el rango de 0.55 – 1.27 ppm; Sector Ranchos en el rango de 0.86 – 2.32 ppm. y en el Sector Quemazón en el rango de 0.61 – 1.27 ppm.
5. Los resultados del presente trabajo de investigación y de acuerdo a los análisis de la concentración de cadmio en almendras de cacao de las organizaciones ubicadas en la sub cuenca del Rio Bigote, establecen valores que comparados con el estándar de calidad establecido por el Codex Alimentarius y por la Legislación de la Unión Europea vigente, que corresponde a un valor de 0.6 mg/Kg, son superiores a éste.
6. La concentración de cadmio en las muestras de tejido foliar del cacao proveniente de las organizaciones, Barrios, Ranchos y Quemazón es del rango de 0.98 – 5.6 mg.kg⁻¹.
7. La concentración de cadmio en muestras de agua de riego de zonas productoras de cacao en organizaciones Barrios, Ranchos y Quemazón es del rango de 0.016 – 0.055 ppm.

8. La concentración de cadmio, en las muestras de suelos provenientes de las organizaciones Barrios, Ranchos, Quemazón, es del rango de 0.02 – 0.64 mg.kg⁻¹.

RECOMENDACIONES.

En investigaciones similares, se recomienda:

1. Efectuar un estudio riguroso de las características físico químico y biológico de los suelos agrícolas de las organizaciones de la subcuenca del Rio Bigotes.
2. A partir de los resultados de análisis de cadmio en los suelos elaborar un programa de abonamiento con la fuente apropiada y con dosis adecuadas para el cultivo de cacao.
3. Establecer áreas experimentales en donde se realicen ensayos, mediante la utilización de insumos complementarios a la fertilización (zinc, calcio y materia orgánica humificada) que permita disminuir la absorción de cadmio por el cultivo y por ende su disminución en los granos secos de cacao.
4. Efectuar la renovación sistemática de plantaciones viejas de cacao, debido a que el efecto bioacumulativo del cadmio en las plantas genera un mayor flujo hacia los frutos.
5. Realizar ensayos de selección clonal, para la identificación de individuos con menor capacidad de absorción de cadmio, lo cual permitirá disponer de material genético para sustituir plantaciones viejas. Los ensayos deberán incluir suelos contaminados en diferentes niveles de concentración de cadmio.
6. Elaborar un programa de monitoreo permanente en suelos y aguas en zonas productoras de cacao, con el fin de evaluar el contenido de cadmio.
7. Desarrollar trabajos de investigación encaminados a emplear enmiendas orgánicas que permitan mejorar el pH de los suelos , para evitar la biodisponibilidad del cadmio en suelo .

BIBLIOGRAFÍA

Libros

- **Claudio Bini, Jaume bech: PHES EVEROMENT AND HUMAN HEALTH.** distribución de los elementos químicos en el sistema planta y suelo.
- **JoséJoaquín Ramos :** Estudio de la contaminación por metales pesados y otros procesos
- **Marta Cruz Guzmán:**Procesos que determinan la dinámica de los metales pesados en el suelo.
- **Xavier Domenech:** Química ambiental de sistemas terrestres
- **ONG.PROGRESO:** Manejo Tecnico del cultivo de cacao en la Región Piura

INVESTIGACIONES

- **Gobierno Regional Piura:** Estudio Analisis de la cadena productiva de cacao en la sub cuenca Rio Bigote
- **ONG. CEPICAFE :** Estudio de Caracterización de plantas promisorias de cacao blanco blanco en la sub cuenca Rio Bigote
- **ONG.CEPICAFE:** Estudio de caracterización organoléptico de materiales genéticos de cacao blanco en la sub cuenca Rio Bigote

LINCOGRAFIA.

- ADELA HERNANANDEZ HERNANDEZ (JULIO- 2012) : determinación de metales pesados en suelos de natividad Ixtlán de Juárez Oaxaca
<http://www.unsij.edu.mx/tesis/digitales/4.%20ADELA%20HERNANDEZ%20HERNANDEZ.pdf>
- Alexis R. Izquierdo M, Ricardo Ramírez R. Determinación de contaminación con cadmio en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) y su posible origen en la región de Barlovento, Edo Miranda. En <http://www.researchgate.net/>.
- Guadalupe Urquiza Moreno, José L. Martínez Palacios, Héctor R. Villarreal Arellano. evaluación de métodos para determinar coeficientes de adsorción de metales (cadmio) en suelo.
<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/impactos/peru/mexiaa039.pdf>
- GENNY ROCÍO MARTÍNEZ , CAROLINA PALACIO: determinación de metales pesados cadmio y plomo en suelos y granos de cacao frescos y fermentados mediante espectroscopía de absorción atómica de llama.EN
<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/397/2/136115.pdf>
- Ministerio de Energía y Minas 2003. Límites máximos permisibles en aguas, sedimentos y plantas. En www.mem.gob.pe..
- Legislación de la unión europea de contaminantes químicos en productos alimentarios.
<http://www.avideter.com/ftp/articles/articulo1748.pdf>
- Marcos Martín acosta Álvarez (setiembre 2007) : determinación de metales pesados en suelos agrícolas del valle del mezquital
<http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/231104/635/1/determinacion%20de%20metales%20pesados%20suelos%20agricolas.pdf>
- Sayect V. Barrueta Rivera : guía de métodos de detección y análisis de cadmio en cacao (theobroma cacao L) . En <http://es.slideshare.net/RIICCHPeru/guia-de-metodos-de-deteccion-y-analisis-de-cadmio-en-cacao>

