



Universidad César Vallejo

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Efecto de un biol orgánico en la absorción de Cadmio en cacao
(*Theobroma Cacao* L.) a nivel de vivero en San Martín.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Villanueva Cueva, Neil Edwin (orcid.org/0000-0001-6203-9654)

ASESOR:

Dr. Vallejos Torres, Geomar (orcid.org/0000-0001-7084-977X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TARAPOTO – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, VALLEJOS TORRES GEOMAR, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TARAPOTO, asesor de Tesis titulada: "Efecto de un bio orgánico en la absorción de cadmio en cacao (Theobroma cacao L.) a nivel de vivero en San Martín.", cuyo autor es VILLANUEVA CUEVA NEIL EDWIN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TARAPOTO, 22 de Julio del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
VALLEJOS TORRES GEOMAR DNI: 01162440 ORCID: 0000-0001-7084-977X	Firmado electrónicamente por: GVALLEJOST el 22- 07-2024 21:42:55

Código documento Trilce: TRI - 0830969



Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, VILLANUEVA CUEVA NEIL EDWIN estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TARAPOTO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Efecto de un bio orgánico en la absorción de cadmio en cacao (*Teobroma cacao* L.) a nivel de vivero en San Martín.", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
NEIL EDWIN VILLANUEVA CUEVA DNI: 46307973 ORCID: 0000-0001-6203-9654	Firmado electrónicamente por: NVILLANUEVACU el 22-07-2024 20:16:00

Código documento Trilce: TRI - 0830970

Dedicatoria

A Dios, por ser quien me dio la vida y la salud propia, de poder culminar esta investigación tan anhelada, así lograr una de mis grandes metas trazadas.

A mis seres queridos como mi padre Lucio Villanueva Trinidad, a mi esposa Novalis March Luna Ramos y mi hijo querido Jean Paul Villanueva, quienes son los pilares de mi vida; Asimismo al Ing. Jorge Paz Urrelo, por su apoyo incondicional y a la Dr. Rita Cassia Bahía, por su confianza y el apoyo incondicional que me brindan día a día que gracias a ello logré culminar esta etapa en mi vida, por acompañarme en esta larga travesía, ya que ello hizo posible concretar el desarrollo de esta investigación.

“Villanueva Cueva, Neil Edwin”

Agradecimiento

A nuestro creador, por bendecirnos en nuestro camino y brindarnos sabiduría para poder llevar a cabo esta investigación.

A mi familia, por ser parte de este gran logro, por animarme a seguir adelante en los días que ya no daba para más, por ser uno de los motivos por la cual me esforcé cada día para darles lo mejor.

A nuestro asesor, Dr. Geomar Vallejos Torres por su apoyo durante todo el proceso que tomó esta investigación, por la enseñanza impartida y sobre todo paciencia.

¡Muchas gracias a todos, que Dios los bendiga siempre!

“Villanueva Cueva, Neil Edwin”

Índice de contenidos

Carátula	i
Declaratoria de autenticidad del asesor	ii
Declaratoria de originalidad del autor	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Índice de contenidos	vi
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	viii
Resumen.....	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODOLOGÍA.	11
III. RESULTADOS.....	21
IV. DISCUSIÓN	29
V. CONCLUSIONES.....	32
VI. RECOMENDACIONES.....	33
REFERENCIAS.....	34
ANEXOS	39

Índice de tablas

Tabla 1. Descripción taxonómica de la planta del cacao.....	7
Tabla 2 Croquis de tratamientos.....	18
Tabla 3. Análisis de varianza de la cantidad de cadmio en la planta de cacao (Theobroma cacao L).....	21
Tabla 4. Análisis de varianza de la cantidad de pH en el suelo de la planta de cacao (Theobroma cacao L).....	23
Tabla 5. Análisis de varianza de la cantidad de materia orgánica en el suelo de la planta de cacao (Theobroma cacao L)	24
Tabla 6. Análisis de varianza de la cantidad de nitrógeno en el suelo de la planta de cacao (Theobroma cacao L)	25
Tabla 7. Análisis de varianza de la cantidad de fósforo en el suelo de la planta de cacao (Theobroma cacao L).....	26

Índice de figuras

Figura 1. Trituración de cáscara de cacao y obtención de la biomasa orgánica.....	15
Figura 2. Obtención de semillas de cacao para la germinación.....	16
Figura 3. Cálculo de las dosis de aplicación a las plántulas de cacao.....	17
Figura 4. Acondicionamiento del vivero y de las unidades experimentales	18
Figura 5. Aplicación del biol natural a las plántulas de cacao	19
Figura 6. Presencia de cadmio en los tejidos vegetales de la planta de cacao (Theobroma cacao L.).....	22
Figura 7. Presencia de pH en el suelo con planta de cacao (Theobroma cacao L.).	23
Figura 8. Presencia de materia orgánica en el suelo con planta de cacao (Theobroma cacao L.)	24
Figura 9. Presencia de nitrógeno en el suelo con planta de cacao (Theobroma cacao L.)	26
Figura 10. Presencia de fósforo en el suelo con planta de cacao (Theobroma cacao L.)	27
Figura 11. Correlación entre la dosis de biol orgánico y concentraciones de cadmio en los tejidos vegetales de la planta de cacao.....	28
Figura 12. Correlación entre la dosis de biol orgánico y concentraciones de cadmio en el suelo con plantas de cacao.....	28

Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de un biol orgánico en la absorción de cadmio en cacao (*Theobroma cacao* L.) a nivel de vivero en San Martín. La metodología el tipo de investigación es aplicada, con enfoque cuantitativo; El diseño es experimental de diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial. Los resultados mostraron que con la incorporación de 3 ppm de cadmio al suelo se obtuvo mayor cantidad de cadmio en los tejidos vegetales de la planta de 0,63 a 0,88 mg/kg y menores concentraciones con el tratamiento de 40 ml de biol orgánico de 0,21 mg/kg de cadmio en los tejidos de la planta de cacao (*Theobroma cacao* L.). Asimismo, con 40 ml de biol orgánico los valores de los parámetros fisicoquímicos en suelo fueron de 7,57 de pH, 4,40% de materia orgánica, 0,30% de nitrógeno y 451,32 mg/kg de fósforo. Finalmente, la correlación que existe entre las dosis de biol orgánico y cadmio en tejidos vegetales y el suelo muestra que a mayor dosis de cadmio las concentraciones aumentaron y de la concentración menor se debió a las variaciones de incorporación de 40 ml de biol orgánico, respectivamente. Se concluyó que la incorporación de 40 ml de biol orgánico a los suelos contaminados con cadmio disminuyeron significativamente las concentraciones de cadmio y parámetros fisicoquímicos.

Palabra clave: Cadmio, biol orgánico, suelo, cacao.

Abstract

The objective of this research was to evaluate the effect of an organic slurry on the absorption of cadmium in cocoa (*Theobroma cacao* L.) at the nursery level in San Martín. The methodology of the type of research is applied, with a quantitative approach; The design is experimental, completely randomized design (DCA) with factorial arrangement. The results showed that with the incorporation of 3 ppm of cadmium to the soil, a greater amount of cadmium was obtained in the plant tissues of the plant from 0,63 to 0.88 mg / kg and lower concentrations with the treatment of 40 ml of organic slurry of 0.21 mg / kg of cadmium in the tissues of the cocoa plant (*Theobroma cacao* L.). Likewise, with 40 ml of organic slurry, the values of the physicochemical parameters in soil were 7,57 pH, 4,40% organic matter, 0,30% nitrogen and 451,32 mg / kg phosphorus. Finally, the correlation between the doses of organic slurry and cadmium in plant tissues and soil shows that the higher the dose of cadmium, the higher the concentrations and the lower the concentration, which was due to the variations in the incorporation of 40 ml of organic slurry, respectively. It was concluded that the incorporation of 40 ml of organic slurry to soils contaminated with cadmium significantly decreased the concentrations of cadmium and physicochemical parameters.

Keywords: Cadmium, organic slurry, soil, cocoa.

I. INTRODUCCIÓN

El cacao es ampliamente cultivado en aproximadamente 50 países en diferentes continentes, incluyendo África, América, Asia y Oceanía. Sin embargo, se destaca que veintitrés de estos países se encuentran en América y tienen una producción significativa en áreas cálidas y húmedas. Debido a su alta demanda de comercio y consumo. El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un significativo recurso económico, social y ambiental a nivel mundial (Villalaz et al., 2022). El cadmio (Cd) y la seguridad alimentaria ha venido siendo una de la mayor preocupación en estos últimos años, considerado uno de los metales más tóxicos según el registro de enfermedades y venenos de Estados Unidos, se ha convertido en la séptima sustancia más dañina para la salud humana (Chancay et al., 2022). Cerca de 42 000 personas mueren cada año debido a la ingesta de alimentos contaminados por paracitos, bacterias o sustancias químicas, según (Organización Mundial de la Salud, 2019), debido a la problemática encontrada, la unión europea ha establecido la ley N° 488/2014, las cuales establecen límites de tolerancia en granos de cacao y productos derivados del mismo estableciendo niveles máximos de 0.6 y 0.8 mg/kg, respectivamente (Scaccabarozzi et al., 2020). Esto a su vez se traduciría en un buen alimento. No obstante, estas medidas han generado controversia en la población ya que han llevado a pérdidas significativas debido a la devolución de grandes cantidades de cacao contaminado con Cd (Florida et al., 2019). La exportación de cacao en la región de San Martín representa alrededor del 40% del total y esto convierte en una de las actividades agrícolas más destacadas en la zona. No obstante, se han suscitado controversias a raíz de investigaciones que han revelado niveles elevados de Cd en regiones del Perú, incluyendo Amazonas, San Martín, Cajamarca y Tumbes (Florida et al., 2019). Las investigaciones indican que la presencia de Cd en los granos de cacao se debe en parte a la influencia de actividades humanas, además de su presencia natural en el suelo. Un factor significativo en este contexto es la composición de la materia madre, que varía en una categoría de 0.2 a 1.1 mg/kg (Furcal y Torres, 2020). En algunas provincias de san Martín, como es el caso de Lamas se enfrenta a graves desafíos a causa de la alta concentración de Cd en los cultivos de cacao, se ha detectado un promedio de cadmio y plomo que varía

