



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
COTOPAXI EXTENSION LA MANA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES
CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**CAPACIDAD EXTRACTORA DE CADMIO EN MATERIALES GENÉTICOS
DE CACAO PROCEDENTES DE LA COLECCIÓN DEL INSTITUTO
NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIA- EETP.**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero/a
Agrónomo/a

AUTOR:

Jair Alexander Rendón Holguín

DIRECTOR:

MSc. Wellington Pincay Ronquillo

LA MANÁ –

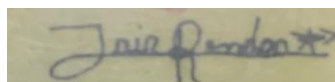
ECUADOR

ABRIL-2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Por medio del presente quien suscribe, Jair Alexander Rendon Holguín declara ser autor del presente proyecto de investigación: Capacidad extractora de cadmio en materiales genéticos de cacao procedentes de la colección del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria- EETP. Siendo el Ing. Wellington Pincay Ronquillo, MSc. tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink that reads "Jair Rendon" followed by a small star-like symbol.

Rendon Holguín Jair Alexander

C.I: 0929036762

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: “**Capacidad extractora de cadmio en materiales genéticos de cacao procedentes de la colección del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria- EETP**” de la Carrera de Ingeniería Agronómica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

La Maná, 22 enero 2022



Ing. Ing. Wellington Pincay Ronquillo, MSc.

C.I: 1206384586

TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente informe de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, por cuanto el postulante: Rendon Holguín Jair Alexander con el título de Proyecto de Investigación: **Capacidad extractora de cadmio en materiales genéticos de cacao procedentes de la colección del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria- EETP**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

La Maná 29, diciembre del 2021

Para constancia firman:



Ing. Ricardo Luna Murillo
C.I: 0910743285
LECTOR (PRESIDENTE)

Ing. Tatiana Gavilánez Buñay
C.I: 1600398190
LECTOR 1 (MIEMBRO)

Ing. Natalia Zambrano Cuadro
C.I: 1206241422
LECTOR 2 (SECRETARIO)

AGRADECIMIENTO

A mis padres, Shirley Holguín y Fredy Rendon por ese gran apoyo en todo este proceso de mi formación como profesional y haberme motivado constantemente para alcanzar esta anhelada meta, yo me siento afortunado de este mundo por tenerlos.

Quiero darle gracias al Dr. Manuel Carrillo Zenteno, por darme la oportunidad de participar en este prestigioso proyecto de investigación y haberme guiado de la mejor manera, quien también me brindo la disposición de enseñar sin importa el día ni el momento

Al Dr. Juan José Reyes Pérez por su mano amiga y el conocimiento compartido durante toda mi formación académica.

A la Ing. Karina Peña por haberme ayudado en las diferentes actividades realizadas en la fase experimental, así como por su paciencia y consejos oportunos.

Jair

DEDICATORIA

Dedico todo mi esfuerzo y trabajo a mi familia en especial a mis padres Shirley Holguín y Fredy Rendon que son el tesoro más valioso que tengo. Sin ustedes no hubiese alcanzado este sueño.

Jair

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TEMA: “CAPACIDAD EXTRACTORA DE CADMIO EN MATERIALES GENÉTICOS DE CACAO PROCEDENTES DE LA COLECCIÓN DEL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIA- EETP”

Autor: Rendon Holguín Jair Alexander

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el invernadero del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. El presente trabajo tuvo como objetivo Evaluar la capacidad extractora de cadmio en materiales genéticos de cacao procedentes de la colección del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria- EETP. Con la finalidad de ser utilizado como patrones en el proceso de multiplicación de plantas, creciendo en suelo contaminado con cadmio. Las variables bajo estudio fueron; índice de vigor (cm^3), índice de clorofila (Spad), longitud de raíz (cm), peso seco de raíz (g), peso seco parte aérea (g), concentración de cadmio en la parte aérea y raíz, contenido de cadmio en la parte aérea, raíz y parte aérea + raíz, eficiencias de absorción, traslocación y fito-extracción de cadmio. Para distinguir la significancia de las medias se empleó la prueba de Tukey al nivel de significancia de 0,5 para la comparación de las medias entre los tratamientos. El mejor peso seco de raíz (0,22 g), peso seco parte aérea (1,70 g), e índice de vigor a los 45 ($78,84 \text{ cm}^3$), 60 ($88,92 \text{ cm}^3$), 75 ($114,12 \text{ cm}^3$) y 90 ($78,17 \text{ cm}^3$) días después de la siembra fueron encontrados en el genotipo IMC-67, la mayor longitud de raíz fue evidencia en el cacao CCN-51 con 15,70 cm. La menor concentración de cadmio en la raíz (7,47 ppm) y de la parte aérea (5,97 ppm) fue evidenciada en el genotipo POUND-12, En el mismo cultivar se encontró el menor contenido de cadmio en la raíz (7,83 μg), parte aérea (0,88) y raíz+ parte aérea (8,71 μg). El genotipo EET-95 fue el que reflejo la menor eficiencia en absorción (60,56 $\mu\text{g/g}$) y translocación de cadmio (6,44 $\mu\text{g/g}$). Los genotipos de cacao presentan variabilidad en sus características morfológicas como en los parámetros de absorción y bioacumulación de Cd. El genotipo IMC-67 mostro el mejor índice de vigor. Mientras, que el genotipo POUND-12 es posee poca capacidad en bioacumular Cd. Mientras que el genotipo EET-95 presenta la menor capacidad en absorber cadmio y translocarlo a la parte aérea.

Palabras claves: Metales pesados, absorción, suelo, contaminación, invernadero.

ABSTRACT

The present investigation was carried out in the greenhouse of the Soil and Water Management Department of the Pichilingue Tropical Experimental Station of the National Agricultural Research Institute. The objective of this work was to evaluate the extracting capacity of cadmium in cocoa genetic materials from the collection of the National Institute of Agricultural Research - EETP. In order to be used as patterns in the plant multiplication process, growing in soil contaminated with cadmium. The variables under study were; vigor index (cm³), chlorophyll index (Spad), root length (cm), root dry weight (g), aerial part dry weight (g), cadmium concentration in aerial part and root, cadmium content in the aerial part, root and aerial part + root, efficiencies of absorption, translocation and phyto-extraction of cadmium. To distinguish the significance of the means, the Tukey test was used at the level of significance of 0.5 for the comparison of the means between the treatments. The best root dry weight (0.22 g), aerial part dry weight (1.70 g), and vigor index at 45 (78.84 cm³), 60 (88.92 cm³), 75 (114, 12 cm³) and 90 (78.17 cm³) days after sowing were found in the IMC-67 genotype, the longest root length was evidenced in the CCN-51 cocoa with 15.70 cm. The lowest cadmium concentration in the root (7.47 ppm) and in the aerial part (5.97 ppm) was evidenced in the POUND-12 genotype. In the same cultivar, the lowest cadmium content was found in the root (7, 83 µg), aerial part (0.88) and root + aerial part (8.71 µg). The EET-95 genotype was the one that reflected the lowest efficiency in cadmium absorption (60.56 µg /g) and translocation (6.44 µg / g). The cocoa genotypes show variability in their morphological characteristics as well as in the absorption and bioaccumulation parameters of Cd. The IMC-67 genotype showed the best vigor index. Meanwhile, the POUND- 12 genotype has little capacity to bioaccumulate Cd. While the EET-95 genotype has the lowest capacity to absorb cadmium and translocate it to the aerial part.

Keywords: Heavy metals, absorption, soil, pollution, greenhouse.

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	i
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA.....	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
3. JUSTIFICACIÓN.....	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
6. OBJETIVOS.....	5
6.1. Objetivo general	5
6.2. Objetivos específicos.....	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	6
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	7
8.1. Cadmio	7
8.2. Genotipos de cacao Ecuador.....	7
8.3. Comercialización de cacao en Ecuador	7
8.4. Factores del suelo que influyen en la absorción de Cd en las plantas.....	8
8.5. Efectos tóxicos del cadmio en las plantas	8
8.6. Efectos nocivos del cadmio en la salud humana	9
8.7. Reglamento permisible de cadmio en los derivados de chocolate emitido por la Unión Europea.....	9

8.8. Antecedentes de investigaciones de cadmio en cacao.....	9
9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS	10
10 METODOLOGÍAS	11
10.1. Ubicación y duración del ensayo.....	11
10.2. Materiales y equipos.....	11
10.3. Factores en estudio	11
10.4. Análisis de varianza.....	12
10.5. Variables en estudio	12
10.5.1. Altura de planta (cm).....	12
10.5.2. Diámetro del tallo (mm).....	13
10.5.3. Diámetro de la corona foliar (cm)	13
10.5.4. Circunferencia del tallo (mm).....	13
10.5.5. Índice de vigor (cm ³).....	13
10.5.6. Índice de clorofilas	14
10.5.7. Longitud de raíz.....	14
10.5.8. pH y CE del suelo y rizósfera.....	14
10.5.9. Biomasa seca de parte aérea y radical	14
10.5.10. Determinación de cadmio.....	15
10.5.11. Manejo del experimento.....	15
10.6. Distribución de los tratamientos.....	43
11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
12. IMPACTOS	24
13. PRESUPUESTO.....	25
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	26
14.1. Conclusiones.....	26
14.2. Recomendaciones	26
15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
16. ANEXOS.....	31

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Contrato no exclusivo de derechos de autor	31
Anexo 2. Aval traducción.....	34
Anexo 3. Hoja de vida del docente.....	35
Anexo 4. Hoja de vida del estudiante	36
Anexo 5. Fotografías realización del proyecto.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Recolección de mazorcas de cacao fisiológicamente madura.....	37
Figura 2. Retiro del mucilago y de la epidermis de las semillas de cacao	38
Figura 3. Siembra de semillas de cacao.....	38
Figura 4. Riego de plantas de cacao	39
Figura 5. Aplicación de fertilización en los genotipos de cacao	39
Figura 6. Evaluación de indicadores de crecimiento e índice de clorofila en plantas de cacao	40
Figura 7. Toma de datos de longitud de raíz	41
Figura 8. Peso de muestra, lectura de pH y conductividad eléctrica	41
Figura 9. Peso de materia seca parte aérea y radical	42
Figura 10. Digestión de masa seca y filtrada.....	42

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto: Capacidad extractora de cadmio en materiales genéticos de cacao procedentes de la colección del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria- EETP.