ANEXOS

ANEXO 01. ESTANDARES DE CALIDAD PARA USO DE SUELOS

N°	Parámetros	Usos del Suelo			Método de ensayo
		Suelo Agrícola	Suelo Residencial/ Parques	Suelo Comercial/ Industrial/ Extractivos	
I	Organicos				
1	Benceno (mg/kg MS)	0,03	0,03	0,03	EPA 8260-B
2	Tolueno (mg/kg MS)	0,37	0,37	0,37	EPA 8260-B
3	Etilbenceno (mg/kg MS)	0,082	0,082	0,082	EPA 8260-B
4	Xileno (mg/kg MS)	11	11		EPA 8260-B
5	Naftaleno (mg/kg MS)	0,1	0,6	22	EPA 8260-B
6	Fraccióndehidrocarburos	200	200	500	EPA 8015-B
7	Fraccióndehidrocarburos	1 200	1 200	5 000	EPA 8015-M
8	Fraccióndehidrocarburos	3 000	3 000	6 000	EPA 8015-D
9	Benzo(a) pireno (mg/kg	0,1	0,7	0,7	EPA 8270-D
10	Bifenilos policlorados -	0,5	1,3	33	EPA 8270-D
11	Aldrin (mg/kg MS) (1)	2	4	10	EPA 8270-D
12	Endrín (mg/kg MS)(1)	0,01	0,01	0,01	EPA 8270-D
13	DDT (mg/kg MS)(1)	0,7	0,7	12	EPA 8270-D
14	Heptacloro (mg/kg MS)(1)	0,01	0,01	0,01	EPA 8270-D
II	Inorgánicos				
15	Cianuro libre (mg/kg MS)	0,9	0,9	8	EPA 9013-
16	Arsénico total (mg/kg	50	50	140	EPA 3050-B
17	Bario total (mg/kg MS)(2)	750	500	2 000	EPA 3050-B
18	Cádmio total (mg/kg	1,4	10	22	EPA 3050-B
19	Cromo VI (mg/kg MS)	0,4	0,4	1,4	DIN 19734
20	Mercurio total (mg/kg	6,6	6,6	24	EPA 7471-B
21	Plomo total (mg/kg MS)(2)	70	140	1 200	EPA 3050-B

ANEXO 02. ESTANDARES DE CALIDAD PARA EL USO DE AGUA.

CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS DE ANIMALES

PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO		
PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
Fisicoquímicos		
Bicarbonatos	mg.L	370
Calcio	mg.L	200
Carbonatos	mg.L	5
Cloruros	mg.L	100-700
Conductividad	(μ S/cm)	<2.000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg.L	15
Demanda Química de Oxígeno	mg.L	40
Fluoruros	mg.L	1
Fosfatos - P	mg.L	1
Nitratos (NO ₃ -N)	mg.L	10
Nitritos (NO ₂ -N)	mg.L	0,06
Oxígeno Disuelto	mg.L	> =4
pH	Unidad de pH	6,5 - 8,5
Sodio	mg.L	200
Sulfatos	mg.L	300
Sulfuros	mg.L	0,05
Inorgánicos		
Aluminio	mg.L	5
Arsénico	mg.L	0,05
Bario total	mg.L	0,7
Boro	mg.L	0,5-6
Cadmio	mg.L	0,005
Cianuro Wad	mg.L	0,1

ANEXOS

ANEXO 03. RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELO ,DE CARACTERISTICAS FISICAS – QUIMICAS SECTOR LOS RANCHOS

LOS RANCHOS

Códigos	pH (1:1)	C.E. (1:1)	CaCO3 %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC meq/100g	Cationes Cambiables					Suma de cationes	Suma de bases	% Sat. De bases	
		dS/m					Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca+2	Mg+2	K+	Na+	Al+3 + H+				
C5*	C5-1	5.83	0.22	0.00	3.20	2.2	115	23	54	23	Fr.L.	22.08	11.25	7.07	0.17	0.10	0.10	18.69	18.59	84
	C5-2	5.96	0.11	0.00	1.28	3.9	95	27	38	35	Fr.Ar.	14.72	7.75	4.30	0.18	0.08	0.10	12.41	12.31	84
C6	C6-1	6.21	0.25	0.00	2.81	2.8	96	33	40	27	Fr.Ar.	21.76	14.00	7.41	0.29	0.06	0.00	21.76	21.76	100
	C6-2	6.17	0.12	0.00	1.12	0.9	98	21	36	43	Ar.	17.92	11.87	5.76	0.19	0.10	0.00	17.92	17.92	100
C7	C7-1	6.70	0.39	0.00	3.45	7.3	133	27	52	21	Fr.L.	22.72	14.22	8.12	0.31	0.07	0.00	22.72	22.72	100
	C7-2	6.58	0.23	0.00	2.12	2.3	101	31	50	19	Fr.L.	19.20	11.87	7.04	0.21	0.09	0.00	19.20	19.20	100
C8	C8-1	6.33	0.35	0.00	3.07	0.9	117	35	44	21	Fr.	29.60	11.27	18.06	0.17	0.10	0.00	29.60	29.60	100
	C8-2	6.30	0.18	0.00	1.93	1.4	91	21	42	37	Fr.Ar.	27.20	14.10	12.77	0.19	0.14	0.00	27.20	27.20	100
C9	C9-1	5.97	0.43	0.00	3.55	1.4	109	37	40	23	Fr.	26.40	17.73	8.18	0.31	0.09	0.10	26.40	26.30	100
	C9-2	5.72	0.10	0.00	1.11	0.9	59	21	52	27	Fr.Ar.	22.40	15.89	6.09	0.18	0.14	0.10	22.40	22.30	100
C11*	C11-1	6.14	0.26	0.00	2.05	13.3	220	27	48	25	Fr.	20.48	11.81	4.75	0.63	0.07	0.00	17.26	17.26	84
	C11-2	5.54	0.12	0.00	0.95	15.1	184	19	48	33	Fr.Ar.L.	19.52	10.62	4.37	0.57	0.15	0.10	15.81	15.71	80
	C11-3	5.42	0.09	0.00	0.50	10.9	197	21	56	23	Fr.L.	16.00	10.98	4.32	0.46	0.14	0.10	16.00	15.90	99
	C11-4	5.53	0.12	0.00	0.37	6.0	104	41	46	13	Fr.	11.52	5.89	5.07	0.31	0.15	0.10	11.52	11.42	99
C12	C12-1	6.34	0.29	0.00	3.39	1.5	165	31	40	29	Fr.Ar.	24.00	14.34	9.22	0.34	0.10	0.00	24.00	24.00	100
	C12-2	6.35	0.15	0.00	1.50	1.8	156	21	42	37	Fr.Ar.	24.00	12.09	11.55	0.24	0.12	0.00	24.00	24.00	100