entre 1.53 y 13.69, y estos valores se han registrado en granos y hojas a razón de 1 por cada millón respectivamente (Mendoza et al., 2021). El distrito de Juan Guerra no está exento de los problemas ambientales asociados al Cd por lo que es fundamental abordar la contención de este metal. Esto se convierte en una problemática que nos exige a buscar nuevas estrategias amigables con el ambiente que permitirán a los agricultores obtener productos de alta calidad para su comercialización y en consecuencia tener medidas adecuadas para el consumo humano (Huaraca et al., 2020). De acuerdo a información obtenida de fuentes, los biofertilizantes orgánicos tienen una consecuencia positiva en el desarrollo de las plantas y minimizar la absorción de metales pesados al igual que no necesitan utilizar productos químicos para nutrir el suelo (Huaraca y Lourdes, 2019). Por ello se estableció como problema general de esta investigación: ¿Cuál es el efecto de un biol orgánico en la absorción de cadmio en cacao (*Theobroma cacao* L.) a nivel de vivero en San Martín? y los problemas específicos son, PE1: ¿Cuál es el efecto del biol orgánico en las concentraciones de cadmio en los tejidos vegetales de cacao (*Theobroma cacao* L.), en vivero de San Martín?, PE2: ¿Cuál es el efecto del biol orgánico en las principales propiedades fisicoquímicas en el suelo de *Theobroma cacao* L. en vivero de San Martín?, PE3: ¿Cuál es el efecto del biol orgánico en la correlación de las principales características fisicoquímicas del suelo con las concentraciones de cadmio en *Theobroma cacao* L. a nivel de vivero en San Martín? Asimismo, en el presente trabajo de investigación tiene como justificación social, porque se dio a conocer a la población acerca de la problemática que presenta la mayoría de los suelos con cultivos de cacao el cual es la contaminación por Cd y que representa un peligro para los ecosistemas y salud humana. También presentó una justificación económica, pues mediante el uso del biofertilizante se buscó complementar sustituir los tratamientos convencionales que suelen usarse para remediar suelos contaminados y los cuales son costosos. Según Álvarez, (2020) menciona que la justificación metodológica se basa en explicar que método se va usar y porque, por ello la justificación metodológica de esta investigación, se basará en el bosquejo de artículos nacionales e internacionales que servirán como base de datos para el desarrollo de cada etapa que comprende la presente investigación. La justificación ambiental, se basó en el empleo del

biofertilizante orgánico como tecnología verde para remediar o absorber Cd de plantones de cacao, además que no representa peligro alguno para el ambiente y seres vivos. El trabajo de investigación tiene como objetivo general de esta investigación: Evaluar el efecto de un biol orgánico en la absorción de cadmio en cacao (*Theobroma cacao* L.) a nivel de vivero en San Martín y los objetivos específicos son: OE1: Determinar el efecto del biol orgánico en las concentraciones de cadmio en los tejidos vegetales de cacao (*Theobroma cacao* L.), en vivero de San Martín, OE2: Determinar el efecto del biol orgánico en las principales propiedades fisicoquímicas en el suelo de *Theobroma cacao* L. en vivero de San Martín, OE3: Determinar el efecto del biol orgánico en la correlación de las principales características fisicoquímicas del suelo con las concentraciones de cadmio en *Theobroma cacao* L. a nivel de vivero en San Martín. Por lo tanto, se propone llevar a cabo una investigación experimental que evaluará el uso del biol orgánico en los cultivos de cacao, con el objetivo de disminuir la presencia de Cd en el suelo. Para lograrlo, se determinará la concentración óptima de este biofertilizante que debe aplicarse en las plantas de cacao. La hipótesis general del estudio es: La aplicación del biol orgánico disminuye las concentraciones del cadmio en cacao (*Theobroma cacao* L.) a nivel de vivero en San Martín y las hipótesis específicas son: HE1: Existe diferencias significativas en la aplicación de dosis del biol orgánico en las concentraciones de cadmio en los tejidos vegetales de cacao (*Theobroma cacao* L.), en vivero de San Martín. HE2: Existe diferencias significativas en la aplicación de dosis del biol orgánico en las propiedades fisicoquímicas en el suelo de *Theobroma cacao* L. en vivero de San Martín, HE3: Existe efecto de las dosis del biol orgánico mediante la correlación de parámetros fisicoquímicas del suelo con las concentraciones de cadmio en la planta de *Theobroma cacao* L. a nivel de vivero en San Martín. Posteriormente, se plantearon los antecedentes a nivel mundial, se realizaron diversas investigaciones relevantes con relación a estudio sobre la absorción de Cd y la aplicación de biofertilizantes en los plantones de cacao, como se indicó en el trabajo de Cáceres et al., (2021) en su investigación, “*Theobroma cacao* L. (*T. cacao*) en los suelos agrícolas con alto y bajo contenido natural de cadmio” en Colombia. Su objetivo fue estudiar la variedad de comunidades bacterianas asociadas a suelos de plantaciones de *T. cacao* para demostrar la existencia

de concentraciones de Cd geológicamente diferentes en terrenos ubicados en los Andes occidentales de Colombia. Como metodología, exploraron Poblaciones bacterianas asociadas al suelo que tienen concentraciones naturales de Cd relativamente altas en una gran parcela agrícola de *T. cacao* ubicada en la región de Santander. Como resultado, demostraron que existen 28 filos en el suelo de cacao, su abundancia relativa es la siguiente: Proteobacterias (22.87%), Acidobacterias (18.08%), Actinobacterias (9.79%), Verrucomicrobia (9.73%), Árboles mixtos (6.71 %), Cloroflexobacterias (5.12%), Planctomycetes (5.03%), B.955% (3.65%), Nitrospirillum (2.93%), Firmicutes (2.23%), NB1_J (2.07%). Hay un total de 148 géneros a nivel de género. Se pudo apreciar, *Botrytis* sp. (1.32%) y *Niverbacterium* sp. (1.06%). Los autores concluyeron que la combinación de diferentes enfoques proporciona nuevas pistas para evaluar las comunidades bacterianas en suelos agrícolas con alto contenido de Cd en Colombia. Asimismo, menciona Marius et al., (2020) en su publicación, “Efectos comparativos de la fertilización orgánica a base de cáscara de cacao y la inorgánica NPK sobre el desarrollo y el rendimiento de cuatro variedades de yuca”, realizado en las Costas de Marfil. Tuvo como objetivo de encontrar una alternativa al uso de fertilizantes químicos para aumentar los rendimientos de la yuca (*Manihot esculenta*). La metodología se basó en un ensayo que se realizó durante dos años con cuatro variedades de yuca: *Yacé*, *Alleda agba*, *Six mois* y *Bonoua*, cultivadas en parcelas elementales tratadas con uno de estos fertilizantes. estuvo comprendido por 3 repeticiones. Así mismo se demostró que la evaluación de los datos reveló que la variedad (*Six mois*) produjo tallos de mayor longitud (131.67 cm) cuando se utilizaron restos de cáscara de *T. cacao* como compost. Así mismo, la variedad *Bonoua* mostró un mayor diámetro en la base del tallo (21.56 mm), un mayor número de hojas (77.30) y una envergadura significativamente mayor (136.89 cm) cuando se empleó compost de cáscara de *T. cacao*. Los autores concluyeron que el compost de cáscara de *T. cacao* también ha permitido una mejor conservación de la calidad de los suelos cultivados. Además, como lo menciona Situmorang et al., (2023) en el trabajo de investigación titulado “Respuestas, desarrollo y beneficio del *Theobroma cacao* L. a hongos arbusculares - Prototipos de biofertilizantes micorrízicos con diferentes medios portadores de esporas y podas”, realizado en Indonesia.