Fecha de inicio: abril 2021

Fecha de finalización: agosto 2021

Lugar de ejecución: Instituto Nacional de Investigación Agropecuarias- Estación Experimental tropical Pichilingue

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia: Ingeniería Agronómica

Equipo de Trabajo: Jair Alexander Rendón Holguín

Dr. Manuel Carrillo Zenteno

Ing. Karina Peña Salazar

MSc. Jean Pincay Ronquillo

Área de Conocimiento

- **Área:** Ciencias Agrarias Cód. 3100
- **Disciplina:** Desarrollo vegetal Cód. 241715

Línea de investigación

- Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

Sub línea de investigación

- Producción agrícola sostenible

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El cacao es un cultivo clave en los países que se encuentra en vías de desarrollo como son los de América Latina y el Caribe, así como los ubicados en África, porque este producto agrícola es el sostén de la economía activa de estos países, genera importantes rubros económicos y una demanda alta de mano obrera, esto ha influido a que se incremente el uso del suelo agrícola con cacao en los diferentes países que producen cacao (Arvelo *et al.*, 2017).

Ecuador es uno de los países líder en producción y exportación de cacao, las plantaciones de cacao en este país se concentran en la región del litoral por las condiciones climáticas idóneas que esta zona presenta para el desarrollo de este cultivo, miles de familias campesinas se benefician de la cacao-cultura (Chávez *et al.*, 2018).

El cadmio es un elemento traza perjudicial para los diferentes tipos de vida que se alberga en el mundo, este metal produce daños a la salud humana que son pocos reversibles, causando problemas en el funcionamiento normal del hígado, riñones, aparato digestivo y sistema nervioso (Mead, 2011). Las plantas que no son bioacumuladores de este metal cuando absorbe en cantidades relativamente altas presenta toxicidad llevándolas a la muerte.

Actualmente, la principal problemática que enfrenta la agro-cadena de cacao es la presencia relativamente alta de Cd, lo cual pone en peligro la comercialización de este producto agrícola, porque varias entidades gubernamentales han puesto en vigencia los límites permisibles máximos de Cd en los derivados de cacao, especialmente la Unión Europea estableció generalmente que la concentración deberá permanecer en un rango de 0,10 a 0,80 ppm de Cd (Meter *et al.*, 2019).

En Ecuador se han incentivado a buscar genotipos de cacao que contengan el más mínimo potencial en absorber y bioacumular Cd, debido a ser un país muy biodiverso especialmente en esta especie. Se ha previsto que encontrar genotipos de cacao con poca habilidad de tomar Cd del suelo y bioacumularlo en sus tejidos es una de las estrategias para seguir reduciendo al mínimo la entrada del Cd a la cadena de cacao.

3. JUSTIFICACIÓN

A nivel global se estima que Ecuador es el tercer país con mayor producción de cacao después de Costa de Marfil, y Ghana; también es la primera nación con el índice de producción más alto en cacao fino de aroma aportando con el 65% de la producción mundial (Lazo, 2019).

Se considera que Ecuador durante el periodo 2014 exportó 195 t de cacao generando ingresos de \$587 millones de dólares a través del tiempo mantuvo su desarrollo, donde en el 2019 exportó 325 t generando rubros económicos de \$720 millones de dólares, también se estima que aproximadamente 240 000 familias dependen de la agro-cadena cacaotera en la inducción de empleo directo e indirecto (Córdova *et al.*, 2021).

La absorción de cadmio por las plantas en suelos contaminados y su incorporación a la cadena alimenticia tiene en la actualidad mucha importancia, debido a que este elemento puede alterar el metabolismo humano, acumulándose en los riñones, donde su vida media de permanencia es de 17 a 30 años. Lo cual es la principal problemática que enfrenta la agro-cadena cacaotera la alta presencia de Cd en sus granos, lo cual podría restringir su comercialización, así generando pérdidas económicas y desempleo (Vargas *et al.*, 2021).

Sobre la base de las consideraciones anteriores, se ha propuesto en buscar alternativas para reducir la problemática de Cd, se estima encontrar genotipos de cacao de baja absorción y acumulación de este metal, esto en Ecuador no se encuentra específicamente identificado.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Los beneficiarios directos son el ministerio de agricultura, productores de cacao, viveristas, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, La Universidad Técnica de Cotopaxi.

Los beneficiarios indirectos se encuentran comerciantes e importadores de cacao, productores de derivados de cacao.

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La contaminación por metales pesados en los recursos naturales es las más rígidas problemáticas que comprometen la seguridad alimentaria y salud pública a nivel mundial, se ha considerado que estos elementos tóxicos son los causantes de enfermedades catastróficas, por lo cual se ha propuesto restringir la entrada de dichas sustancias a las cadenas agroalimentarias (García y Cruz, 2012).

Uno de los elementos trazas que ha generado un progresivo impacto negativo sobre los ecosistemas es el cadmio debido que es ampliamente utilizado en la industria y productos agrícolas, posee una gran movilidad esto ha influenciado a que puede ser rápidamente absorbido por las plantas entrando así a la cadena trófica (Larramendi, 2003). Por lo anterior varias identidades gubernamentales a nivel mundial han establecidos normativas que indica el límite máximo permitido que deben de tener los alimentos o sus derivados para que puedan ser comercializado.

En el caso del cacao la Unión Europea el 01 de enero del 2019 puso en vigencia la nueva normativa que establece los límites máximo de Cd en los subproductos del cacao, concentraciones que fluctúan de 0,10 a 0,80 ppm, se abordados casos de estudios y resultados obtenidos en algunos países de América Latina incluido Ecuador como las principales localidades que producen granos de cacao con el mayor contenido de Cd (Meter *et al.*, 2019).

La acumulación de Cd en los granos de cacao podría poner en riesgo su comercialización, lo cual no solo generaría grandes pérdidas económicas en todo el sector cacaotero, sino que también se aumentaría la tasa de desempleo en el Ecuador. Por lo anterior se propuesto en buscar diferentes vías para reducir al máximo esta problemática.

En Ecuador no se ha determinado los mecanismos fisiológicos de cultivares de baja absorción y acumulación de Cd, esta podría ser una de las alternativas para reducir la absorción y acumulación de este metal.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo general

Evaluar la capacidad extractora de cadmio en materiales genéticos de cacao procedentes de la colección del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria- EETP.

6.2. Objetivos específicos

- Evaluar variables agronómicas en materiales genético de cacao procedente del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria
- Conocer la capacidad de absorción de cadmio en diferentes genotipos de cacao.
- Determinar el contenido de cadmio en los tejidos de materiales genéticos de cacao.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

OBJETIVOS ESPECIFICOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS	VERIFICACIÓN
<p>Evaluar variables agronómicas de cacao genético de materiales del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria</p>	<p>Medir morfometría en plantas de cacao.</p>	<p>Valores de las variables: altura de planta, diámetro del tallo, diámetro de corona foliar, longitud de raíz</p>	<p>Fotos, archivos Excel, bitácora</p>
<p>Conocer la capacidad de absorción de cadmio en diferentes genotipos de cacao.</p>	<p>Análisis de laboratorio en los tejidos de plantas de cacao.</p>	<p>Valores de la cuantificación de cadmio en los tejidos de plantas de cacao</p>	<p>Fotos, archivos Excel, bitácora</p>
<p>Determinar el contenido de cadmio en los tejidos de los materiales genéticos de cacao.</p>	<p>Aplicación de fórmulas para determinar la concentración de absorción de cadmio en las plantas.</p>	<p>Valores de las ecuaciones matemáticas para la determinación del contenido de cadmio</p>	<p>Fotos, archivos Excel, bitácora</p>

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1. Cadmio

El Cadmio es un metal pesado toxico, se encuentra disperso en toda la corteza terrestre y se asocian a distintos minerales, podemos agregar que el ser humano ha colaborado en su mayor parte a disociar este metal, debido a los procesos antropogénicos como la explotación minera, industrialización, urbanización y actividades agrícolas (Nava-Ruíz y Méndez-Armenta, 2011).

Los metales pesados llegan a ser una gran problemática en lo que respecta a la contaminación del medio ambiente, sobre todo en las plantas cuando se abstrae en cantidad excesiva o se coloca en los suelos. Además, la contaminación por cadmio perjudica a toda la cadena alimenticia (Acosta, 2007).

8.2. Genotipos de cacao Ecuador

Ecuador cuenta con diversos materiales genéticos, los más comerciales son CCN-51, EET103, IMC67, ICS95, EET 95, EET400 y POUND-12 entre otros (Arvelo *et al.*, 2017). Según, el Instituto Nacional de estadística y Censo (INEC, 2020) la superficie plantada de cacao en Ecuador es de 590.579 ha con una producción de 327.903 toneladas, reflejando un rendimiento de 0,62 t/ha. Asu vez, el INEC señala que geográficamente la mayor producción de cacao en el Ecuador se sitúa en las provincias de Guayas, Los Ríos, Manabí, El Oro y Esmeraldas.