ANEXO 04. RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELO DE CARACTERISTICAS FISICAS – QUIMICAS SECTOR BARRIOS

BARRIOS

Códigos	pH	C.E.	CaCO3	M.O.	P	K	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de cationes	Suma de bases	% Sat. De bases	
		(1:1)					Arena	Limo	Arcilla			Ca+2	Mg+2	K+	Na+	Al+3 + H+				
		(1:1)					dS/m	%	%		%	meq/100g	meq/100g	meq/100g	meq/100g	meq/100g				meq/100g
C3*	C3-1	6.86	0.23	0.00	1.11	1.2	68	67	26	7	Fr.A.	8.00	5.33	2.48	0.11	0.08	0.00	8.00	8.00	100
	C3-2	7.08	0.09	0.00	0.64	0.9	55	51	42	7	Fr.	8.64	5.48	2.98	0.10	0.07	0.00	8.64	8.64	100
	C3-3	7.07	0.09	0.00	0.39	0.9	39	85	10	5	A.Fr.	5.61	3.59	1.88	0.07	0.07	0.00	5.61	5.61	100
C13	C13-1	6.39	0.32	0.00	3.62	7.9	197	33	44	23	Fr.	16.00	7.12	8.38	0.46	0.04	0.00	16.00	16.00	100
	C13-2	6.42	0.17	0.00	2.34	6.0	219	29	40	31	Fr.Ar.	19.20	11.11	7.60	0.45	0.04	0.00	19.20	19.20	100
C14*	C14-1	6.26	0.23	0.00	2.00	1.9	146	19	48	33	Fr.Ar.L.	19.52	8.24	8.48	0.18	0.10	0.00	17.01	17.01	87
	C14-2	5.98	0.27	0.00	0.64	2.4	136	25	32	43	Ar.	20.00	7.07	7.22	0.17	0.35	0.10	14.91	14.81	74
	C14-3	5.96	0.53	0.00	0.49	1.0	83	15	28	57	Ar.	25.60	6.09	8.15	0.13	0.60	0.10	15.07	14.97	58
C15	C15-1	7.03	0.34	0.00	3.18	8.0	175	33	48	19	Fr.	19.52	8.90	10.22	0.34	0.06	0.00	19.52	19.52	100
	C15-2	6.85	0.19	0.00	1.68	6.4	153	29	46	25	Fr.	14.40	6.97	7.10	0.25	0.08	0.00	14.40	14.40	100
C16	C16-1	6.77	0.19	0.00	1.38	1.8	76	47	38	15	Fr.	10.72	5.53	5.00	0.14	0.05	0.00	10.72	10.72	100
	C16-2M	6.73	0.14	0.00	0.57	1.0	85	57	34	9	Fr.A.	7.68	4.21	3.28	0.10	0.09	0.00	7.68	7.68	100
C18*	C18-1	6.55	0.21	0.00	1.78	1.8	63	19	60	21	Fr.L.	12.48	9.74	2.53	0.11	0.10	0.00	12.48	12.48	100
	C18-2	6.69	0.30	0.00	1.34	0.9	71	21	58	21	Fr.L.	11.84	8.30	3.23	0.12	0.19	0.00	11.84	11.84	100
	C18-3	6.80	0.31	0.00	1.11	1.4	83	27	50	23	Fr.L.	12.80	8.64	3.75	0.15	0.25	0.00	12.80	12.80	100
	C18-1M	6.45	0.22	0.00	1.65	1.0	64	21	58	21	Fr.L.	12.32	8.60	3.53	0.11	0.08	0.00	12.32	12.32	100