Tuvo como objetivo determinar la respuesta del crecimiento y rendimiento del cacao a un prototipo de biofertilizante micorrícico con diferentes medios portadores de esporas y podas. El estudio fue experimental utilizó bloques al azar con 2 factores y 6 repeticiones. Los resultados demostraron que el tratamiento de poda tuvo una influencia muy significativa sobre el número de frutos por árbol (69 piezas) y el contenido relativo de agua de las hojas (432.02%). Y hay tendencia a que las plantas sean podadas (Cd) mayor número de flores por árbol (433.33 piezas), contenido total de azúcar de las hojas (69.96%). Concluyeron que la interacción de los prototipos de biofertilizantes micorrícicos con diferentes medios portadores de esporas y la poda tuvo un efecto muy significativo sólo en clorofila de las hojas, azúcar reductor de las hojas y contenido de sacarosa de las hojas. Seguidamente de los antecedentes nacionales podemos tener a Rosales et al., (2021) en el estudio “Identificación de Cd y plomo en la tierra en cultivos de árboles de cacao en la región Satipo-Junín”. El objetivo fue medir simultáneamente las acumulaciones de los metales Cd y plomo en el suelo de plantas de almendra del genotipo Forastero. La técnica utilizada consistió en recolectar muestras de plantas de cacao exóticas en el campo de estudio Satipo-Junín y medir las concentraciones de plomo y Cd. Como resultado, la aglutinación de Cd fue de 1,25 mg/kg, muy menor a la norma del MINAM de 1,4 mg/kg. La concentración promedio de plomo fue de 19,44 mg/kg, por debajo de la norma del MINAM. Los autores concluyeron que las concentraciones de Cd. Posteriormente, como lo indica Ramos, (2021) presentó en su estudio titulado “Efecto de fertilizantes orgánicos sobre la absorción de Cd en clones de *T. cacao* de la región San Martín” realizado en el departamento de San Martín, Perú. El objetivo fue estimar el impacto de fertilizantes orgánicos sobre la absorción de Cd en clones de *T. cacao*. Se identificó Cd en dos muestras de *T. cacao* de los clones CCN (Colección Castro Naranjal) e ICS (Imperial College Select). Este estudio se realizó experimentalmente utilizando 4A. obtuvieron los siguientes resultados que, con los clones de ICS aplicados con 4 000 g de compost, los cuales mostraron una reducción de 24.32 % de Cd y 5.77 % de reducción de CCN respecto al tratamiento control (testigo). En comparación con el control, los clones recibieron 6000 g de compost. Los autores concluyeron que el uso de fertilizantes orgánicos producidos por los agricultores es clave para reducir el

Cd y aumentar los rendimientos de este fruto. Además de Florida et al., (2019) en su trabajo de investigación titulado "Influencia del compost y NPK en los microorganismos y el contenido de Cd en la tierra y los granos de esta almendra". Tuvo lugar en el departamento de Ucayali del Perú, el distrito de Padre Abad y el estado de Nuevo Progreso. Su objetivo era evaluar los efectos del compost y NPK sobre distintas microbiotas de la tierra y sobre el Cd favorable en suelo y las almendras del genotipo CCN-51. Se empleó un diseño de bloques al azar con 4 tratamientos incluyendo T1: testigo, T2: compost (3 000 kg. ha⁻¹), T3: NPK (84-35-161) y T4: compost (1 500 kg. ha⁻¹), en cuatro réplicas. Más NPK (42 -18 - 80). El número de bacterias aeróbicas viables, actinomicetos, hongos y bacterias fijadoras de nitrógeno se estimó utilizando el método de recuento en placas de dilución en serie (103). El Cd se obtiene por escisión ácida del cacao en almendras con EDTA 0.05 M y por digestión del Cd en almendras con ácido nítrico percolado 4:1. El número de bacterias aeróbicas es de 10⁴ UFC/g, el número de actinobacterias es de 10⁴ - 10⁵, el número de hongos y bacterias fijadoras de nitrógeno es de 10³ UFC/g y el contenido de Cd en el suelo es de 0.17 a 0.25 µg. g⁻¹, el contenido de Cd en las almendras es de 0.31-0.43µg.g⁻¹. No se hallaron discrepancias entre los grupos de tratamiento y los diferentes grupos de microbioma, excepto para el Cd de las amígdalas (p<0.05). Llegaron a la conclusión de que el compost tiene la viabilidad de minimizar el Cd en los granos de cacao. Seguidamente se plantearon los bases teóricas como son: El *T. cacao* pertenece a la familia Malváceas y se cultiva en zonas tropicales como América del Sur, África Occidental y el Sudeste Asiático. La producción de fruta se exporta a América del Norte y Europa, donde se utiliza y desarrolla principalmente en la producción de chocolate y confitería (Cayetano, 2021).

Tabla 1. Descripción taxonómica de la planta del cacao.

Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Dilleniidae
Orden	Malvales
Familia	Sterculiaceae
Subfamilia	Byttnerioideae
Tribu	Theobromeae
Género	<i>Theobroma</i>
Especie	<i>Cacao</i>

Fuente: (Ramírez et al., 2020).

En los estudios realizados por Rosales et al., (2021) enfatiza la importancia de la humedad tanto en el suelo como en el aire en el proceso de germinación y regeneración del follaje en el *T. cacao*. Se ha observado que en un período alargado sin lluvias es necesario, para que se inicie el crecimiento de nuevas hojas, y la presencia de lluvias después de la germinación es fundamental para el desarrollo de nuevas hojas. Asimismo, en cuanto a la temperatura, el rango adecuado para el cultivo del *T. cacao* es de 18 a 32 °C. Dentro de este rango se divide en tres categorías: para su mejor crecimiento y producción oscila entre 24 y 28 °C; la temperatura moderadamente adecuada oscila en 20 y 24

°C y entre 28 y 30 Centígrados; la temperatura inadecuada (Cáceres et al., 2021). Seguidamente, se pueden establecer plantaciones de cacao con buenas perspectivas de producción en zonas con recepciones anuales que oscilan entre 1 500 y 3 800 m s. n. m. Dentro de esta gran superficie se definen tres zonas: la Zona Suficiente, con precipitaciones anuales que varían entre 1 500 y 2 600 mm. con precipitaciones anuales entre 2 600 y 1 800 mm 3 200 mm (Rojas y Sánchez, 2013). Igualmente se considera que el Cd es una sustancia que se encuentra de manera natural en la superficie terrestre y también puede ser resultado de actividades humanas. Este metal se considera pesado y tóxico, puede ser perjudicial para la flora y fauna en general, incluyendo los seres humanos. Esto se debe a su capacidad para

acumularse en el cuerpo, lo que puede tener efectos adversos en varios organismos, uno de ellos puede ser el hígado, pulmones, riñones, sistema óseo y así mismo los testículos. Además, la exposición al Cd puede contribuir al progreso de diversas enfermedades degenerativas y distintas variedades de cáncer (Aguirre, 2020). Según la normativa de la Unión Europea, el nivel máximo permitido de Cd en chocolates es de 0.10 partes por millón (ppm). Asimismo, la lista total de materia seca del *T. cacao* no debe exceder el 30 %. Además, se decidió que el contenido máximo permitido de Cd en el *T. cacao* en polvo o en el chocolate para beber no debería exceder de 0,60 ppm (Galarza, 2020). En cuanto al espacio de intercambio catiónico (CIC) se refiere a la capacidad total del suelo para retener cationes intercambiables. Una CIC alta significa que las partículas del suelo tienen una mayor capacidad para retener cationes, lo que puede reducir la disponibilidad de Cd (Argüello et al., 2019). Asimismo, los cultivos de *T. cacao* presentan suelos con un potencial de hidrogeno (pH) que oscilan desde los 5.0 y 7.5 ya que es una de las condiciones más apropiadas para el desarrollo de las plantas y la mejora de la producción y de los contaminantes (Ramtahal et al., 2018). Varias investigaciones demostraron que el uso de diversas enmiendas orgánicas como biocarbón, estiércol de pollo, estiércol de cerdo, vaca, compost, vermicompost e incluso carbón activado puede minimizar la aparición de Cd en la tierra y en las plantas (Pinto et al., 2016). Donde la contaminación del suelo es el resultado de actividades humanas, como la industria minera, la explotación petrolera que pueden degradar el suelo en un corto período y también de diversas prácticas agrícolas que operan en un plazo más largo. La contaminación del suelo por diversas sustancias y productos está en constante aumento a nivel global, lo que hace que sea esencial su identificación, reducción y tratamiento para lograr la recuperación del suelo (Mendoza et al., 2021). En el estudio de la Fitoestabilización (Estabilización de raíces), se centra principalmente en la inmovilización y disminución de la biodisponibilidad de los contaminantes, lo que implica la acumulación de estos en la planta, especialmente alrededor de sus raíces, que deben cumplir la función de anclar la planta en el suelo y poseen raíces secundarias que pueden producir compuestos químicos capaces de absorber los contaminantes o formar complejos químicos con ellos

(Goicochea y García, 2022). La concentración de Cd en el suelo indica la pérdida de micronutrientes en el suelo como ayuda para las plantas. (Velásquez et al., 2022). Estudios recientes han demostrado que las acumulaciones promedio mínimas de Cd en los suelos se encuentran terrenos altamente erosionados (Ultisoles 0,15 mg/kg) y suelos con indicios de actividades volcánicas (Andisoles 0 23 mg/kg). Así mismo las concentraciones más pronunciadas se encuentran en sitios aluviales formados en sedimentos. (Molisoles, Entisoles e Inceptisoles: 0 41 - 0 61 mg/kg) (Arguello et al., 2019). Así mismo, el biol es un biofertilizante, fuente de regeneración vegetal, elaborado a partir de un desecho orgánico reciente diluidos en agua y mejorados con leche, melaza de caña y ceniza vegetal, que se fermenta durante varios días, provocando la descomposición anaeróbica del producto de desecho orgánico, las ventajas son las siguientes: Es posible producirlo utilizando los recursos disponibles en la comunidad, no está sujeto a una fórmula específica y puede adaptarse a diferentes tipos de envases. Además, tiene un costo económico y fortalece el crecimiento de los cultivos, permitiéndoles resistir de manera más eficiente los embates de plagas, enfermedades y condiciones climáticas adversas (López, 2021). En cuanto a la utilidad del biofertilizante, la aplicación de biofertilizante líquido acelerado. (INIA, 2022) que esto se realizó utilizando una dosis del 5% de mezcla de mochila (agua líquida biofertilizante). La cantidad y tiempo de uso depende de la cosecha, para café y cacao la aplicación se realiza después de la germinación, durante el desarrollo vegetativo, cuatro veces en 400 ml en mochila de 20 litros o cilindro de 200 litros. La biomasa debe ser de 4 l. Para cultivos de ciclo corto (3 meses a 4 meses) se pueden utilizar hasta 3 aplicaciones. La última aplicación se debe efectuar 20 días antes de la madurez fisiológica del cultivo. Una vez realizado el análisis del suelo se puede aplicar al suelo en remojo (150 ml por planta) según los requerimientos de la planta. Considere una dosis baja (por ejemplo, aplique 5 veces más en hojas cada 15 a 20 días). Por ejemplo, se realizaron experimentos en macetas de café a nivel de vivero con la participación de la Asociación Regional de Productores de Café "Piri Piri" San Luis de Shuaro - Chanchamayo, donde se aplicó biofertilizante líquido a cafetos en dosis de 20 ml, Se realizaron un total de 6 aplicaciones a nivel de vivero, donde se

midieron el tamaño del arbusto, el espesor del tronco, cantidad de vástagos por plántula, ancho de las hojas, nitrógeno, fósforo y calcio en comparación con cultivos no tratados.