8.3. Comercialización de cacao en Ecuador

Desde el año 1780 en Ecuador se produce cacao, pero fue en el 1911 que se convirtió en uno de los países lideres en exportación a nivel mundial, en la actualidad los granos de cacao que se exporta no es más que mezcla de Nacional y Trinitario, cultivares que fueron introducidos al territorio ecuatoriano en las décadas de los 30 y 40, se los estima como tradicional (Guerrero, 2013).

Según, Sánchez *et al.* (2019) el cacao en la región litoral del Ecuador es un cultivo emblemático, en el 2019 sus exportaciones dejaron 157 millones dólares, del cual el 33, 07% lo registro Guayas

evidenciado ser una de las provincias con elevada actividad económica, seguida de Los Ríos, Santo Domingo, Esmeraldas y Manabí con el 23,89, 10,40, 10,13 y 6,01 %. Sin embargo, actualmente los países de América Latina incluido Ecuador enfrenta el reto por el problema del cadmio, elemento traza que puede generar pérdidas económicas por que la alta presencia de este metal en los granos podría restringir su comercialización (Arvelo *et al.*, 2017). Esta afectación generaría desempleo, pérdidas económicas que serían difícil de recuperar.

8.4. Factores del suelo que influyen en la absorción de Cd en las plantas

Cualquier elemento que se concentra en el suelo, no se encuentra siempre disponible para la planta, debido a que los factores que regulan la movilidad y transferencia del Cd en el sistema suelo-planta son el pH, textura, materia orgánica, capacidad intercambio catiónico (Fitter y Hay, 2002). Los cuales también son afectados por las actividades de laboreo que realiza el hombre en el suelo (Zia-ur-Rehman *et al.*, 2019).

8.5. Efectos tóxicos del cadmio en las plantas

Los altos niveles de concentración de cadmio en los suelos al ser absorbido por las plantas minimizan el contenido relativo de agua de las hojas, la conductancia estomática y transpiración, lo que resulta en daños fisiológicos (Rizwan *et al.*, 2016). También la toxicidad del cadmio genera sobreproducción de especies reactivas de oxígeno lo que destruye biomoléculas y orgánulos celulares (Abbas *et al.*, 2017 y Clemens *et al.*, 2013).

También cuando el Cd se encuentra en niveles relativamente elevados en el suelo afecta la actividad microbiológica, disminuyendo la cantidad de células bacterianas y retardando su crecimiento, lo que repercute a disminuir la simbiosis de la planta con los microorganismos promotores del crecimiento, afectando indirectamente el crecimiento de las plantas. (Zia-ur- Rehman *et al.*, 2019).

El cadmio puede remover en los sitios de absorción a cationes esenciales esto son llevados a la solución del suelo y lavados hasta las capas mas profunda por las lluvias o agua del riego, también el Cd compiten con los cationes (Ca, Mg y Zn) dentro de los canales de transporte en la

membrana celular de las plantas, así interrumpido la entrada de estos elementos esenciales para el crecimiento y desarrollo de la planta (Sarwar *et al.*, 2010).

8.6. Efectos nocivos del cadmio en la salud humana

Los seres humanos están expuestos al Cd por la ingesta de alimentos, humo del cigarrillo, así como del agua y aire contaminados con este metal. La entrada de Cd a las células no es igual en todos los sistemas y puede ser llevada a cabo por transporte activo o pasivo, o por canales de calcio, una vez que el cadmio entre al cuerpo humano se acumula por periodos largos en el organismo (Rodríguez, 2017).

El cadmio provoca severos daños a los riñones, hígado, sistema digestivo, nervioso y respiratorio (Rodríguez, 2017). Se ha previsto que los metales pesados son problema grave de salud no solo por las enfermedades que ocasiona sino también por lo que no se elimina y si se lo hace es en una pequeña escala (Nava y Méndez, 2011).

8.7. Reglamento permisible de cadmio en los derivados de chocolate emitido por la Unión Europea

En la tabla 1 se presenta el nivel máximo permitido de cadmio en los derivados de chocolate, vigente desde enero del 2019, emitido por la Unión Europea

Tabla 1. Reglamento vigente sobre el contenido máximo de cadmio que deben tener los derivados de cacao

Producto	Nivel máximo permisible (ppm)
chocolate con leche con un contenido de materia seca total de cacao < 30 %	0,1
chocolate con leche con un contenido de materia seca total de cacao < 50 %; chocolate con un contenido de materia seca total de cacao < 30 %	0,3
chocolate con leche con un contenido de materia seca total de cacao < 50 %	0,8
cacao en polvo vendido al consumidor final o como ingrediente en cacao en polvo edulcorado vendido al consumidor final (Chocolate para beber)	0,6

Fuente: Reglamento de la Comisión Europea (UE) 488/2014 citado por (Meter *et al.*, 2019)

8.8. Antecedentes de investigaciones de cadmio en cacao

En Perú Acosta, (2013) realizó un estudio sobre el efecto del cadmio en la germinación de semillas, morfología de plántulas y concentración de cadmio en tres variedades de cacao

(*Theobroma cacao* L.). Encontró la mayor concentración de cadmio en la variedad CMP-99, seguida de las variedades CMP-15 y CCN-51. Por otra parte, en las variables morfológicas externa como la longitud radicular y diámetro del tallo no se evidenció diferencia significativa entre variedades.

Mientras tanto, Chupillón (2017) estudió la absorción de cadmio y plomo en seis genotipos de cacao, para el establecimiento de plantaciones comerciales, las variables bajo estudios fueron; altura de planta, diámetro del tallo, número de hojas, área foliar y radicular, materia seca de la raíz y parte aérea, cuantificación de cadmio y plomo en la parte aérea y raíz. Los resultados indicaron que el cadmio y plomo no afectó a las variables de crecimiento. Respecto al contenido de Cd se encontró que en la menor dosis de Cd (50 mg kg⁻¹) las variedades CCN-51 y ICS-60 obtuvieron el mayor contenido de Cd, valores de 11,73 y 12,97 mg/planta. En esta misma solución de Cd este autor tuvo el mayor contenido de Cd del sistema radicular en ICS-60 y ICS-95, valores de 9,94 y 8,48 mg/planta.

Mientras que Castro et al. (2015) realizó estudios sobre los cambios morfológicos, bioquímicos, moleculares y ultraestructurales inducida por toxicidad de Cd en plántulas de *Theobroma cacao* L. Se observó que el Cd causa cambios morfológicos, bioquímicos, moleculares y ultraestructurales en las plántulas de cacao, también genera deformación en cloroplastos, condensación de cromatina nuclear y reducción del grosor del mesófilo.

9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

Ho: Los materiales genéticos de cacao utilizados como patrones poseen la misma capacidad de absorción y traslocación de cadmio

Ha: Los materiales genéticos de cacao utilizados como patrones tienen diferente capacidad de absorción y traslocación de cadmio.

10 METODOLOGÍAS

10.1. Ubicación y duración del ensayo

La presente investigación se llevará a cabo en el invernadero del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA) de la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ubicada en el km 5 vía Quevedo - El Empalme, cantón Mocache, provincia de Los Ríos. La EETP, se encuentra situada geográficamente en las coordenadas 79° 27' longitud Oeste y 1° 06' Latitud Sur. A una altura de 75 msnm. El tiempo que duró el ensayo fue 120 días de los cuales 90 días correspondieron a trabajo experimental y 30 días de establecimiento del experimento. El suelo que se utilizó en el presente trabajo fue de la Provincia de El Oro, concretamente el punto donde fue recolectado se encuentra ubicado geográficamente a latitud S 3° 23' 29.256" O 079° 50' 33" (Albán, 2017).

El suelo contuvo la siguiente composición química: NH₄ (22 ppm) P (23 ppm) K (0,49 meq/ 100 mL) Ca (19 meq/100 mL) Mg (2,8 meq 100/mL), S (6 ppm), Zn (8,2 ppm), pH (6,2), conductividad eléctrica (0,31 dS/m) y Cd (1,53 ppm).

10.2. Materiales y equipos

Tabla 2. Materiales y equipos

Materiales	Equipos
Macetas	Cámara fotográfica
Pala	Spad
Regla graduada	Computador
Bandejas de plástico	Impresora
Vasos de plástico	Espectrofotómetro de absorción atómica
Balanzas mecánica y electrónica	Calibradores
Cuaderno de notas	Dosificadoras

Elaborado por: Rendón (2022)

10.3. Factores en estudio

Los tratamientos bajo estudio fueron los genotipos de cacao en un diseño de bloque al azar con tres replicas, las unidades experimentales estuvieron constituidas por cuatro plantas (tabla 3).

Tabla 3. Tratamientos que se consideraron para realizar el estudio

Genotipos	Bloques	UE	Total
CCN-51	3	4	12
IMC-67	3	4	12
EET-399	3	4	12
EET-400	3	4	12
POUND-12	3	4	12
EET-400	3	4	12
EET-103	3	4	12
Total			86

Elaborado por: Rendón (2022)

10.4. Análisis de varianza

Los resultados se procesaron en el software estadístico Infostat (Di rizenzo *et al.*, 2020), se aplicó la prueba de Tukey al nivel de significancia de 0,05 para la comparación de las medias entre los tratamientos (tabla 4).

Tabla 4. Esquema de análisis de varianza

Fuentes de variación		Grados de libertad
Tratamientos	(t-1)	6
Repeticiones	(r-1)	2
Error experimental	(t-1) (r-1)	12
Total	(t x r) -1	20

Elaborado por: Rendón (2022)

10.5. Variables en estudio

10.5.1. Altura de planta (cm)

Esta variable se cuantifico a los 45, 60, 75 y 90 días después de la siembra (DDS), la cual fue medida desde la superficie del suelo hasta el último meristema apical.