ANEXO 05. RESULTADOS DE ANALISIS DESUELO DE CARACTERISTICAS FISICAS – QUIMICAS SECTOR LA QUEMAZON

Códigos	pH	C.E.	CaCO3	M.O.	P	K	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de cationes	Suma de bases	% Sat. De bases	
		(1:1)					Arena	Limo	Arcilla			Ca+2	Mg+2	K+	Na+	Al+3 + H+				
		(1:1)					dS/m	%	%			ppm	ppm	%	%	%				meq/100g
C2	C2-1	7.45	0.22	0.00	1.11	1.2	71	27	50	23	Fr.L.	11.84	7.68	3.93	0.15	0.08	0.00	11.84	11.84	100
	C2-2	7.59	0.27	0.00	0.78	3.3	57	31	52	17	Fr.L.	9.12	5.78	3.05	0.09	0.20	0.00	9.12	9.12	100
	C2-3	7.18	0.57	0.00	1.03	3.9	58	11	72	17	Fr.L.	11.20	7.59	3.28	0.10	0.23	0.00	11.20	11.20	100
	C2-4	7.07	0.33	0.00	0.64	3.9	61	45	42	13	Fr.	8.84	5.84	2.73	0.13	0.13	0.00	8.84	8.84	100
C19	C19-1	7.25	0.38	0.00	2.37	10.2	231	19	50	31	Fr.Ar.L.	18.56	11.21	6.90	0.37	0.08	0.00	18.56	18.56	100
	C19-2	7.26	0.44	0.00	2.16	6.8	201	21	48	31	Fr.Ar.	17.60	12.31	4.78	0.44	0.07	0.00	17.60	17.60	100
	C19-1M	7.35	0.34	0.00	1.74	7.9	138	25	48	27	Fr.Ar.	15.04	9.84	4.85	0.29	0.06	0.00	15.04	15.04	100
	C19-2M	7.43	0.36	0.00	1.91	8.0	159	31	46	23	Fr.	15.68	10.57	4.80	0.26	0.04	0.00	15.68	15.68	100
C20	C20-1	6.26	0.24	0.00	1.44	4.9	123	23	54	23	Fr.L.	13.12	8.29	4.50	0.26	0.08	0.00	13.12	13.12	100
	C20-2	6.33	0.18	0.00	1.00	5.2	134	21	56	23	Fr.L.	12.80	8.22	4.28	0.20	0.10	0.00	12.80	12.80	100
C21	C21-1	6.89	0.22	0.00	2.02	0.9	52	33	54	13	Fr.L.	12.32	9.47	2.68	0.09	0.08	0.00	12.32	12.32	100
C24	C24-1	6.75	0.24	0.00	1.96	1.7	65	31	50	19	Fr.L.	11.84	10.29	1.33	0.12	0.10	0.00	11.84	11.84	100
	C24-2	6.87	0.11	0.00	0.48	1.4	41	57	34	9	Fr.A.	7.04	4.72	2.10	0.10	0.12	0.00	7.04	7.04	100
	C26-1	6.53	0.31	0.00	1.89	3.7	122	21	50	29	Fr.Ar.	19.20	11.63	7.01	0.35	0.21	0.00	19.20	19.20	100
C26*	C26-2	6.54	0.17	0.00	1.11	6.1	110	19	48	33	Fr.Ar.L.	18.08	10.63	6.94	0.30	0.21	0.00	18.08	18.08	100
	C26-3	6.61	0.15	0.00	0.82	3.5	99	19	50	31	Fr.Ar.L.	14.72	10.37	3.93	0.24	0.18	0.00	14.72	14.72	100
	C26-4	6.73	0.14	0.00	0.58	3.5	110	19	46	35	Fr.Ar.L.	15.68	10.56	4.70	0.26	0.17	0.00	15.68	15.68	100
	C27-1	7.19	0.35	0.00	2.06	9.6	104	17	58	25	Fr.L.	16.48	10.68	5.40	0.29	0.10	0.00	16.48	16.48	100
C27	C27-2	7.02	0.30	0.00	1.18	6.3	80	19	54	27	Fr.Ar.L.	14.40	8.78	5.25	0.23	0.15	0.00	14.40	14.40	100

ANEXO 06. RESULTADOS DE ANALISIS DE CARACTERISTICAS FISICAS QUIMICAS DEL SUELO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : CEPICAFE

Departamento : PIURA

Distrito :

Referencia : H.R. 40412-053C-14

Provincia :

Predio :

Fecha : 28/06/14

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ²⁺ meq/100g	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺ + H ⁺				
7176	C1-1	7.27	0.18	0.00	1.75	1.9	116	49	32	19	Fr.	14.63	11.35	2.50	0.67	0.10	0.00	14.63	14.63	100
7177	C1-2	7.77	0.15	0.20	0.61	3.5	71	61	28	11	Fr.A.	8.91	7.05	1.23	0.51	0.11	0.00	8.91	8.91	100
7178	C1-3	7.67	0.12	0.00	0.48	2.1	63	71	20	9	Fr.A.	5.90	4.48	1.23	0.12	0.07	0.00	5.90	5.90	100
7179	C1-4	7.82	0.18	0.40	0.69	0.9	100	45	38	17	Fr.	12.80	9.69	2.80	0.21	0.10	0.00	12.80	12.80	100
7180	C2-1	7.45	0.22	0.00	1.11	1.2	71	27	50	23	Fr.L.	11.84	7.68	3.93	0.15	0.08	0.00	11.84	11.84	100
7181	C2-2	7.59	0.27	0.00	0.78	3.3	57	31	52	17	Fr.L.	9.12	5.78	3.05	0.09	0.20	0.00	9.12	9.12	100
7182	C2-3	7.18	0.57	0.00	1.03	3.9	58	11	72	17	Fr.L.	11.20	7.59	3.28	0.10	0.23	0.00	11.20	11.20	100
7183	C2-4	7.07	0.33	0.00	0.64	3.9	61	45	42	13	Fr.	8.84	5.84	2.73	0.13	0.13	0.00	8.84	8.84	100
7184	C3-1	6.86	0.23	0.00	1.11	1.2	68	67	26	7	Fr.A.	8.00	5.33	2.48	0.11	0.08	0.00	8.00	8.00	100
7185	C3-2	7.08	0.09	0.00	0.64	0.9	55	51	42	7	Fr.	8.64	5.48	2.98	0.10	0.07	0.00	8.64	8.64	100
7186	C3-3	7.07	0.09	0.00	0.39	0.9	39	85	10	5	A.Fr.	5.61	3.59	1.88	0.07	0.07	0.00	5.61	5.61	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;
Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