II. METODOLOGÍA.

Tipo, enfoque y diseño de Investigación.

La investigación es netamente aplicada, ya que está basado en el conocimiento adquirido al utilizar el biol orgánico, con la finalidad de eliminar directamente la contaminación de Cd en la tierra donde están las plántulas de *T. cacao*, que tiene repercusiones dañinas sobre la salud de la microfauna y por extensión, de los humanos. Según Hernández-Sampieri et al., (2014) este estudio está regida para crear conocimiento que pueda aplicarse directamente a los problemas sociales e industriales. Asimismo, el trabajo de investigación tuvo un enfoque cuantitativo, ya que se obtendrán datos numéricos y fueron procesados bajo diseños estadísticos, obteniendo eficiencia a la sustancia aplicada en el componente evaluado del suelo. Seguidamente el diseño de este estudio es experimental por que se manipuló la primera variable (Concentraciones de Cd y las dosis del biol orgánico) sobre la variable dependiente (Absorción de Cd por los plantones de *T. cacao*). Hernández Sampieri et al., (2014). Menciona que el diseño del estudio experimental se basa en la utilización de una o más variables independientes para mirar sus cambios en una o más variables dependientes, en una situación de control.

Asimismo, este plan será un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial, y tendrán los siguientes tratamientos: Tratamiento control suelo puro (T1): 0 ppm de Cd -0 ml de biol orgánico. Tratamiento 2 (T2): 0 ppm de Cd – 40 ml de biol orgánico. Tratamiento 3 (T3): 3 ppm de Cd – 0 ml de biol orgánico. Tratamiento 4 (T4): 3 ppm de Cd – 40 ml de biol orgánico.

Variables y operacionalización.

Variable Independiente: Concentraciones de Cd y las dosis del biol orgánico.
Definición conceptual: Se refiere a los impactos beneficiosos que pueden resultar la aplicación de un fertilizante de origen orgánico en la agricultura o la horticultura. El tratamiento propuesto en esta tesis puede mejorar la calidad del suelo, el aumento de la disposición de nutrientes para las plantas, al igual que un crecimiento saludable de los cultivos y a su vez la reducción de la

dependencia de fertilizantes químicos, así mismo la disminución de la contaminación ambiental (Aguirre & Calderón, 2019). Definición operacional: Se evaluó el efecto del biofertilizante orgánico mediante la medición y evaluación de los cambios específicos en parámetros agronómicos y ambientales causados por la aplicación de dicho biofertilizante. Dimensiones: Concentraciones de Cd y dosis de biol orgánico. Indicadores: 0 y 3 ppm para Cd en el suelo; 0 y 40 ml para el biol orgánico. Escala de medición: Intervalo

Seguidamente se planteó la variable dependiente: Absorción de Cd por los plántones de *T. cacao*. Definición conceptual: La alta concentración de Cd en el suelo y su filtración por las plantas reducen la fotosíntesis y la absorción de agua y nutrientes, lo que a su vez provoca clorosis, crecimiento, ennegrecimiento de las raíces y muerte. El Cd daña el proceso de crecimiento y desarrollo. al cambiar la expresión de proteínas y genes en las plantas. (Florida et al., 2019). Definición operacional: Se evaluó la absorción de Cd en plántones de *T. cacao* mediante procedimientos y medidas específicas que permitieron cuantificar la cantidad de Cd que fue absorbida y acumulada por los plántones de *T. cacao*. Dimensiones: Características fisicoquímicas del suelo, concentración de Cd en el suelo y concentración de Cd en los tejidos

vegetales de los plántones del *T. cacao*. Indicadores: pH, MO, N, P; Cd en suelo y Cd en tejidos. Escala de medición: Intervalo

Población, muestra y muestreo.

Como población de estudio se conformó por 240 unidades de plántones de *T. cacao* en 1 m² por cada unidad experimental en el INIA, del centro poblado de Juan guerra departamento de San Martín. Según como lo menciona Hernández et al., (2014; p. 239) estiman que la población es el grupo del universo representativo para tomar individuos para la muestra de un estudio. Para ello, se indicó los criterios de inclusión que fueron incluidos los 240 plántones de *T. cacao* producidos en las unidades experimentales en el vivero de la Estación Experimental Agraria El Porvenir – INIA en el distrito de

Juan guerra, San Martín. Según como lo menciona Garrido (2012), la inclusión es quien consienten definir a los participantes que formaron parte de la población de estudio. Al igual que los criterios de exclusión no fueron considerados los plántones de *T. cacao* producidos en otros viveros del distrito de Juan Guerra, San Martín. Según como lo menciona Hernández (2014) que los criterios de exclusión es la caracterización que impiden la participación de individuos que se encuentran fuera de un área determinada como población para el desarrollo de los ensayos. También la muestra en la investigación estuvo establecida por 120 plántones *T. cacao*. Asimismo, para la extracción de muestras de suelo se tomaron completamente al azar por el investigador, donde se extrajeron 2 kg de suelo. Según Hernández Sampieri et al., (2014) Una muestra viene a ser el subconjunto de la población para ello se deben recopilar datos y debe estar predefinido o delimitado para representar con precisión a la población. Además, del muestreo es tomado aleatorio simple pues todas las unidades de experimentación pueden ser consideradas para la muestra. Según como lo menciona el investigador Ramírez (2020) significa que los objetos de observación o las unidades de observación tienen la misma probabilidad de ser seleccionados. Y finalmente la unidad de análisis. Fueron considerados 12 kg de suelos y 10 plantas de *T. cacao* por cada unidad experimentada.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas consideradas en la investigación, viene a ser la observación, esta técnica fue utilizada durante los procesos de tratamiento, con registros durante las actividades que se realizaron, peso del suelo, cantidad de semillas; Asimismo, variables ambientales como temperatura del suelo, pH del suelo, datos que provocaron efectos en la planta de cacao en el tratamiento, como Tamayo & Silva, (2020) mencionan que se utilizan las técnicas de observación para registrar los fenómenos que provocan circunstancias en los procesos de tratamiento. También, la técnica del análisis documental, esta técnica fue utilizada en la recolección de información en la formación de objetivos y problemas de investigación, además de la formulación de hipótesis que ayudaron en la formulación de las variables en la formación de la metodología y diseño del proyecto. Como lo

indica Hernández (2014), el estudio documental es un proceso para discutir información de trabajos de investigación ya realizados que ayuda a fortalecer el trabajo de investigación con nuevos diseños planteados.

Asimismo, estos instrumentos de recolección, como la observación directa y las fichas de registro de los efectos o eventos ocurridos durante el proceso de tratamiento de suelos contaminados con cadmio incorporado y abonos orgánicos y biol, Además, de las fichas recolectadas. Donde los siguientes formatos se utilizaron como herramienta para registrar los indicadores evaluados de las principales características fisicoquímicas y concentraciones de cadmio en el suelo y tejidos vegetales de la planta de cacao: Ficha de muestreo de suelos de las principales características fisicoquímicas (Anexo 4). Fichas de análisis de las plantas del *T. cacao* en las concentraciones de Cd en el suelo y tejidos vegetales (Anexo 5)

Asimismo, de la validez, se usó la validación de tres expertos del área de ingeniería ambiental que tengan el grado de maestros o doctorado, en la validación de los instrumentos de recojo de información de la caracterización del suelo y las concentraciones de cadmio en los tejidos vegetales, Según como lo menciona Hernández, (2018) que es aquella técnica del instrumento para medir lo que se presume que debe medir, se puede determinar mediante

el juicio de expertos, que son personas que tienen experiencia en el tema que se está investigando y en la metodología de la investigación. Seguido de la confiabilidad que se realizó con el software IBM SPSS aplicando en análisis de varianza de los datos obtenidos de la caracterización del suelo y las concentraciones de cadmio en los tejidos vegetales sean $p < 0.05$ con un nivel de significancia. Según como lo menciona Hernández, (2018) que la confiabilidad es la capacidad del instrumento para producir resultados consistentes y reproducibles. Esto significa que el instrumento debe producir los mismos resultados cuando se utiliza en diferentes momentos y con diferentes evaluadores.

Procedimientos.

Preparación de fichas de registro de datos.

Se realizó la recopilación de información en base a estudios nacionales e internacionales que valgan como cimiento para la realización de la investigación. Asimismo, se procedió a elaboración de las fichas de recopilación y análisis de datos en el cual sirvió para plasmar los datos obtenidos en campo y laboratorio. Por otro lado, se realizó la identificación del área de estudio en donde se llevó a cabo la experimentación.

Obtención del biofertilizante orgánico

Se adquirió un aproximado de 150 kg de cascará de *T. cacao* de la variedad CCN 51, el cual fue almacenado en un depósito bajo techo con ventilación natural. La cascará del *T. cacao* se dejó descomponer durante 90 días para luego recogerlo y extraer el jugo procedente de la descomposición de estas cáscaras lo cual este fue el biofertilizante orgánico para ser aplicado en los tratamientos.



Figura 1. Trituración de cáscara de cacao y obtención de la biomasa orgánica

Nota: (A) Proceso de trituración de la cáscara de cacao de 150 kg. (B). Obtención de la masa triturada para el biol natural.