10.5.2. Diámetro del tallo (mm)

En el mismo tiempo que se registró la variable anterior se registró el diámetro del tallo una altura de 2 cm desde la base del mismo, utilizando un calibrador digital.

10.5.3. Diámetro de la corona foliar (cm)

Esta variable se evaluó a los 45, 60, 70 y 90 DDS. Para ello se midió el ápice de las hojas ubicadas en las dos ramas más distantes al nivel tercio medio de la planta, utilizando una regla.

10.5.4. Circunferencia del tallo (mm)

Para determinar esta variable se utilizó los datos obtenidos en el diámetro del tallo y se aplicó la siguiente fórmula:

$$C = D * \pi$$

Donde:

$$\begin{aligned} C &= \text{Circunferencia del tallo} \\ D &= \text{Diámetro del tallo} \\ \pi &= \text{Pi} \end{aligned}$$

10.5.5. Índice de vigor (cm³)

Es una medida que hace referencia al volumen de biomasa de la planta, esta variable se registrara a los 60 y 90 DDS. Utilizando los datos de circunferencia del tallo (transformado primero a cm), altura de planta y diámetro de corona, aplicando la siguiente fórmula (Loor *et al.*, 2016):

$$IV = \frac{C^2}{4} \sqrt{H^2} * \frac{L^2}{4}$$

Donde:

$$\begin{aligned} IV &= \text{índice de vigor} \\ C &= \text{Circunferencia del tallo (cm)} \\ H &= \text{Altura de planta (cm)} \\ L &= \text{Diámetro de corona foliar (cm)} \end{aligned}$$

10.5.6. Índice de clorofilas

Esta variable fue cuantificada a los 45, 60, 75 y 90 DDS, en hojas saludables totalmente expandidas en la parte central de la planta. Se realizaron 2 lecturas a 2 hojas en todas las plantas que constituyeron la unidad experimental por tratamiento. El índice de clorofila fue determinado en el centro de la lámina de la hoja, donde se evitó tocar la nervadura central, este parámetro fue cuantificado a las 9h00 y 12h00 con el fin de asegurar de que las planta estuviera con activada fotosintética. El equipo que se utilizó para estas lecturas fue el medidor de contenido de clorofilas portátil Chlorophyll Meter SPAD-502 Plus.

10.5.7. Longitud de raíz

Para medir esta variable se utilizó un flexómetro y se utilizó desde la base de la planta hasta termina su raíz principal.

10.5.8. pH y CE del suelo y rizósfera

Las fundas fueron destruidas para recolectar individualmente muestra del suelo y rizósfera. Para cuantificar el Ph y CE del suelo se pesó 20 g de muestra en un vaso de plástico, luego se agregó 50 mL de agua desionizada (relación 1:2,5 P: V), después dicha solución fue llevada a agitación por 5 min. y puesta en reposo por una hora. La medición de pH se hizo con un potenciómetro y el cálculo de CE con un conductímetro.

La metodología para calcular el pH y CE de la rizósfera fue la misma que se empleó en el suelo a diferencia que solo se pesó un 1 g de muestra y se agregó 2,5 mL de agua desionizada. Luego de esto se leyó inmediatamente el pH y CE.

10.5.9. Biomasa seca de parte aérea y radical

Las plantas se enjugaron en agua del grifo, después fueron sumergidas en una solución con ácido clorhídrico (3%), y sulfato de magnesio $0.001 \text{ mol. L}^{-1}$, seguido de un enjuague de agua destilada y desionizada. Luego se dividió cada planta en partea aérea (hojas+ tallos) y radicular. Posteriormente, fue colocado por separado cada órgano vegetal en fundas de papel, etiquetadas respecto a cada genotipo y repetición. El material vegetal fue introducido a una estufa a $65 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por 72 h. Luego las muestras fueron pesadas en una balanza analítica.

10.5.10. Determinación de cadmio

Las muestras de tejido vegetal colectadas y secas serán molidas utilizando un molino tipo “Willey”. Previamente a cada molida de cada órgano vegetal, el molino se limpiará con toallas absorbentes, agua desionizada y con papel higiénico para evitar la contaminación.

Se tomo aproximadamente 0,5 g de tejido para la extracción de Cd, muestras que fueron llevadas mineralización nítrico-perclórica (relación 4:1); que consistió en adicionar HNO₃ (8 mL) + HClO₄ (2 mL). Una hora después se colocó esta composición en una placa calentadora a ± 180 °C, por unos 90 min. La digestión estuvo lista con el apareamiento de humo blanco y la formación de un líquido incoloro, el extracto se filtró en un matraz de 50 mL y llevado a volumen con agua ultrapura. La cuantificación de Cd fue realizada en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica, con horno de grafito a una longitud de onda de 228.8 nm con aire - acetileno.

Mediante las fórmulas establecidas por Wang *et al.* (2007); se cuantifico la **eficiencia de la absorción de cadmio**, (1) definida como la habilidad del sistema radicular en absorber cadmio del suelo, **eficiencia de la translocación** (2) señalada como la habilidad de la planta en traslocar cadmio a la parte aérea y **eficiencia de la fito-extracción** (3) determinada como la habilidad del sistema de raíces en transportar cadmio a la parte aérea.

$$(1) \text{ Eficiencia de la Absorción } (\mu\text{g/g}) = \frac{\text{cadmio en toda la planta}}{\text{peso seco de raíz}}$$

$$(2) \text{ Eficiencia de la Translocación } (\mu\text{g/g}) = \frac{\text{cadmio en la parte aérea (tallo y hoja)}}{\text{cadmio en la raíz}}$$

$$(3) \text{ Eficiencia de la Fito-extracción } (\mu\text{g/g}) = \frac{\text{cadmio en la parte aérea}}{\text{peso seco de raíz}}$$

10.5.11. Manejo del experimento

El suelo se homogenizo moliéndolo con un rodillo, inmediatamente se llenaron las fundas plásticas de 6” x 8” pulgadas donde se colocó 700,0g de suelo, el peso fue registrado con una balanza de precisión.

Las semillas de los diferentes genotipos de cacao fueron obtenidas de mazorcas maduras que fueron recolectadas en el jardín clonal del INIAP, Pichilingue. Después de haber sido extraídas

las semillas de sus frutos se sumergieron en agua corriente por 24 h, para luego ser sembradas. Antes de la siembra se llevaron las fundas a capacidad de campo aplicando con agua desionizada 140 mL/funda, volumen que fue fraccionado en tres partes, aplicándose cada fracción después de transcurrir una hora.

Se realizó un plan de fertilización con macronutrientes de acuerdo a la composición química del suelo y los requerimientos nutricionales del cultivo en etapa de vivero. Se tomo en cuenta las exigencias de NPK (g/funda de 2 kg) indicadas por García (2018), así mismo para Ca y Mg (Crespo y Crespo, 1997, como se citó en Vélez, 2018), estas dosis fueron relacionadas a g/funda de 0,7 kg. El requerimiento de azufre fue realizado según lo recomendado por la Corporación BPA (2012) para plantas establecidas en campo con edad de 1 año, a la cual se le colocó una constante para concretar la dosis para g/funda de 2 kg y posteriormente determina las exigencias g/fundas de 0,7 kg.

Se utilizó urea (46 % N) como fuente de nitrógeno, fosfato diaomónico (18 % N, 46 % P) para incorporar fosforo, mientras como principio activo de potasio se empleó cloruro de potasio (60 % K), se suministró sulfato de amonio (24 % S, 21 % N) para incorporar azufre, también se utilizó sulfato de magnesio (27 MgO % 16 % S) y nitrato de calcio (15 % N, 26 % CaO) para aplicar Mg y Ca, respectivamente. En la tabla 5 se muestra la dosis de fertilizante aplicar según el requerimiento nutricional. El N y S se aplicó en tres fracciones a los 21, 42 y 63 DDS, mientras que el K₂O, CaO y MgO fueron incorporado a los 21 y 42 DDS. La aplicación de P₂O₅ fue al momento de la siembra.

Tabla 5. Plan de fertilización que se utilizó para el crecimiento de los genotipos de cacao

Aplicaciones	Nutrientes						Fertilizantes					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	MgO	CaO	g/funda 0,7 kg					
							Urea	Sulfato de Amonio	Nitrato de calcio	DAP	Sulfato de Magnesio	Muriato de Potasio
1	0,72	1,81		0,29				1,2		3,94		
2	0,48	0	0,59	0,29	0,14			0,87	1,16	0	0,5	0,98
3	0,97	0	0,59	0,29	0,14	0,30	1,04	0,87	1,16	0,00	0,5	0,98

Elaborado por: Rendon (2022)

11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 6 se presenta los resultados de la variable altura de plantas en los diferentes tiempos de evaluación, se observa diferencias estadísticas entre genotipos, siendo el cultivar IMC-67 el que obtuvo los mejores promedios a los 45, 60, 75 y 90 DDS con valores de 20,67; 21,17; 21,13 y 21,40 cm. Igualmente Chupillon (2017) encontró diferencia significativa en la altura de planta cuando evaluó la concentración de cadmio y plomo de diferentes genotipos de cacao, siendo el cacao nacional el que obtuvo los mayores promedios 25,9; 31,0; 33,1; 34,8 cm a los 65, 80, 95 y 110 DDS, valores que son superiores a los del presente trabajo, pero corroborados en diferentes tiempo de evaluación que a los del presente trabajo.