Braulio La Torre Martínez
Braulio La Torre Martínez
Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Telefax: 349-5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : CEPICAFE

Departamento : PIURA

Distrito :

Referencia : H.R. 40412-053C-14

Provincia :

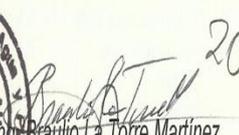
Predio :

Fecha : 28/06/14

Número de Muestra	Lab	Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dSm	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
									Arena %	Limo %	Arcilla %			Textural	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺			

7187	C4-1	6.94	0.35	0.00	1.11	8.4	67	29	64	7	Fr.L.	10.40	7.71	2.45	0.13	0.11	0.00	10.40	10.40	100
7188	C4-2	7.06	0.57	0.00	1.12	16.0	147	17	60	23	Fr.L.	9.98	7.36	2.18	0.34	0.10	0.00	9.98	9.98	100
7189	C4-3	7.87	0.33	0.00	0.90	12.6	209	7	64	29	Fr.Ar.L.	7.67	4.74	2.17	0.38	0.37	0.00	7.67	7.67	100
7190	C4-4	8.50	0.30	1.40	0.77	1.2	281	7	58	35	Fr.Ar.L.	10.58	7.32	2.65	0.37	0.23	0.00	10.58	10.58	100
7191	C5-1	5.83	0.22	0.00	3.20	2.2	115	23	54	23	Fr.L.	22.08	11.25	7.07	0.17	0.10	0.10	18.69	18.59	84
7192	C5-2	5.96	0.11	0.00	1.28	3.9	95	27	38	35	Fr.Ar.	14.72	7.75	4.30	0.18	0.08	0.10	12.41	12.31	84
7193	C6-1	6.21	0.25	0.00	2.81	2.8	96	33	40	27	Fr.Ar.	21.76	14.00	7.41	0.29	0.06	0.00	21.76	21.76	100
7194	C6-2	6.17	0.12	0.00	1.12	0.9	98	21	36	43	Ar.	17.92	11.87	5.76	0.19	0.10	0.00	17.92	17.92	100
7195	C7-1	6.70	0.39	0.00	3.45	7.3	133	27	52	21	Fr.L.	22.72	14.22	8.12	0.31	0.07	0.00	22.72	22.72	100
7196	C7-2	6.58	0.23	0.00	2.12	2.3	101	31	50	19	Fr.L.	19.20	11.87	7.04	0.21	0.09	0.00	19.20	19.20	100
7197	C8-1	6.33	0.35	0.00	3.07	0.9	117	35	44	21	Fr.	29.60	11.27	18.06	0.17	0.10	0.00	29.60	29.60	100
7198	C8-2	6.30	0.18	0.00	1.93	1.4	91	21	42	37	Fr.Ar.	27.20	14.10	12.77	0.19	0.14	0.00	27.20	27.20	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso


 Braulio La Torre Martínez
 Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Telefax: 349-5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : CEPICAFE

Departamento : PIURA

Distrito :

Referencia : H.R. 40412-053C-14

Provincia :

Predio :

Fecha : 28/06/14

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dSm	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺² meq/100g	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺ Al ⁺³ +H ⁺				
7199	C9-1	5.97	0.43	0.00	3.55	1.4	109	37	40	23	Fr.	26.40	17.73	8.18	0.31	0.09	0.10	26.40	26.30	100
7200	C9-2	5.72	0.10	0.00	1.11	0.9	59	21	52	27	Fr.Ar.	22.40	15.89	6.09	0.18	0.14	0.10	22.40	22.30	100
7201	C10-1M	6.85	0.21	0.00	1.30	1.0	68	49	36	15	Fr.	11.20	7.17	3.77	0.14	0.10	0.00	11.18	11.18	100
7202	C11-1	6.14	0.26	0.00	2.05	13.3	220	27	48	25	Fr.	20.48	11.81	4.75	0.63	0.07	0.00	17.26	17.26	84
7203	C11-2	5.54	0.12	0.00	0.95	15.1	184	19	48	33	Fr.Ar.L.	19.52	10.62	4.37	0.57	0.15	0.10	15.81	15.71	80
7204	C11-3	5.42	0.09	0.00	0.50	10.9	197	21	56	23	Fr.L.	16.00	10.98	4.32	0.46	0.14	0.10	16.00	15.90	99
7205	C11-4	5.53	0.12	0.00	0.37	6.0	104	41	46	13	Fr.	11.52	5.89	5.07	0.31	0.15	0.10	11.52	11.42	99
7206	C12-1	6.34	0.29	0.00	3.39	1.5	165	31	40	29	Fr.Ar.	24.00	14.34	9.22	0.34	0.10	0.00	24.00	24.00	100
7207	C12-2	6.35	0.15	0.00	1.50	1.8	156	21	42	37	Fr.Ar.	24.00	12.09	11.55	0.24	0.12	0.00	24.00	24.00	100
7208	C13-1	6.39	0.32	0.00	3.62	7.9	197	33	44	23	Fr.	16.00	7.12	8.38	0.46	0.04	0.00	16.00	16.00	100
7209	C13-2	6.42	0.17	0.00	2.34	6.0	219	29	40	31	Fr.Ar.	19.20	11.11	7.60	0.45	0.04	0.00	19.20	19.20	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