Obtención de semillas de *Theobroma cacao* L.

Se realizó la compra de 2 kg de granos *T. cacao*, de la variedad CCN 51, los cuales fueron plantados en bolsas de plásticos con capacidad de 2 kg y almacenados en un vivero ventilado donde se realizaron los tratamientos.



Figura 2. Obtención de semillas de cacao para la germinación.

Nota: (A) Obtención de semillas de cacao de los cocos más vigorosos. (B). Extracción de la baba de cacao para la germinación de las semillas.

Cálculo de la cantidad de biol: Dos dosis

0 ml de biol por planta x 240 plantas = 0 ml/ 0 litros de biol, para las tres repeticiones.

40 ml de biol por planta x 240 plantas = 9 600 ml/ 8 litros de biol, para las 3 repeticiones.



Figura 3. Cálculo de las dosis de aplicación a las plántulas de cacao

Obtención de muestras iniciales del suelo

Se recolectaron muestras de suelo sin contaminar para establecer las densidades iniciales de cadmio en la tierra y las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos, para luego relacionarlas con las concentraciones finales evaluadas.

Acondicionamiento de las unidades experimentales

El área destinada estuvo dividida en 3 bloques, así como se muestra a continuación:

El uso de T. se logró mediante el uso de un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial semilla de cacao se contaron 12 unidades experimentales de 1m² cada una y 20 t, utilizadas en 4 tratamientos con 3 repeticiones Semillas de cacao. La totalidad de la población fue de 240 y 60 plantones por bloque, se calcularon de 10 plantones por unidad experimental, estimando una muestra de 120 plantones en toda el área experimental; figura en la tabla 2.

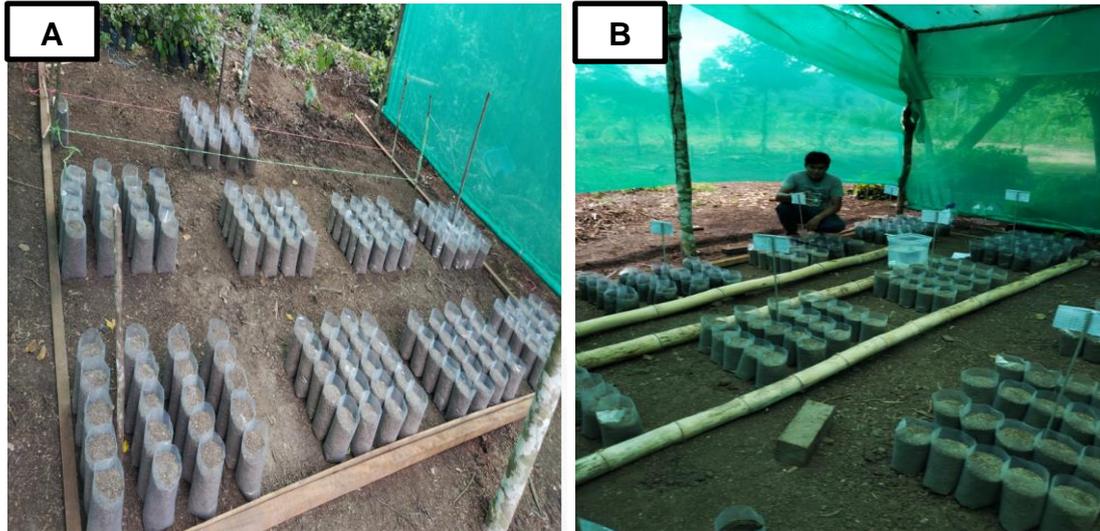


Figura 4. Acondicionamiento del vivero y de las unidades experimentales

Tabla 2 Croquis de tratamientos

Tratamientos	Clave	Concentración de Cd (ppm)	Concentración de Biol (ml)	N° plantas
T1	0 – 0	0	0	20
T2	0 – 40	0	40	20
T3	3 – 0	3	0	20
T4	3 – 40	3	40	20

Proceso de abonamiento con biofertilizante orgánico

El proceso de abonamiento se realizó de forma quincenal por el periodo de 60 días de tratamiento, esto en base al estudio de Cáceres (2021).



Figura 5. Aplicación del biol natural a las plántulas de cacao

Extracción de muestras de suelo y determinación de Cd en tejidos vegetales

Se realizó la extracción de 1kg de la muestra de suelo por cada unidad experimental y plántulas de *T. cacao* para ser enviados y analizados en laboratorio, de esta manera conseguir información sobre las principales particularidades fisicoquímicas del suelo. En cuanto a la determinación de cadmio en los tejidos vegetales, se realizó la extracción, luego se tomaron 300 g de muestra y se colocaron en pedazos pequeños para ser enviado a laboratorio y obtener resultados.

Para caracterizar las propiedades fisicoquímicas y del Cd, las muestras de suelo fueron llevados al Laboratorio de Análisis de Muestreo de Suelos del INIA, con su respectiva cadena custodia, el método de análisis que fue aplicado para los diferentes parámetros se observa a continuación:

Para el análisis de Cd en de la planta, se usó un método de análisis, de referencia con la Norma Oficial Mexicana NOM-117-SSA1 1194. Método de análisis para la definición de Cd.

Para las propiedades fisicoquímicas se utilizaron los diferentes métodos, en cuanto al Método Bouyouco para determinación de pH, método Walkley y Black para materia orgánica, método Kjeldahl (método químico húmedo) para nitrógeno, método Dumas (análisis de combustión) y método NIR

(infrarrojo cercano), fósforo con el método de ácido ascórbico.

Procesamiento de resultados y sustentación final

De acuerdo a los resultados adquiridos de laboratorio se realizó la sistematización de resultados, esto en base a gráficos y tablas realizados en el programa Excel. Después se realizó la elaboración del informe final para ser presentado al asesor general del curso, levantar las observaciones dadas y al finalizar con la sustentación.

Método de análisis de datos.

Para el método de análisis se realizó mediante el diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial entre las concentraciones de Cd y concentraciones de biol en las plántulas de *T. cacao* con 4 estudios en 3 repeticiones por tratamiento. El objetivo del análisis de datos es facilitar información básica

sobre los datos, como el análisis de varianza (ANOVA). Determinar medias de Tukey con la prueba de Post Hoc, además de la correlación Spearman.

Aspectos éticos.

En esta investigación se examinaron los datos de derechos de autor de la norma internacional ISO 690. Se tuvo en cuenta el código de ética de la investigación de la universidad, que establece los principios morales que guían el comportamiento de los investigadores a lo largo del proceso de investigación. El objetivo del código es garantizar la integridad y la responsabilidad en la universidad de proteger y considerar por el valor humano.

III. RESULTADOS

3.1. Efecto del biol orgánico en las concentraciones de cadmio en los tejidos vegetales de cacao (*Theobroma cacao* L.), en vivero de San Martín

Utilizando el método ANOVA con un Diseño Completamente Aleatorio (DCA) factor de clasificación comparando la concentración de cadmio en los tejidos de las plantas de cacao tratadas con las cuatro unidades experimentales, los datos obtenidos según el procedimiento estadístico R2 X, los datos muestran diferencias significativas en los factores identificados como factores con biol orgánico y Factor de concentraciones de cadmio y no se encontró significancia en la combinación de los factores Biol Orgánico*Concentración de Cadmio, lo que probó que en los métodos hubo una influencia de 40 ml de biol, (Tabla 3)

Tabla 3. Análisis de varianza de la cantidad de cadmio en la planta de cacao (*Theobroma cacao* L)

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	0,904	3	0,301	48,999	0,000**
Biol orgánico	0,069	1	0,069	11,221	0,000**
Concentración de cadmio	0,806	1	0,806	131,058	0,010**
Biol orgánico *	0,029	1	0,029	4,717	0,062ns
Concentración					
Error	0,049	8	0,006		
Total	3,864	12			

a. $R^2 = 0,948$

C. V: 3,58%

** : alta significancia

ns: no significativo

A continuación se muestra la desviación estándar de las concentraciones de cadmio en los tejidos de la planta de cacao. Además, los datos a escala de vivero muestran los promedios de los diferentes análisis muestreados de las plantas de las unidades experimentales, con diferencias significativas bajo la prueba de tukey con un valor de p de 0,05. (Figura 6)

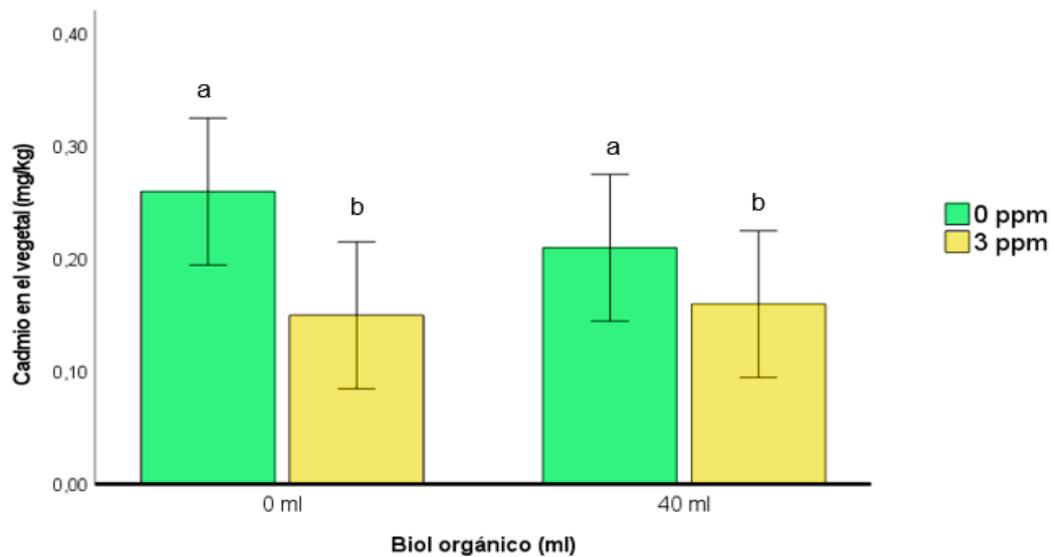


Figura 6. Presencia de cadmio en los tejidos vegetales de la planta de cacao (*Theobroma cacao* L.).