Tabla 6. Comportamiento de la variable altura de planta en diferentes tiempos de evaluación

Genotipos	45 DDS	60 DDS	75 DDS	90 DDS
POUND-12	16,27 b	16,73 b	17,07 ab	16,90 bc
EET-103	18,00 ab	18,77 ab	18,70 ab	18,50 abc
EET-399	18,83 ab	19,37 ab	19,90 ab	19,53 abc
ETT-400	18,27 ab	18,60 ab	18,57 ab	18,13 abc
IMC-67	20,67 a	21,17 a	21,13 a	21,40 a
ETT-95	15,63 b	15,83 b	15,87 b	15,97 c
CCN-51	20,53 a	20,80 a	21,20 a	20,70 ab

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

Elaborado por: Rendón (2022)

En la tabla 7 se observa el efecto de los materiales genéticos de cacao sobre la variable diámetro de corona foliar, se observa que solo en el primer tiempo de evaluación (45 DDS) los materiales genéticos de cacao obtuvieron diferencias estadísticas entre ellos, siendo el genotipo IMC-67 el que obtuvo el mayor promedio con 26,03 cm, seguido del genotipo CCN-51 (22,03 cm) en comparación con los demás genotipos que obtuvieron los menos promedios específicamente el cultivar EET-95 que presento los menores promedios a los 45, 60, 75 y 90 DDS valores de 15,63, 15,83; 15,87 y 15,97 cm. Por otra, parte cabe de recalcar que primera vez que se registra esta variable a nivel genotípico en patrones de cacao.

Tabla 7. Comportamiento de la variable diámetro de corona foliar en diferentes tiempos de evaluación

Genotipos	Diámetro de corona foliar (cm)			
	45 DDS	60 DDS	75 DDS	90 DDS
POUND-12	18,5 b	17,6 a	21,2 a	20,73 a
EET-103	18,37 b	15,97 a	19,57 a	20,73 a
EET-399	19,6 ab	19,7 a	22,67 a	21,27 a
ETT-400	21,8 ab	17,67 a	19,2 a	20,73 a
IMC-67	26,03 a	20,53 a	22,47 a	21,60 a
ETT-95	19,13 ab	16,7 a	19,53 a	24,43 a
CCN-51	22,33 ab	18,67 a	17,77 a	20,73 a

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

Elaborado por: Rendón (2022)

En la tabla 8 se presenta el comportamiento genotípico de cacao en la variable diámetro de tallo a los 45, 60, 70 y 90 DDS, se visualiza que en ninguno de los tiempos de evaluación se encontró diferencia significativa entre tratamientos. Estos resultados coinciden con los reportados por Acosta (2013) quien evaluó el efecto del sulfato de cadmio en la germinación y el crecimiento de tres genotipos (CCN-51, CMP-15 y CMP-99) de cacao en etapa de vivero y en ningún genotipo encontraron significancia estadística en la variable diámetro del tallo.

Tabla 8. Comportamiento de la variable diámetro del tallo de los genotipos de cacao en diferentes tiempos de evaluación

Genotipos	Diámetro del tallo (cm)			
	45 DDS	60 DDS	70 DDS	90 DDS
POUND-12	0,37 a	0,36 a	0,39 a	0,40 a
EET-103	0,34 a	0,38 a	0,41 a	0,39 a
EET-399	0,36 a	0,36 a	0,39 a	0,39 a
ETT-400	0,35 a	0,38 a	0,38 a	0,38 a
IMC-67	0,35 a	0,40 a	0,44 a	0,38 a
ETT-95	0,34 a	0,35 a	0,43 a	0,36 a
CCN-51	0,33 a	0,41 a	0,37 a	0,35 a

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

Elaborado por: Rendón (2022)

En la tabla 9 se presenta el índice de vigor de los genotipos de cacao a los 45, 60, 75 y 90 días después de la siembra. En los distintos tiempos de evaluación no se encontró significancia estadística entre genotipos, sin embargo, en el genotipo IMC-67 se encontró los mayores valores (78,84; 88,92; 114,12 y 78,17 cm³) para los (45, 60, 75 y 90 DDS). No obstante, Bello (2020) realizó un estudio similar a nivel de invernadero, manifestando que en esas condiciones POUND-7 en comparación con los genotipos CCN-51, ICS-60, ICS-95, POUND-7 y VRAE-99 tiene mayor vigor. Por otra parte, Recalde *et al.* (2012) en condiciones de campo, evidenciaron que el cacao nacional tiene el mayor índice de vigor en relación a CCN-51.

Tabla 9. Efecto genotípico de patrones de cacao en la variable índice de vigor a los 45, 60, 75 y 90 días después de la siembra

Días después de la siembra	Genotipo	Índice de vigor (cm ³)
45	POUND-12	51,83 a
	EET-103	46,69 a
	EET-399	59,93 a
	ETT-400	62,37 a
	IMC-67	78,84 a
	ETT-95	41,38 a
	CCN-51	63,17 a
60	POUND-12	47,05 a
	EET-103	53,96 a
	EET-399	61,66 a
	ETT-400	59,56 a
	IMC-67	88,92 a
	ETT-95	39,29 a
	CCN-51	81,94 a
75	POUND-12	68,16 a
	EET-103	76,17 a
	EET-399	86,67 a
	ETT-400	67,02 a
	IMC-67	114,12 a
	ETT-95	70,34 a
	CCN-51	65,25 a
90	POUND-12	71,41 a
	EET-103	68,93 a
	EET-399	76,25 a
	ETT-400	62,14 a
	IMC-67	78,17 a
	ETT-95	61,52 a
	CCN-51	60,40 a

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

Elaborado por: Rendón (2022)

En la tabla 10 se muestra el índice de clorofila de los genotipos de cacao a los 45, 60, 75 y 90 DDS. Se observa que ninguno de los genotipos mostro diferencia significativas en los distintos tiempos de evaluación. No obstante, en condiciones de campo, Héctor *et al.* (2018) encontraron diferencia significativa entre genotipos de cacao, siendo el genotipo L46H75 que generó mayor clorofila en comparación con el clon L26H64 que reflejo los valores menos significantes. Mientras tanto, Fernández (2018) en plantas de siete y dos meses edad del clon IMC67, encontraron índice de clorofila inferiores a los reportados en el presente trabajo. Autores como Fortes *et al.* (2010) sostienen que la concentración de pigmentos de los vegetales esta influenciada por factores ambientales, fertilidad del suelo y edad de la planta.

Tabla 10. Efecto genotípico de patrones de cacao en la variable índice de clorofila a los 45, 60, 75 y 90 días después de la siembra

Días después de la siembra	Genotipo	Índice de clorofila (Spad)
45	POUND-12	36,72 a
	EET-103	39,34 a
	EET-399	39,19 a
	ETT-400	38,57 a
	IMC-67	40,28 a
	ETT-95	40,26 a
	CCN-51	41,34 a
60	POUND-12	40,64 a
	EET-103	41,15 a
	EET-399	39,4 a
	ETT-400	39,99 a
	IMC-67	41,09 a
	ETT-95	42,38 a
	CCN-51	42,46 a
75	POUND-12	37,50 a
	EET-103	36,23 a
	EET-399	36,30 a
	ETT-400	36,24 a
	IMC-67	36,85 a
	ETT-95	38,01 a
	CCN-51	39,51 a
90	POUND-12	34,30 a
	EET-103	21,58 a
	EET-399	23,83 a
	ETT-400	25,68 a
	IMC-67	21,85 a
	ETT-95	31,59 a
	CCN-51	30,06 a

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

Elaborado por: Rendón (2022)

En la tabla 11 se observa el peso seco de raíz, parte aérea, raíz + parte aérea y la longitud raíz de los genotipos de cacao. se distingue que no hubo diferencia significativa entre genotipos, en lo que fue la producción de biomasa seca en las diferentes estructuras morfológicas, esto indica que los clones de cacao en etapa de vivero producen masa seca de forma igual. Sin embargo, Bello (2020) reporto diferencia significativa entre genotipos de cacao en la producción de peso seco de hoja, tallo y raíz, indicando que el genotipo POUND-7 produce la mayor biomasa seca en los diferentes órganos. Igualmente, Chupillon (2017) manifestó que los cultivares de cacao cuando crecen en suelo contaminado con Cd en condiciones de viveros se diferencia en producir biomasa seca, siendo el cacao común el que se destaca en generar mayor masa seca foliar y radicular, con valores de 7,3 y 2,4 g, respectivamente. Resultados que son superiores a los del presente trabajo, porque en este estudio se utilizó para el establecimiento de las plantas bolsas con capacidad de 0,7 kg a diferencia de Chupillon (2017) que empleo valdes con un volumen de 5 kg. Lo cual concuerda con lo manifestado por Osorio *et al.* (2017) quienes realizaron un estudio sobre el crecimiento de plántones de cacao en contenedores de diferentes tamaños, encontrando que la producción de fitomasa es significativa cuando las plantas crecen en contenedores con mayor tamaño. En lo que corresponde el largo de raíz, igualmente no se encontró diferencia significativa entre genotipos, no obstante, el mejor promedio recae en el genotipo CCN-51, valores de 15,70 cm. Asimismo, Acosta (2013) en longitud de raíz no encontró significancias estadísticas entre los cultivares CMP-99, CMP-15 y CCN-51. Sin embargo, Bello (2020) encontró la mayor longitud raíz en la variedad POUND-7 en comparación a los genotipos CCN-51, ICS-60, ICS-95 y VRAE-90 que presentaron los menores promedios.