Braulio La Torre Martínez
 Braulio La Torre Martínez
 Jefe del Laboratorio

21



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : CEPICAFE

Departamento : PIURA

Distrito :

Referencia : H.R. 40412-053C-14

Provincia :

Predio :

Fecha : 28/06/14

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
7210	C14-1	6.26	0.23	0.00	2.00	1.9	146	19	48	33	Fr.Ar.L.	19.52	8.24	8.48	0.18	0.10	0.00	17.01	17.01	87
7211	C14-2	5.98	0.27	0.00	0.64	2.4	136	25	32	43	Ar.	20.00	7.07	7.22	0.17	0.35	0.10	14.91	14.81	74
7212	C14-3	5.96	0.53	0.00	0.49	1.0	83	15	28	57	Ar.	25.60	6.09	8.15	0.13	0.60	0.10	15.07	14.97	58
7213	C15-1	7.03	0.34	0.00	3.18	8.0	175	33	48	19	Fr.	19.52	8.90	10.22	0.34	0.06	0.00	19.52	19.52	100
7214	C15-2	6.85	0.19	0.00	1.68	6.4	153	29	46	25	Fr.	14.40	6.97	7.10	0.25	0.08	0.00	14.40	14.40	100
7215	C16-1	6.77	0.19	0.00	1.38	1.8	76	47	38	15	Fr.	10.72	5.53	5.00	0.14	0.05	0.00	10.72	10.72	100
7216	C16-2M	6.73	0.14	0.00	0.57	1.0	85	57	34	9	Fr.A.	7.68	4.21	3.28	0.10	0.09	0.00	7.68	7.68	100
7217	C18-1	6.55	0.21	0.00	1.78	1.8	63	19	60	21	Fr.L.	12.48	9.74	2.53	0.11	0.10	0.00	12.48	12.48	100
7218	C18-2	6.69	0.30	0.00	1.34	0.9	71	21	58	21	Fr.L.	11.84	8.30	3.23	0.12	0.19	0.00	11.84	11.84	100
7219	C18-3	6.80	0.31	0.00	1.11	1.4	83	27	50	23	Fr.L.	12.80	8.64	3.75	0.15	0.25	0.00	12.80	12.80	100
7220	C18-1M	6.45	0.22	0.00	1.65	1.0	64	21	58	21	Fr.L.	12.32	8.60	3.53	0.11	0.08	0.00	12.32	12.32	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;

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



Braulio La Torre Martínez
 Braulio La Torre Martínez
 Jefe del Laboratorio

22



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : CEPICAFE

Departamento : PIURA

Distrito :

Referencia : H.R. 40412-053C-14

Provincia :

Predio :

Fecha : 28/06/14

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dSm	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% de Sat De Bases
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺² meq/100g	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺ Al ⁺³ + H ⁺				

7232	C26-3	6.61	0.15	0.00	0.82	3.5	99	19	50	31	Fr.Ar.L.	14.72	10.37	3.93	0.24	0.18	0.00	14.72	14.72	100
7233	C26-4	6.73	0.14	0.00	0.58	3.5	110	19	46	35	Fr.Ar.L.	15.68	10.56	4.70	0.26	0.17	0.00	15.68	15.68	100
7234	C27-1	7.19	0.35	0.00	2.06	9.6	104	17	58	25	Fr.L.	16.48	10.68	5.40	0.29	0.10	0.00	16.48	16.48	100
7235	C27-2	7.02	0.30	0.00	1.18	6.3	80	19	54	27	Fr.Ar.L.	14.40	8.78	5.25	0.23	0.15	0.00	14.40	14.40	100
7236	C28-1	7.73	0.23	0.00	0.40	19.7	437	33	58	9	Fr.L.	8.80	5.89	2.27	0.61	0.03	0.00	8.80	8.80	100
7237	C28-2	7.66	0.18	0.00	0.86	16.1	177	7	68	25	Fr.L.	11.91	7.23	4.20	0.30	0.17	0.00	11.91	11.91	100
7238	C28-3	7.60	0.21	0.00	0.81	13.2	131	11	60	29	Fr.Ar.L.	14.08	8.81	4.74	0.26	0.28	0.00	14.08	14.08	100
7239	C28-4	7.54	0.34	0.00	0.94	12.0	130	21	50	29	Fr.Ar.	9.08	5.84	2.87	0.20	0.17	0.00	9.08	9.08	100
7240	C28-5	7.45	0.22	0.00	0.41	6.3	126	17	58	25	Fr.L.	12.13	7.30	4.43	0.26	0.14	0.00	12.13	12.13	100
7241	C29-1	7.98	0.24	0.20	0.72	8.2	132	59	34	7	Fr.A.	5.76	4.99	0.55	0.18	0.03	0.00	5.76	5.76	100
7242	C29-2	7.82	0.16	0.00	0.46	4.2	74	67	28	5	Fr.A.	3.68	1.94	1.55	0.13	0.05	0.00	3.68	3.68	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



Braulio La Torre Martínez
 Braulio La Torre Martínez
 Jefe del Laboratorio

24



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : CEPICAFE

Departamento : PIURA

Distrito :

Referencia : H.R. 40412-053C-14

Provincia :

Predio :