3.2. Efecto del biol orgánico en las principales propiedades fisicoquímicas en el suelo de *Theobroma cacao* L. en vivero de San Martín.

Asimismo, con el método ANOVA con un Diseño Completamente Aleatorio (DCA) factor de clasificación en la comparación de los niveles de ph en el suelo obtenidos de los cuatro tratamientos experimentales se midieron utilizando los procesos estadísticos de r^2 de la química con biol orgánico y Factor de concentraciones de cadmio y no se encontró significancia en la combinación de los factores Biol Orgánico*Concentración de cadmio, lo que pudo demostrar que en los procesos hubo influencia de los 40 ml de biol (Tabla 4)

Tabla 4. Análisis de varianza de la cantidad de pH en el suelo de la planta de cacao (*Theobroma cacao* L)

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	5,489	3	1,830	31,821	0,000**
Biol orgánico	0,907	1	0,907	15,783	0,004**
Concentración de cadmio	4,441	1	4,441	77,232	0,000**
Biol orgánico *	0,141	1	0,141	2,449	0,156ns
Concentración					
Error	0,460	8	0,058		
Total	559,470	12			

a. $R^2 = 0,923$

C. V: 5,07%

** : alta significancia

ns: no significante

La desviación estándar de las concentraciones de pH en el suelo se presenta a continuación en el proceso. Además, se presentan los promedios de los diferentes análisis recolectados del suelo de las unidades experimentales a escala vivero, existiendo diferencias significativas bajo la prueba de tukey con un valor de p de 005 (Figura 7)

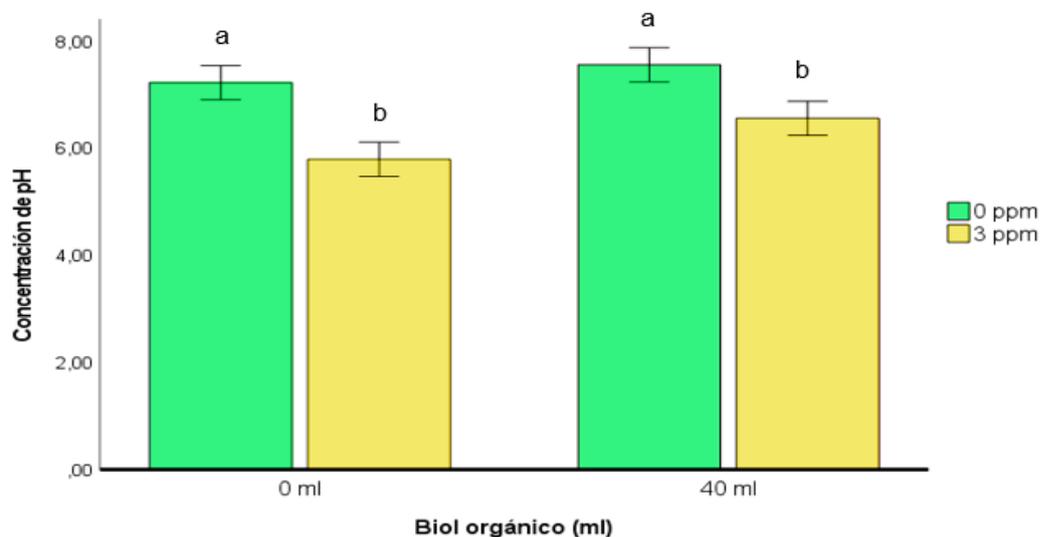


Figura 7. Presencia de pH en el suelo con planta de cacao (*Theobroma cacao* L.).

Igualmente, con el método ANOVA con un Diseño Completamente Aleatorio (DCA) factor de clasificación en la comparación se utilizaron los procesos estadísticos de R^2 de las X para obtener datos de las cuatro unidades experimentales tratadas con materia orgánica como Factor de

concentraciones de cadmio y la combinación del factor Biol Orgánico*Concentración de cadmio y no se encontró significancia en el Factor con biol orgánico, lo que se evidenció que en los tratamientos hubo influencia de los 40 ml de biol. (Tabla 5)

Tabla 5. Análisis de varianza de la cantidad de materia orgánica en el suelo de la planta de cacao (*Theobroma cacao L*)

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	5,487	3	1,829	23,599	0,000**
Biol orgánico	0,163	1	0,163	2,108	0,185ns
Concentración de cadmio	3,853	1	3,853	49,720	0,000**
Biol orgánico *	1,470	1	1,470	18,968	0,002**
Concentración de cadmio					
Error	0,620	8	0,077		
Total	142,120	12			

a. $R^2 = 0,898$

C. V: 6,08%

** : alta significancia

ns: no significativa

También se muestran los cambios en la desviación estándar de la concentración de materia orgánica en el suelo. Además, se muestran los valores promedio de los diferentes análisis tomados del suelo de la unidad experimental escala jardín infantil. La importancia de la prueba de Tukey está indicada por el valor p. (Figura 8)

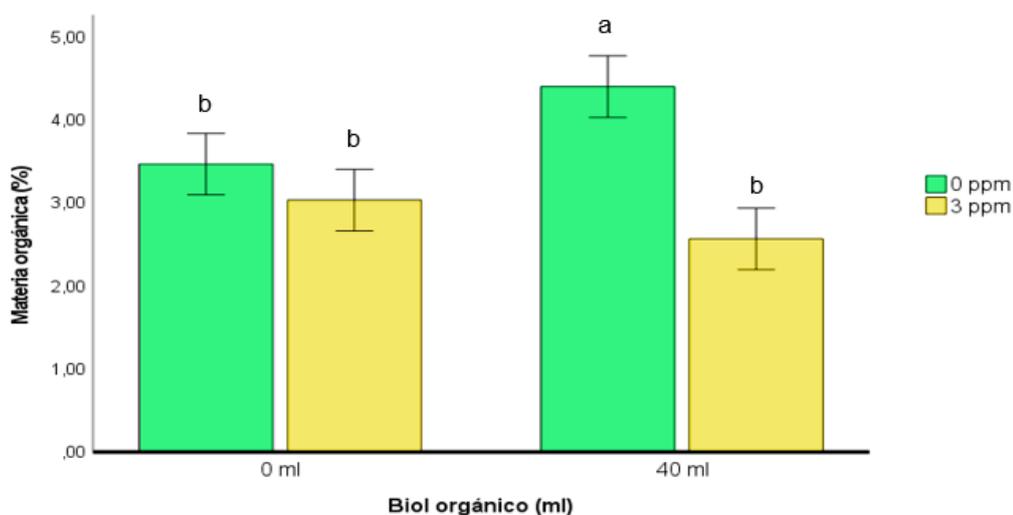


Figura 8. Presencia de materia orgánica en el suelo con planta de cacao (*Theobroma cacao L.*)

De igual forma, con el método ANOVA con un Diseño Completamente Aleatorio (DCA) factor de clasificación en la comparación de las concentraciones de nitrógeno en el suelo del tratamiento de las cuatro unidades experimentales, Factor con biol orgánico y la combinación del factor Biol Orgánico*Concentración de cadmio, lo que demostró que en los tratamientos hubo influencia de los 40 ml de biol ya que las concentraciones tuvieron variaciones. (Tabla 6)

Tabla 6. Análisis de varianza de la cantidad de nitrógeno en el suelo de la planta de cacao (*Theobroma cacao* L)

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	0,080 ^a	3	0,027	0,715	0,570ns
Biol orgánico	0,072	1	0,072	1,922	0,203ns
Concentración de cadmio	0,007	1	0,007	0,187	0,677ns
Biol orgánico *	0,001	1	0,001	0,038	0,851ns
Concentración de cadmio					
Error	0,300	8	0,037		
Total	0,906	12			

a. $R^2 = 0,212$

C. V: 4,89%

** : alta significancia

ns: no significante

Asimismo, se muestra el proceso de la desviación estándar de las concentraciones de nitrógeno en el suelo. Además, se presentan los promedios de los diferentes análisis muestreados del suelo de las unidades experimentales a escala vivero; mostrando las diferencias significativas bajo la prueba de Tukey con un valor $p < 0,05$. (Figura 9)

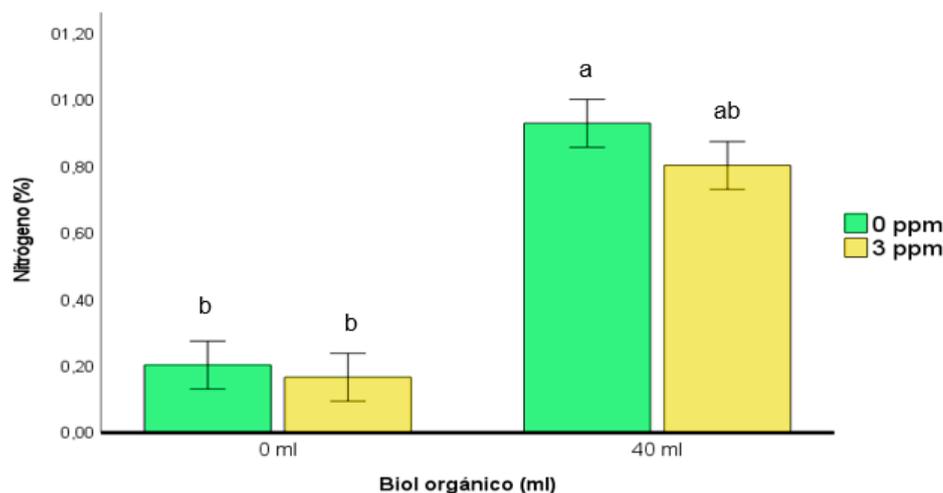


Figura 9. Presencia de nitrógeno en el suelo con planta de cacao (*Theobroma cacao* L.)