Tabla 11. Efecto genotípico de patrones de cacao en la producción de materia seca y longitud de raíz

Genotipos	Peso seco de raíz (g)	Peso seco aéreo (g)	Peso seco Raíz + PA (g)	Longitud de raíz (cm)
POUND-12	0,15 a	1,04 a	1,19 a	10,57 a
EET-103	0,18 a	1,19 a	1,37 a	10,77 a
EET-399	0,19 a	1,22 a	1,41 a	12,17 a
ETT-400	0,15 a	1,32 a	1,47 a	10,13 a
IMC-67	0,22 a	1,70 a	1,92 a	10,67 a
ETT-95	0,20 a	1,27 a	1,47 a	10,03 a
CCN-51	0,21 a	1,62 a	1,83 a	15,70 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P > 0,05$)
Elaborado por: Rendón (2022)

En la tabla 12 se muestra el pH y conductividad eléctrica del suelo y de la rizósfera. Se observa que no hubo diferencia significativa entre genotipos. Sin embargo, al comparar el pH del suelo y de la rizósfera se encontró valores similares los cuales fluctuaron de 5,46 a 5,73. Mientras que, la CE del suelo fue mayor a la de rizósfera, valores que oscila de 5,90 a 6,20 dS/m. Resultados que refleja una alta salinidad, esto influye a que las plantas tengan inhibición en su crecimiento (Courel, 2019). Rueda *et al.* (2011) manifestó que la elevada presencia de sales solubles genera problemas en el desarrollo de los cultivos, porque las sales obstruyen la porosidad del suelo y el potencial osmótico de las plantas. En el presente trabajo se encontró que la plantas presentaron una sintomatología café rojiza, efecto por el exceso de sales, lo cual fue evidenciado a los 15 días después de haber aplicado la primera fracción de la fertilización con macronutrientes.

Tabla 12. Efecto genotípico de patrones de cacao en la composición físico-química del suelo y de la rizósfera

Genotipos	pH	Suelo		Rizósfera	
		CE (dS/m)	pH	CE (dS/m)	
POUND-12	5,46 a	6,20 a	5,41 a	2,63 ab	
EET-103	5,58 a	6,13 a	5,57 a	2,60 ab	
EET-399	5,59 a	5,87 a	5,53 a	2,54 b	
ETT-400	5,51 a	5,90 a	5,54 a	2,73 ab	
IMC-67	5,49 a	6,05 a	5,52 a	2,83 a	
ETT-95	5,52 a	6,14 a	5,42 a	2,74 ab	
CCN-51	5,73 a	5,94 a	5,70 a	2,75 ab	

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

Elaborado por: Rendón (2022)

En la tabla 13 se observa la concentración de Cd en la parte aérea y raíz de los genotipos de cacao. En lo que corresponde la parte aérea sobre el genotipo CCN-51 recayó la mayor concentración 9,57 ppm de Cd en comparación con los genotipos EET-399 y POUND-12 que acumularon menos Cd, respectivamente valores de 7,73 y 7,47 ppm. Mientras que en la raíz EET- 399 fue el genotipo con la concentración más alta 9,20 ppm de Cd en relación a POUND-12 que fue el genotipo que obtuvo la concentración más baja, respectivamente 5,97 ppm de Cd. Resultados que difieren a los reportados por Acosta (2013) quien reporto la menor concentración de Cd en plántulas de CCN-51 en comparación con los genotipos CMP-99 y CMP-15 que acumularon las concentraciones más altas de Cd. Castro *et al.* (2015) encontró la mayor concentración de Cd en plántulas obtenidas de la progenie de CCN-10 x SCA-66 a diferencia de

los plántones obtenidos del cruzamiento con Catongo X Catongo que fueron los que obtuvieron la mayor bioacumulación de Cd.

Tabla 13. Efecto genotípico de patrones de cacao sobre la concentración de cadmio en la parte aérea y raíz

Genotipos	Concentración Cd (ppm)	
	Parte aérea	Raíz
POUND-12	7,47 d	5,97 e
EET-103	8,50 b	7,57 c
EET-399	7,73 cd	9,20 a
ETT-400	7,83 cd	7,93 b
IMC-67	9,07 a	7,43 c
ETT-95	8,07 bc	6,63 d
CCN-51	9,57 a	7,60 bc

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

Elaborado por: Rendón (2022)

En la tabla 14 se presenta los resultados de contenido de Cd en la parte aérea, raíz y parte aérea+raíz. En el sistema radicular se encontró diferencia significativa entre genotipos, siendo la variedad POUND-12 (0,88 $\mu\text{g}/\text{raíz}$) que obtuvo el menor promedio en comparación con el genotipo EET-399 que reflejó el contenido más alto de Cd valores de 1,71 $\mu\text{g}/\text{raíz}$. Mientras que en la parte aérea y PA + raíz no se encontró diferencia significativa entre genotipos, sin embargo, en el genotipo POUND-12 se encontró los menores contenidos de Cd, valores de 7,83 $\mu\text{g}/\text{parte aérea}$ y 8,71 $\mu\text{g}/\text{Planta}$. Resultados similares fueron hallados por Bello (2020) quien reportó el menor contenido de Cd en hojas y raíces de POUND-7. Igualmente, Chupillon (2017) determinó el menor contenido de cadmio foliar en los patrones de cacao nacional y POUND-12 valores de 5,6 y 8,0 $\mu\text{g}/\text{parte foliar}$.

Tabla 14. Efecto genotípico de patrones de cacao sobre el contenido de cadmio en la parte aérea, raíz y parte aérea + raíz

Genotipos	Contenido de Cd ($\mu\text{g}/\text{g}$)		
	Parte aérea	Raíz	PA+Raíz
POUND-12	7,83 a	0,88 b	8,71 a
EET-103	10,13 a	1,36 ab	11,49 a
EET-399	9,52 a	1,71 a	11,23 a
ETT-400	10,34 a	1,22 ab	11,56 a
IMC-67	15,41 a	1,62 a	17,03 a
ETT-95	10,28 a	1,32 ab	11,60 a
CCN-51	15,50 a	1,61 a	17,11 a

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

Elaborado por: Rendón (2022)

En la tabla 15 se presenta el efecto genotípico en las eficiencias de fito-extracción, traslocación y absorción de Cd. Se distinguen que en ninguna de las variables se encontró diferencia significativa entre genotipos. Sin embargo, sobre el cultivar EET-95 se encontró los menores valores de eficiencias de absorción (58,67 $\mu\text{g/g}$), traslocación (6,44 $\mu\text{g/g}$) y fito-extracción de Cd (52,05 $\mu\text{g/g}$). Por otra parte, cabe de recalcar que los mayores promedios de las eficiencias de absorción y fito-extracción se obtuvo en el genotipo CCN-51 con valores de 79,67 y 72,09 $\mu\text{g/g}$. Mientras tanto, en la eficiencia de traslocación el cultivar EET-400 reflejo los valores más altos 8,61 $\mu\text{g/g}$.

Tabla 15. Efecto genotípico de patrones de cacao en las eficiencias de absorción, traslocación y fito-extracción de cadmio

Genotipos	EA ($\mu\text{g/g}$)	ET ($\mu\text{g/g}$)	EFE ($\mu\text{g/g}$)
POUND-12	60,56 a	7,28 a	54,58 a
EET-103	63,01 a	6,52 a	55,46 a
EET-399	62,15 a	6,79 a	52,94 a
ETT-400	75,39 a	8,61 a	67,45 a
IMC-67	77,86 a	7,75 a	70,45 a
ETT-95	58,67 a	6,44 a	52,05 a
CCN-51	79,67 a	7,54 a	72,09 a

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

Elaborado por: Rendón (2022)

12. IMPACTOS

Técnico: Los nuevos hallazgos encontrados sobre genotipos de cacao como son la poca habilidad de absorber y bioacumular cadmio, se plantea a este factor como una tecnología para mitigar la entrada de este metal en la cadena cacaotera.

Social: Las bondades que presenta los materiales genéticos de cacao como son la baja absorción y bioacumulación de Cd, beneficiaran a pequeños y grandes productores de cacao, también a sus comerciantes y consumidores de chocolates.

Económico: La propagación de patrones de cacao es una tecnología de fácil acceso para los productores de cacao.

Ambiental: Los suelos cacaoteros se encuentran considerablemente contaminados por Cd, sin embargo, existen diversidad genética de cacao que presentan diferentes capacidades extractoras de Cd, especialmente este patrón se detectó en el suelo de la provincia de El Oro que es una de las zonas más críticas con la presencia de metales pesados.

13. PRESUPUESTO

En la tabla 13 se presenta el presupuesto de la investigación titulada “Capacidad extractora de cadmio en materiales genéticos de cacao procedentes de la colección del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria- EETP”. Proyecto realizado por el egresado Jair Rendon Holguín con el aporte financiero de la GIZ y la orientación del Dr. Manuel Carillo Zenteno, líder del Departamento de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Pichilingue, del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

Tabla 16. Presupuesto del proyecto de la Capacidad extractora de cadmio en materiales genéticos de cacao procedentes de la colección del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias- EETP.

Descripción	Cantidad	Valor Unit	Valor total USD
Macetas	100	1	100
Fundas	100	0,01	1
Análisis de suelo	1	29,2	29,22
Análisis de Cd en tejidos	42	23	966
Análisis de pH	42	6,04	253,68
Análisis de CE	42	4,84	203,28
Total			1553,18

Elaborado por: Rendón (2022)

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1. Conclusiones

Los genotipos de cacao presentan variabilidad en sus características morfológicas como en los parámetros de absorción y bioacumulación de Cd. El genotipo IMC-67 mostro el mejor índice de vigor, peso seco de raíz y peso seco de la parte aérea. El genotipo POUND-12 es el que bioacumula menos Cd tanto en la raíz como en la parte foliar.