Fecha : 28/06/14

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺² meq/100g	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺ Al ⁺³ + H ⁺				
7221	C19-1	7.25	0.38	0.00	2.37	10.2	231	19	50	31	Fr.Ar.L.	18.56	11.21	6.90	0.37	0.08	0.00	18.56	18.56	100
7222	C19-2	7.26	0.44	0.00	2.16	6.8	201	21	48	31	Fr.Ar.	17.60	12.31	4.78	0.44	0.07	0.00	17.60	17.60	100
7223	C19-1M	7.35	0.34	0.00	1.74	7.9	138	25	48	27	Fr.Ar.	15.04	9.84	4.85	0.29	0.06	0.00	15.04	15.04	100
7224	C19-2M	7.43	0.36	0.00	1.91	8.0	159	31	46	23	Fr.	15.68	10.57	4.80	0.26	0.04	0.00	15.68	15.68	100
7225	C20-1	6.26	0.24	0.00	1.44	4.9	123	23	54	23	Fr.L.	13.12	8.29	4.50	0.26	0.08	0.00	13.12	13.12	100
7226	C20-2	6.33	0.18	0.00	1.00	5.2	134	21	56	23	Fr.L.	12.80	8.22	4.28	0.20	0.10	0.00	12.80	12.80	100
7227	C21-1	6.89	0.22	0.00	2.02	0.9	52	33	54	13	Fr.L.	12.32	9.47	2.68	0.09	0.08	0.00	12.32	12.32	100
7228	C24-1	6.75	0.24	0.00	1.96	1.7	65	31	50	19	Fr.L.	11.84	10.29	1.33	0.12	0.10	0.00	11.84	11.84	100
7229	C24-2	6.87	0.11	0.00	0.48	1.4	41	57	34	9	Fr.A.	7.04	4.72	2.10	0.10	0.12	0.00	7.04	7.04	100
7230	C26-1	6.53	0.31	0.00	1.89	3.7	122	21	50	29	Fr.Ar.	19.20	11.63	7.01	0.35	0.21	0.00	19.20	19.20	100
7231	C26-2	6.54	0.17	0.00	1.11	6.1	110	19	48	33	Fr.Ar.L.	18.08	10.63	6.94	0.30	0.21	0.00	18.08	18.08	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso


 Ing. Braulio La Torre Martínez
 Jefe del Laboratorio 23

ANEXO 07.RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : CEPICAFE
PROCEDENCIA : PIURA
REFERENCIA : H.R. 40274
FECHA : 27/05/2014

Lab	Número Muestra Claves	Cd ppm
1851	C1-1M	0.30
1852	C1-2M	0.19
1853	C2-1M	0.07
1854	C2-2M	0.09
1855	C3-1M	0.18
1856	C3-2M	0.14
1857	C4-1M	0.21
1858	C4-2M	0.15
1859	C5-1M	0.22
1860	C5-2M	0.13
1861	C5-3	0.13
1862	C6-1M	0.10
1863	C6-2M	0.07
1864	C7-1M	0.20
1865	C7-2M	0.13
1866	C8-1M	0.15
1867	C8-2M	0.15
1868	C9-1M	0.23
1869	C9-2M	0.07
1870	C11-1M	0.13
1871	C11-2M	0.11
1872	C12-1M-(19-04-14)	0.15
1873	C12-2M-(19-04-14)	0.11
1874	C12-2M-(24-04-14)	0.16



Bratlio La Torre Martínez
Jefe del Laboratorio

75

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Telefax: 349-5622
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : CEPICAFE
PROCEDENCIA : PIURA
REFERENCIA : H.R. 40274
FECHA : 27/05/2014

Lab	Número Muestra	Cd ppm
	Claves	
1875	C13-1M	0.43
1876	C13-2M	0.64
1877	C14-1M	0.19
1878	C14-2M	0.12
1879	C15-1M	0.16
1880	C15-2M	0.13
1881	C16-2	0.13
1882	C17-1	0.06
1883	C17-2	0.07
1884	C17-1M	0.07
1885	C17-2M	0.10
1886	C20-1M	0.03
1887	C20-2M	0.02
1888	C21-1M	0.11
1889	C21-2M	0.05
1890	C21-2	0.07
1891	C21-3	0.41
1892	C22-1	0.41
1893	C22-2	0.33
1894	C22-1M	0.34
1895	C22-2M	0.47
1896	C23-1	0.48
1897	C23-2	0.34



Brauno La Torre Martínez
Jefe del Laboratorio

76



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : CEPICAFE
PROCEDENCIA : PIURA
REFERENCIA : H.R. 40274
FECHA : 27/05/2014

Lab	Número Muestra Claves	Cd ppm
1851	C1-1M	0.30
1852	C1-2M	0.19
1853	C2-1M	0.07
1854	C2-2M	0.09
1855	C3-1M	0.18
1856	C3-2M	0.14
1857	C4-1M	0.21
1858	C4-2M	0.15
1859	C5-1M	0.22
1860	C5-2M	0.13
1861	C5-3	0.13
1862	C6-1M	0.10
1863	C6-2M	0.07
1864	C7-1M	0.20
1865	C7-2M	0.13
1866	C8-1M	0.15
1867	C8-2M	0.15
1868	C9-1M	0.23
1869	C9-2M	0.07
1870	C11-1M	0.13
1871	C11-2M	0.11
1872	C12-1M-(19-04-14)	0.15
1873	C12-2M-(19-04-14)	0.11
1874	C12-2M-(24-04-14)	0.16



Braylio La Torre Martínez
Jefe del Laboratorio

75

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Telefax: 349-5622
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