De igual manera, con el método ANOVA con un Diseño Completamente Aleatorio (DCA) factor de clasificación en la comparación de las concentraciones de fósforo en el suelo del tratamiento de las cuatro unidades experimentales, Factor con biol orgánico y la combinación del factor Biol Orgánico*Concentración de cadmio, lo que demostró que en los tratamientos hubo influencia de los 40 ml de biol ya que las concentraciones tuvieron variaciones. (Tabla 7)

Tabla 7. Análisis de varianza de la cantidad de fósforo en el suelo de la planta de cacao (*Theobroma cacao* L)

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	68345,172	3	22781,724	18,254	0,001**
Biol orgánico	23612,828	1	23612,828	18,919	0,002**
Concentración de cadmio	38154,602	1	38154,602	30,571	0,001**
Biol orgánico *	6577,742	1	6577,742	5,270	0,051**
Concentración de cadmio					
Error	9984,550	8	1248,069		
Total	1362766,42	12			
		5			

a. R al cuadrado = 0,873

C. V: 7,24%

** : alta significancia

ns: no significativo

Igualmente, se muestra el proceso de la desviación estándar de las concentraciones de fósforo en el suelo. Además, se presentan los promedios de los diferentes análisis muestreados del suelo de las unidades experimentales a escala vivero; mostrando las desigualdades bajo la prueba de Tukey con un valor $p < 0,05$. (Figura 10)

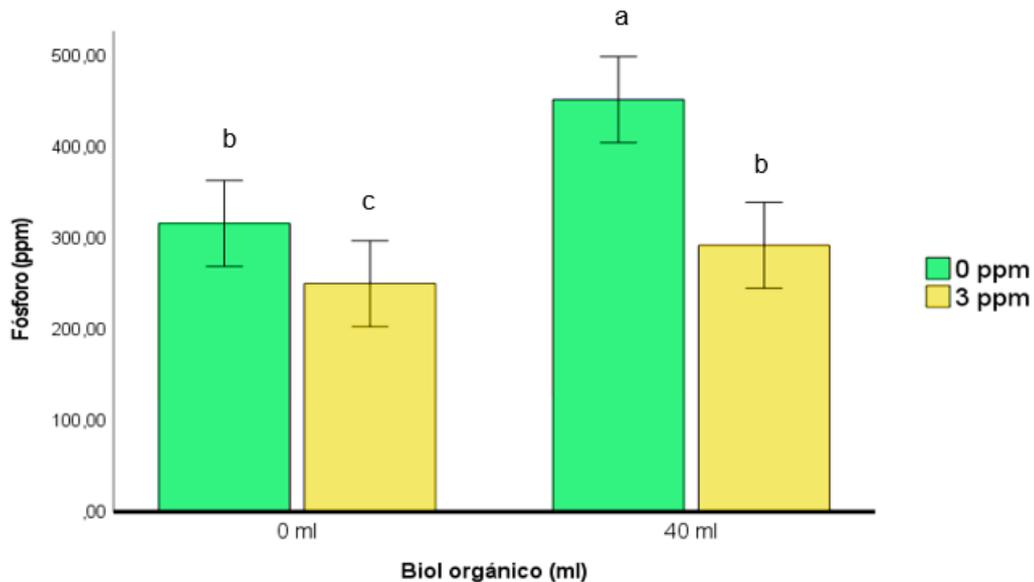


Figura 10. Presencia de fósforo en el suelo con planta de cacao (*Theobroma cacao* L.)

3.3. Efecto del biol orgánico en la correlación de las principales características fisicoquímicas del suelo con las concentraciones de cadmio en *Theobroma cacao* L. a nivel de vivero en San Martín

Luego se investigó la relación entre las dosis de biol orgánico y cadmio en los tejidos vegetales de la planta de cacao, encontrando que las concentraciones aumentaron en un 52,36% a mayores dosis de cadmio, indicando que el 47,64% de estas variaciones se debieron a los tratamientos con dosis de biol, que según R^2 es de - 0,4539, se considera negativo porque la relación disminuye de mayor a menor concentración de cadmio, en cuyo caso. (Figura 11)

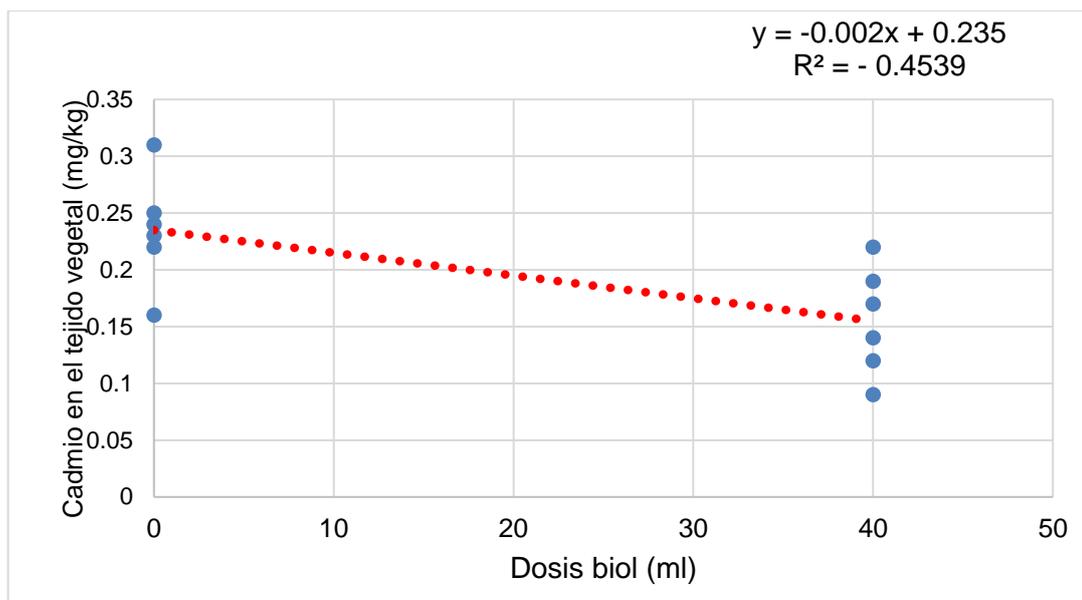


Figura 11. Correlación entre la dosis de biol orgánico y concentraciones de cadmio en los tejidos vegetales de la planta de cacao

Finalmente, se examinó la relación entre las dosis de biol orgánico y el cadmio presente en el suelo de las plantas de cacao, encontrando que a mayores dosis de cadmio las concentraciones aumentaron en 62.25%, indicando que el 37.75% de estas variaciones se debieron a los tratamientos que aportaron dosis de biol, que según el R^2 es de -0.218, se considera negativo porque la relación disminuye de mayor a menor concentración de cadmio en el suelo.

(Figura 12)

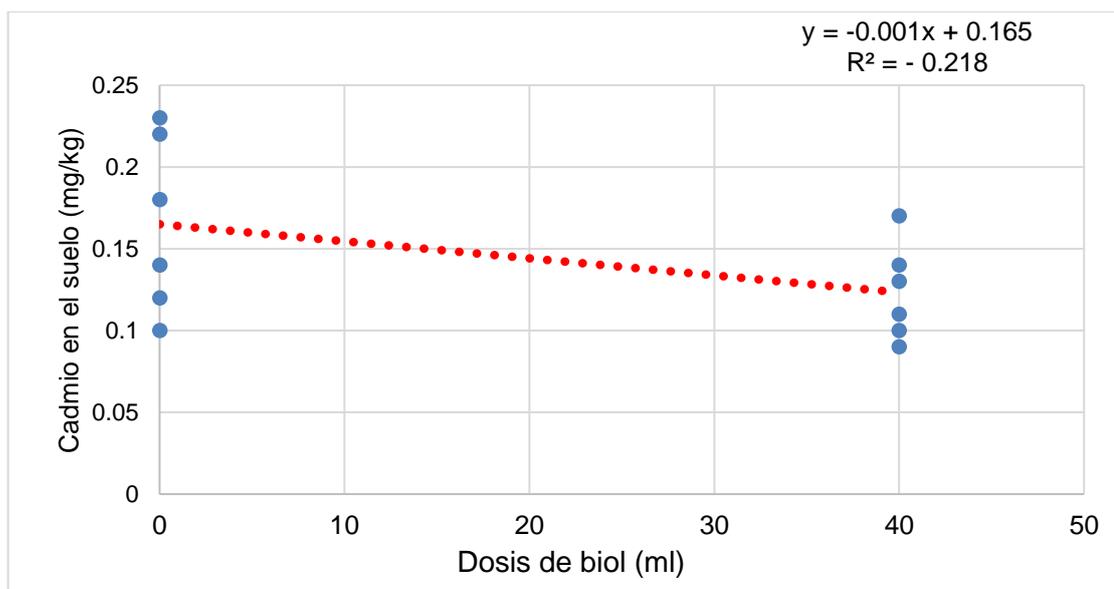


Figura 12. Correlación entre la dosis de biol orgánico y concentraciones de cadmio en el suelo con plantas de cacao

IV. DISCUSIÓN

Mediante la incorporación de 3 ppm de cadmio al suelo, se obtuvo una mayor cantidad de cadmio en los tejidos epidérmico vegetales del árbol de cacao de 0.63 a 0.88 mg/kg y menores concentraciones con el tratamiento de 40 ml de biol orgánico de 0.21 mg/kg de Cd en los tejidos epidérmico de la mata de cacao (*Theobroma cacao* L.). Comparando estos resultados con la investigación de Ramos (2021) se presentan los siguientes valores de concentración de cadmio en los tejidos epidérmico vegetativo. El clon CCN-51 presentó la menor concentración de cadmio en hojas con 1,94 ppm, mientras que la mayor concentración fue de 3,12 ppm. El clon ICS-95 presentó concentraciones de cadmio en hojas entre 1,60 y 2 ppm. Además, los granos presentaron una mayor concentración de cadmio de 1,11 ppm.