Se corroboro que los materiales genéticos de cacao presentan variabilidad en la capacidad extractora de Cd, siendo EET-95 el genotipo que presenta la menor capacidad en absorber cadmio y translocarlo a la parte aérea. Esto demuestra que existen un efecto genotípico de cacao en la absorción y bioacumulación de Cd, lo cual seria una estrategia para mitigar esta problemática en la agro cadena cacaotera.

14.2. Recomendaciones

Para reducir al mínimo la entrada de Cd a la cadena cacaotera se plantea que se utilice a EET-95 como patrón, genotipo de cacao que posee poca habilidad en absorber y translocar Cd a la parte aérea. Además, POUND-12 seria también una alternativa debido a que posee poca capacidad en bioacumular Cd.

Se recomienda que la presente investigación se la replique, pero con el factor de injertación en cada genotipo, para cuantificar que efecto tiene este método de propagación vegetativa en la absorción y bioacumulación de Cd.

15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, A. (2013). Efecto del sulfato de cadmio en la germinación y el crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) *Investigación y Amazonía*, 3 (1): 20-29.
- Acosta, A. M. M. (2007). Determinación de metales pesados en suelos agrícolas del valle del Mezquital, HGO (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Arvelo Sánchez, M. A. González León, D., Delgado López, T., Maroto Arce, S., y Montoya Rodríguez, P. (2017). Estado actual sobre la producción, el comercio y cultivo del cacao en América. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. ISBN: 978-607-715-347-4.
- Banco Central del Ecuador (BCE). 2010. Dirección general de estudios: información estadística mensual. Quito. Ecuador. pp. 49-51.
- Carrillo. (2003). Caracterizacáo das formas de metais pesado, sua biodisponibilidade e suas dinâmicas de adsorcao e de mobiidade em solos do equador. Respositorio INIAP, Pichilingue.
- Chávez Cruz, G. J., Olaya Cum, R. L., y Maza Iñiguez, J. V. (2018). Costo de producción de cacao clonal ccn-51 en la Parroquia Bellamaria, Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 10(4), 179-185
- Chupillón Cubas, J., W. (2017). Determinación de la absorción de cadmio y plomo en genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.), para el establecimiento de plantaciones comerciales. Tesis de pregrado, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto, Perú.
- Clemens, S.; Aarts, M. G. M.; Thomine, S. y Verbruggen, N. (2013). Plant science: the key to preventing slow cadmium poisoning. *Trends Plant Sci*, 18(2), 93–99. doi:10.1016/j.tplants.2012.08.003
- Córdova, K. S. A., Campoverde, J. M. Q., Unda, S. B., Montealegre, V. J. G., & Romero, H. C. (2021). Análisis económico de la exportación del cacao en el Ecuador durante el periodo 2014–2019. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 6(3), 2430-2444.

Fernández Lizarazo, J. C. (2018) Estudio del efecto de diferentes líneas monospóricas de *Rhizophagus irregularis* en la respuesta del cacao al cadmio bajo condiciones de déficit hídrico en vivero. Tesis de Postgrado de la Universidad Nacional de Colombia. 222 p. Bogotá, Colombia.

Fortes, D., Herrera, R.S, González, S., García, M., Romero, A., Cruz, A. M. (2010) Comportamiento de los pigmentos fotosintéticos, según la edad de rebrote después del pastoreo de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115 en la estación lluviosa. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* .44 (4): 427-43.

García, P. E. P., y Cruz, M. I. A. (2012). Los efectos del cadmio en la salud. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*, 17(3), 199-205.

Guerrero H. (2013). El Comercio: El Cacao ecuatoriano Su historia empezó antes del siglo XV.

Larramendi, J. I. R. (2003). Metales pesados y sus efectos sobre la salud. In G. P. Cañón (Ed.), *Didáctica de la Química y Vida Cotidiana* (pp. 275–282). Madrid, España: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.

Loor, R., Casanova, T., y Plaza, L. (2016). Mejoramiento y homologación de los procesos de Investigación validación y producción de servicios en cacao y café. Eds. Publicación Miscelánea N° 433, 1ª ed. INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias), EET-Pichilingue, Mocache, Ecuador. 103 pp. ISBN: 978-9942-22-103-2.

Martínez Flores, K., Souza Arroyo, V., Bucio Ortiz, L., Gómez Quiroz, L. E., & Gutiérrez Ruiz, M. C. (2013). Cadmio: efectos sobre la salud. Respuesta celular y molecular. *Acta toxicológica argentina*, 21(1), 33-49.

Mead, M. Nathaniel. (2011). Confusión por el cadmio ¿Los consumidores necesitan protección?. *Salud Pública de México*, 53(2), 178-186.

Meter A., Atkinson R.J. y Laliberte B. (2019). Cadmio en el cacao de América Latina y el Caribe – Análisis de la investigación y soluciones potenciales para la mitigación. Bioersivity International, Roma, Julio 2019.

- Nava-Ruíz, C., y Méndez-Armenta, M. (2011). Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). *Archivos de Neurociencias*, 16(3), 140-147.
- Osorio, M. A., Leiva, E. I., & Ramírez, R. (2017). Crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en diferentes tamaños de contenedor. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(2), 73-82.
- Quintero R, M. L., y Díaz Morales, K. M. (2004). El mercado mundial del cacao. *Agroalimentaria*, 9(18), 47-59.
- Rizwan, S. Ali, T. Abbas, M.Z. Rehman, F. Hannan, C. Keller, M.I. Al-Wabel, Y.S. Ok. (2016) Cadmium minimization in wheat: a critical review *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 130 pp. 43-53.
- Rodríguez Heredia, Dunia. (2017). Intoxicación ocupacional por metales pesados. *Medisan*, 21(12), 3372-3385.
- Romero Ledezma, K. P. (2009). Contaminación por metales pesados. *Revista Científica Ciencia Médica*, 12(1), 45-46.
- Rueda Saa, G., Rodríguez Victoria, J., y Madrinan Molina, R. (2011). Metodologías para establecer valores de referencia de metales pesados en suelos agrícolas: perspectivas para Colombia. Colombia. *Acta Agron.* 60(3):203-217.
- Sarwar, N., Malhi, S. S., Zia, M. H., Naeem, A., Bibi, S., & Farid, G. (2010). Role of mineral nutrition in minimizing cadmium accumulation by plants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(6), 925-937.
- T. Abbas, M. Rizwan, S. Ali, M. Adrees, M. Zia-ur-Rehman, M.F. Qayyum, Y.S. Ok, G. Murtaza (2017) Effect of biochar on alleviation of cadmium toxicity in wheat (*Triticum aestivum* L.) grown on Cd-contaminated saline soil *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 25: 25668-25680.
- Vargas Pérez, O. A., Vite Cevallos, H., & Quezada Campoverde, J. M. (2021). Análisis comparativo del impacto económico del cultivo del cacao en Ecuador del primer semestre 2019 versus el primer semestre 2020. *Revista Metro-politana de Ciencias Aplicadas*, 4(2), 169-179.
- Yadav, S. K. (2010). Heavy metals toxicity in plants: An overview on the role of glutathione and phytochelatins in heavy metal stress tolerance of plants. *South African Journal of Botany*, 76(2), 167–179. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sajb.2009.10.007>.

Zia-ur-Rehman, M., Khalid, H., Rizwan, M., Ali, S., Irfan Sohail, M., Usman, M., Umair, M. (2019). Chapter 4 - Inorganic Amendments for the Remediation of Cadmium-Contaminated Soils, Editor(s): Mirza Hasanuzzaman, Majeti Narasimha Vara Prasad, Kamrun Nahar. Cadmium Tolerance in Plants, Academic Press. 113-141 p. ISBN: 9780128157947.

Acosta, A. (2018). Efecto del sulfato de cadmio en la germinación y el crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.). *RevIA*, 3(1).

16. ANEXOS

Anexo 1. Contrato no exclusivo de derechos de autor

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebra de una parte: Rendon Holguín Jair Alexander con C.C. 0929036762, de estado civil soltero y con domicilio en Buena fe, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez Ph.D., en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería Agronómica**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado: **“Capacidad extractora de cadmio en materiales genéticos de cacao procedentes de la colección del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria- EETP”** la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico. Abril 2016 – febrero 2021.

Aprobación HCA. -

Tutor. - Ing. Wellington Pincay Ronquillo, MSc.

Tema: **“Capacidad extractora de cadmio en materiales genéticos de cacao procedentes de la colección del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria- EETP”**

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que

establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma

exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento del **CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga a los 24 días del mes de enero del 2022.

Jair Alexander Rendon Holguín

EL CEDENTE

Ing. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez PhD.

EL CESIONARIO

Anexo 1. Aval traducción**AVAL DE TRADUCCIÓN**

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al idioma Inglés presentado por el estudiante Egresado de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales: Rendon Holguín Jair Alexander “**Capacidad extractora de cadmio en materiales genéticos de cacao procedentes de la colección del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria- EETP**”, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo las peticiones hacer uso del presente certificado de la manera ética que considere conveniente.