ANEXO 08. RESULTADO DE ANALISIS EN AGUA DE RIEGO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN AGUA

SOLICITANTE : CEPICAFE
PROCEDENCIA : PIURA
REFERENCIA : H.R. 40431
FECHA : 29/05/14

Nº LAB	CLAVES	Cd mg/L
2170	W25 - C53	0.059
2171	W26 - C81	0.052
2172	W5 - C13	0.055
2173	P1 - C34	0.050
2174	P2 - C29	0.071
2175	P3 - C51	0.040
2176	P4 - C55	0.051
2177	P5 - C1	0.063
2178	P6 - C57	0.053
2179	P7 - C56	0.052
2180	P8 - C58	0.055
2181	W90	0.057
2182	W92	0.055
2183	W94	0.061
2184	W95	0.077
2185	W100	0.065
2186	W102	0.052
2187	W103	0.069
2188	W106	0.064
2189	W108	0.041



Ing. Braulio La Torre Martínez
Jefe de Laboratorio

73

ANEXO 09. RESULTADOS DE ANALISIS EN TEJIDO FOLIAR



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : CEPICAFE
PROCEDENCIA : PIURA
MUESTRA : HOJAS DE CACAO
REFERENCIA : H.R. 40229
FECHA : 23/08/14

N° LAB	CLAVES	Cd ppm
2703	FC1 - 1	1.810
2704	FC1 - 2	1.925
2705	FC1 - 3	1.600
2706	FC2 - 1	1.743
2707	FC2 - 2	1.405
2708	FC2 - 3	1.441
2709	FC3 - 1 A	0.888
2710	FC3 - 1 B	0.983
2711	FC3 - 2	1.018
2712	FC3 - 3	1.036
2713	FC4 - 1	1.363
2714	FC4 - 2	1.298
2715	FC4 - 3	1.296
2716	FC5 - 1	4.339
2717	FC5 - 2	5.041
2718	FC5 - 3	5.005
2719	FC6 - 1	1.004
2720	FC6 - 2	1.336
2721	FC6 - 3	1.394
2722	FC7 - 3	2.060



Sady García Bendezu
Jefe de Laboratorio

50



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : CEPICAFE
PROCEDENCIA : PIURA
MUESTRA : HOJAS DE CACAO
REFERENCIA : H.R. 40229
FECHA : 23/08/14

Nº LAB	CLAVES	Cd ppm
2723	FC8 - 1	1.958
2724	FC8 - 2	1.926
2725	FC8 - 3	2.761
2726	FC9 - 1 A	1.616
2727	FC9 - 1 B	2.230
2728	FC9 - 2	3.109
2729	FC9 - 3 A	3.213
2730	FC9 - 3 B	3.279
2731	FC11 - 1	1.556
2732	FC11 - 2	2.400
2733	FC11 - 3	2.609
2734	FC12 - 1	1.900
2735	FC12 - 2	2.100
2736	FC12 - 3	1.099
2737	FC13 - 2 A	4.423
2738	FC13 - 2 B	6.844
2739	FC14 - 1	3.558
2740	FC14 - 2	3.546
2741	FC14 - 3	3.488
2742	FC15 - 1	1.808
2743	FC15 - 2	1.750
2744	FC15 - 3	1.678



D^a Sady García Bendezú
Jefe de Laboratorio

51

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Telefax: 349-5622
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : CEPICAFE
PROCEDENCIA : PIURA
MUESTRA : HOJAS DE CACAO
REFERENCIA : H.R. 40229
FECHA : 23/08/14

Nº LAB	CLAVES	Cd ppm
2745	FC16 - 1	1.659
2746	FC16 - 2	1.698
2747	FC16 - 3	1.800
2748	FC17 - 1	2.464
2749	FC17 - 2	2.503
2750	FC17 - 3	2.191
2751	FC18 - 1	1.973
2752	FC18 - 2	1.886
2753	FC18 - 3	1.996
2754	FC19 - 1	1.099
2755	FC19 - 2	1.341
2756	FC19 - 3	1.509
2757	FC20 - 1	1.808
2758	FC20 - 2	1.551
2759	FC20 - 3	2.105
2760	FC21 - 1	1.639
2761	FC21 - 2	1.758
2762	FC21 - 3	1.721
2763	FC22 - 1	1.386
2764	FC22 - 2	1.271
2765	FC23 - 1 A	1.093
2766	FC23 - 1 B	2.099



Sady García Bendezú
Jefe de Laboratorio

52

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Telefax: 349-5622
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

ANEXO 10.RESULTADO DE ANALISIS FRUTOS



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : CEPICAFE
PROCEDENCIA : PIURA
MUESTRA : FRUTOS DE CACAO
REFERENCIA : H.R. 41014
FECHA : 23/08/14

Nº LAB	CLAVES	Cd ppm
3827	F - 2	1.270
3828	F - 3	0.640
3829	F - 5	2.190
3830	F - 7	1.040
3831	F - 8	0.860
3832	F - 9	2.320
3833	F - 11	0.960
3834	F - 12	1.025
3835	F - 14	0.550
3836	F - 15	1.140
3837	F - 16	0.650
3838	F - 17	1.270
3839	F - 18	0.790
3840	F - 20	0.820
3841	F - 21	0.900
3842	F - 22	0.605
3843	F - 23	0.830
3844	F - 24	1.180
3845	F - 26	1.180
3846	F - 27	0.900


Dr. Saúl García Bendejú
LASPAP Jefe de Laboratorio
UNALM

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Telefax: 349-5622
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

2