La Maná 29, agosto del 2021

Atentamente



firmado electrónicamente por:
**EBASTIAN FERNANDO RAMON
AMORES**

MSc. Ramón Amores Sebastián Fernando

C.I: 050301668-5

DOCENTE DEL CENTRO DE IDIOMA

Anexo 3. Hoja de vida del docente**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI****DATOS INFORMATIVOS PERSONAL DOCENTE****DATOS PERSONALES**

APELLIDOS: PINCAY RONQUILLO
NOMBRES: WELLINGTON JEAN
ESTADO CIVIL: SOLTERO
CEDULA DE CIUDADANÍA: 1206384586



NÚMERO DE CARGAS FAMILIARES: 0

LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO: VINCES, ECUADOR 04
 NOVIEMBRE 1988

DIRECCIÓN DOMICILIARIA: Rcto. BAGATELA, PARROQUIA ANTONIO
 SOTOMAYOR, CANON VINCES, ROPVINCIA DE LOS RÍOS

TELÉFONO CONVENCIONAL: 791338 **TELÉFONO** **CELULAR:**
 0980754794

EMAIL INSTITUCIONAL: wellington.pincay4586@utc.edu.ec

TIPO DE DISCAPACIDAD: -# DE CARNET CONADIS:

ESTUDIOS REALIZADOS Y TÍTULOS OBTENIDOS

NIVEL	TITULO OBTENIDO	FECHA DE REGISTRO	CÓDIGO DEL REGISTRO CONESUP O SENESCYT
TERCER	INGENIERO AGRÓNOMO	2013-10-28	1006-13-1245059
CUARTO	MÁSTER UNIVERSITARIO EN AGROINGENIERÍA	2016-10-25	724188980

Anexo 4. Hoja de vida del estudiante**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**DATOS INFORMATIVOS PERSONAL ESTUDIANTEDATOS PERSONALES

APELLIDOS: RENDÓN HOLGUÍN

NOMBRES: JAIR ALEXANDER

ESTADO CIVIL: SOLTERAO

CEDULA DE CIUDADANIA: 0929036762

NÚMERO DE CARGAS FAMILIARES: NINGUNA

LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO: Quevedo, 4 de septiembre de 1999

DIRECCION DOMICILIARIA: Quevedo, San Camilo.

TELEFONO CELULAR: 0986634590

EMAIL INSTITUCIONAL: jair.rendon6762@utc.edu.ec

TIPO DE DISCAPACIDAD:

DE CARNET CONADIS:

ESTUDIOS REALIZADOS Y TITULOS OBTENIDOS

NIVEL	TÍTULO OBTENIDO	FECHA DE REGISTRO
Secundaria:	Bachiller en Servicios Aplicaciones Informática	2016-03-09

Anexo 5. Certificado del Urkund



Document Information

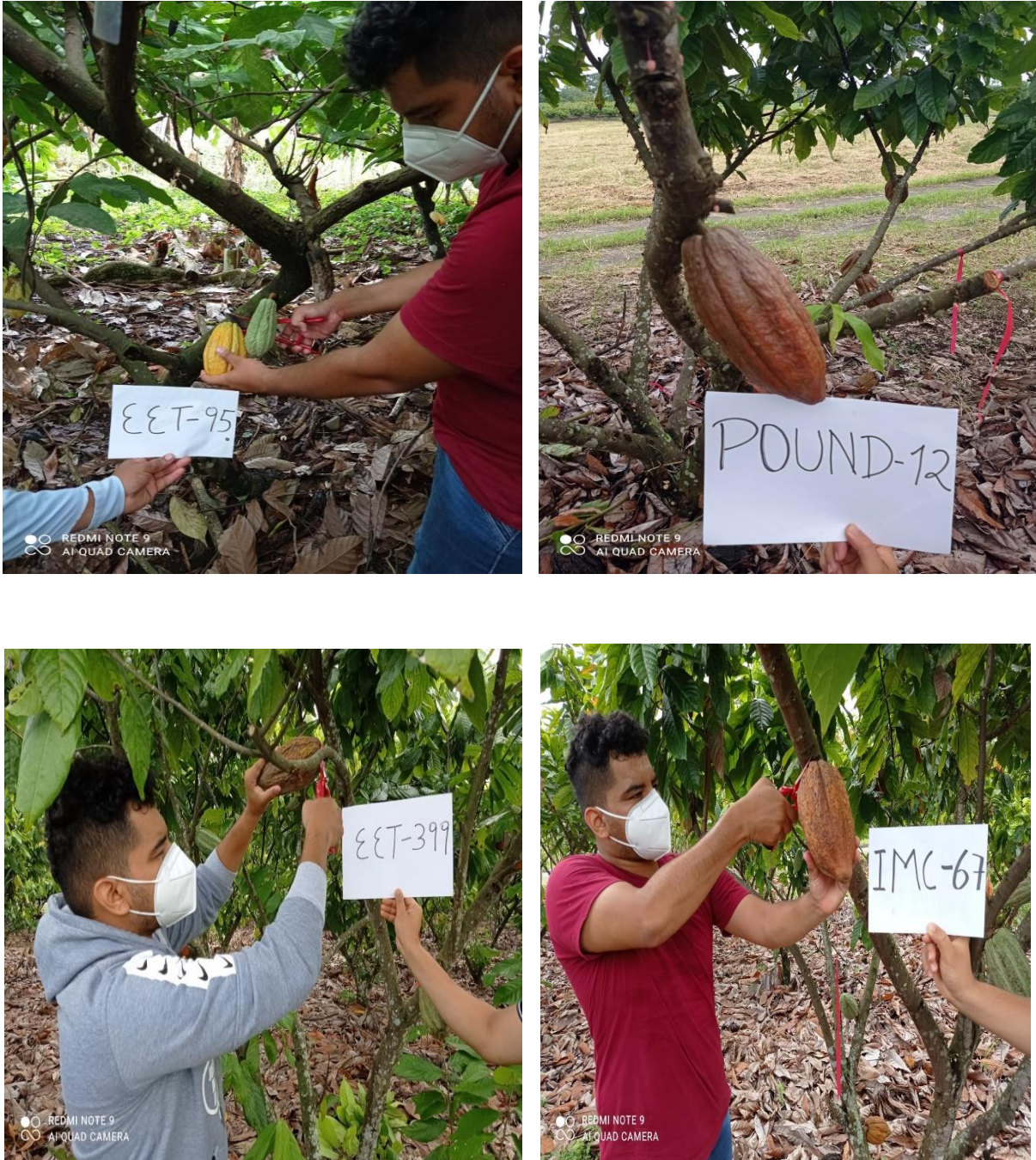
Analyzed document	1. titulacion Jair Rendón 1.pdf (D132962217)
Submitted	2022-04-07T18:47:00.0000000
Submitted by	
Submitter email	kleber.espinosa@utc.edu.ec
Similarity	8%
Analysis address	kleber.espinosa.utc@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA	TERESA_CASANOVA_PROYECTO_MAESTRIA_UTEQ.docx Document TERESA_CASANOVA_PROYECTO_MAESTRIA_UTEQ.docx (D19912764)	 1
SA	TESIS KATHERINE TORRES-1.docx Document TESIS KATHERINE TORRES-1.docx (D77516928)	 1
SA	tesis (1).docx Document tesis (1).docx (D77948686)	 1
SA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ correccion.docx Document UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ correccion.docx (D111310568)	 3
SA	142145.docx Document 142145.docx (D81458766)	 1
SA	tesis de grado para urko.docx Document tesis de grado para urko.docx (D111310568)	 6

Anexo 6. Fotografías realización del proyecto

Figura 1. Recolección de mazorcas de cacao fisiológicamente madura



Elaborado por: Rendon (2022)

Figura 2. Retiro del mucilago y de la epidermis de las semillas de cacao



Elaborado por: Rendon (2022)

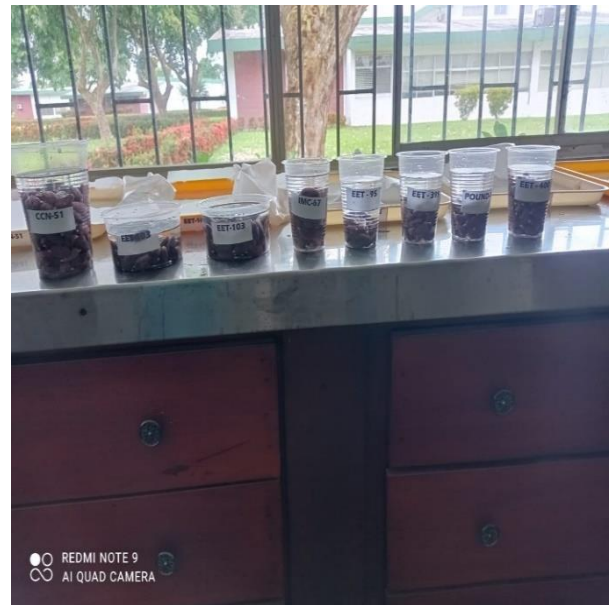


Figura 3. Siembra de semillas de cacao



Elaborado por: Rendon (2022)



Figura 4. Riego de plantas de cacao



Elaborado por: Rendon (2022)

Figura 5. Aplicación de fertilización en los genotipos de cacao



Elaborado por: Rendon (2022)

Figura 6. Evaluación de indicadores de crecimiento e índice de clorofila en plantas de cacao



Elaborado por: Rendon (2022)

Figura 7. Toma de datos de longitud de raíz plantas de cacao



Elaborado por: Rendon (2022)



Figura 8. Peso de muestra, lectura de pH y conductividad eléctrica



Elaborado por: Rendon (2022)



Figura 9. Peso de materia seca parte aérea y radical



Elaborado por: Rendon (2022)

Figura 10. Digestión de masa seca y filtrada



Elaborado por: Rendon (2022)

Figura 11. Distribución de los tratamientos

Bloque I	Bloque II	Bloque III
T4 POUND- 12	T2 IMC- 67	T1 CCN-51
T7 EET-103	T5 EET-400	T6 EET-95
T3 EET-399	T1 CCN-51	T2 IMC- 67
T5 EET-400	T6 EET-95	T7 EET-103
T2 IMC- 67	T3 EET-399	T4 POUND- 12
T6 EET-95	T7 EET-103	T3 EET-399
T1 CCN-51	T4 POUND-12	T5 ETT-400

Elaborado por: Rendón (2022)