Después de aplicar compost, el T6 presentó el menor contenido de cadmio en hojas (ICS- 95 con 4000 gramos de compost) y el T3 el mayor contenido de cadmio (CCN- 51 con 2000 gramos de cadmio) con 4,60 ppm. El valor más bajo de cadmio en granos fue de 1,60 ppm. Por otro lado, en la investigación ejecutada por Fernández (2022) quienes clasificaron cada plántula de cacao utilizando un código para identificar la acumulación de cadmio dentro del tejido vegetal. De los cuatro patrones plantados en la tierra con metales pesados, se recolectó la mayor cantidad de cacao. Considerando la acumulación de cadmio en las raíces, IMC67 x PA121 (54,28%), IMC67 (52,6%), PA121 x IMC67 (42,3%) y PA121 (33,8%) se adhirieron a las hojas en este orden. El peso del ganado disminuyó en 13,7%, 37,6%, 8,3% y 13,2% para BMI67 LP, PA121 LP, BMI67

x PA121 y PA121 x BMI67. Respecto a la longitud de la parte aérea, se observaron disminuciones de 15,8%, 32%, 13,6% y 2,8% para BMI67, PA121, BMI67xPA121 y PA121xBMI67.

En cuanto al efecto del biol orgánico en las principales propiedades fisicoquímicas en el suelo de *Theobroma cacao* L. se demostró que con el tratamiento de 40 ml de biol orgánico de 7,57 de pH, 4,40% de materia

orgánica, 0,30% de nitrógeno y 451,32 mg/kg de fósforo. Por otro lado, en la investigación de Acuña (2022) señala haber empleado compost para ayudar a las mejoras fisicoquímicas de la tierra con cultivos de cacao, donde los valores fueron los siguientes, pH de 4.03, materia orgánica de 4.60%, nitrógeno de 0.23 %, fosforo de 8.43 ppm, K₂O 59.11 kg/ha, CIC de 11.92. También en la investigación Hipólito et al., (2017), menciona que en su tratamiento con inoculantes bacterianos edáficos mixtos identificó los siguientes parámetros, pH de 5.12, conductividad eléctrica de 0.14 mmho/cm², textura arcillosa, 5.57% de materia orgánica, nitrógeno de 0.35%, fosforo de 65,0 mg/kg.

La correlación entre biol orgánicos y dosis de cadmio en tejidos vegetales de plantas de cacao muestra que la concentración aumenta en un 62,24% con dosis mayores de cadmio. Esto significa que el 37,76% de estas variaciones se deben a dosis masivas de cadmio no administradas. En cuanto a la correlación entre lodos orgánicos y dosis de cadmio en plantas de cacao y suelos, se ha demostrado que dosis mayores de cadmio aumentan las concentraciones en un 56%. Esto significa que el 44% de estas variaciones se deben a la falta de consecución de la intercepción de cadmio.

Estos resultados son comparados con la investigación de Zavala et al., (2022), quienes aplicaron diversas enmiendas orgánicas para reducir el cadmio en tejidos vegetales y suelo de la planta de cacao, Determinó que el menor contenido de cadmio total en el suelo se aplicó al aplicar 50 l/ha de biol (0,13 ppm cadmio) y al aplicar 4 l/ha de carbón líquido (0,12 ppm cadmio). Sin aditivos líquidos orgánicos, el valor medio fue de 0,36 ppm de cadmio. De manera similar, T5 (80 l/ha de biol + 4 l/ha de carbono líquido) reduce el contenido de cadmio disponible en el suelo en un 73,58%. Mientras tanto, el T4 redujo el contenido de cadmio en hojas y almendras en un 43,83% y 62,96%, respectivamente. Una investigación similar fue realizada por Muñoz (2023) quien identificó la concentración de cadmio en plantones de cacao a través de diversos tratamientos donde mediante el análisis de Duncan se observó que los tratamientos T7 (10 ppm Cd + 96 g Gallinaza), T4 (10 ppm Cd + 102 g Estiércol de vacuno) y T3 (10 ppm Cd + 68 g Estiércol de vacuno) son estadísticamente iguales, pero diferentes a los demás

tratamientos con valores de 2,25; 4,60 y 7,46 ppm de Cd respectivamente, además en cuanto a la correlación fue negativa ya que fue significativo Cd asociado a MO y los que no presentaron significancia fueron Cd disponible y Cd total.

V. CONCLUSIONES

Se determinó que la incorporación de 3 ppm de cadmio al suelo, obtuvo una mayor cantidad de cadmio en los tejidos vegetales de la planta de 0.63 a 0.88 mg/kg y menores concentraciones con el tratamiento de 40 ml de biol orgánico de 0.21 mg/kg de cadmio en los tejidos de la planta de cacao (*Theobroma cacao* L.).

Se determinó que el tratamiento de 40 ml de biol orgánico dio los valores de los parámetros fisicoquímicos en suelo de 7,57 de pH, 4,40% de materia orgánica, 0,30% de nitrógeno y 451,32 mg/kg de fósforo.

La correlación que existe entre las dosis de biol orgánico, el cadmio en tejidos vegetales y el suelo muestra que a mayor dosis de cadmio las concentraciones aumentan y cuando se aplica 40 ml de biol orgánico, hay una variación menor de las concentraciones de cadmio en el suelo y tejido vegetales de la planta.

VI. RECOMENDACIONES

Para determinar el efecto del biol orgánico en la absorción de cadmio en suelos y tejidos vegetales, se recomienda realizar la distribución de tratamientos a través de diferentes dosificaciones, de esta manera poder identificar cual dosis es la más eficiente en remoción de contaminante.

Para determinar la eficiencia de cada tratamiento se recomienda realizar el análisis fisicoquímico del suelo, de esta manera se pudo evidenciar cuanto han variado los valores de los parámetros fisicoquímicos.

Para establecer la correlación entre las dosis de biol orgánico y cadmio tanto en tejidos vegetales como en el suelo, se recomienda realizar la correlación de Spearman de esta manera se identificará cuáles son las variaciones o cambios de acuerdo a la dosificación.

REFERENCIAS

- ARÉVALO-GARDINI, Enrique, et al. Heavy metal accumulation in leaves and beans of cacao (*Theobroma cacao* L.) in major cacao growing regions in Peru. *Science of the Total Environment*, 2017, vol. 605, p. 792-800. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.122>
- ARGÜELLO, David, et al. *Soil properties and agronomic factors affecting cadmium concentrations in cacao beans: A nationwide survey in Ecuador*. *Science of the total environment*, 2019, vol. 649, p. 120-127. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.292>
- BETRÁN, M., & GÓMEZ, A. 2016. *Biorremediación de metales pesados cadmio (Cd), cromo (Cr) y mercurio (Hg), mecanismos bioquímicos e ingeniería genética: una revisión*. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 12(2), 172- 197. <https://doi.org/10.18359/rfcb.2027>
- CÁCERES, P. F. F., VÉLEZ, L. P., JUNCA, H., & MORENO-HERRERA, C. X. (2021). *Theobroma cacao* L. agricultural soils with natural low and high cadmium (Cd) in Santander (Colombia), contain a persistent shared bacterial composition shaped by multiple soil variables and bacterial isolates highly resistant to Cd concentrations. *Current Research in Microbial Sciences*, 2(100086), 100086. <https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2021.100086>
- CAYETANO P, PEÑA K, OLIVAREZ E, VARGAS S.,2021. *Estudio de Vigilancia Tecnológica en el Cultivo del Cacao*. <https://repositorio.inia.gob.pe>.
- CHANCAY, L., DELGADO, M., Y SALAS C., 2022. *Cadmio en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) y sus efectos ambientales*. La Técnica, Edición Especial, 91-110. DOI: DOI: https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i0.4324
- CHAVEZ, Y. ,2020. *Evaluación de la concentración de cadmio en el suelo y frutos de una plantación de cacao (Theobroma cacao l.) en Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo - Huánuco 2020. (tesis pregrado)*. Universidad de Huánuco. Huánuco.
- DÍAZ-VALDERRAMA JR, LEIVA-ESPINOZA T Y AIME MC., 2020. *The history of cacao and its diseases in the Americas*. *Phytopathol*. 110(10):1604-1619. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-05-20-0178-RVW>
- FERNÁNDEZ Bedoya, V. H. (2020). *Tipos de justificación en la investigación*

- científica. Espiritu Emprendedor TES*, 4(3), 65–76.
<https://doi.org/10.33970/eetes.v4.n3.2020.207>
- FLORIDA, N., PAUCAR, J., JACOBO, S., ESCOBAR, F., Y TORRES, J., 2019. *Effect of compost and NPK on the levels of microorganisms and cadmium in soil and almond of cocoa Nelino*. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 21(2), 264-273.
<http://dx.doi.org/10.18271/ria.2019.503>
- FURCAL, B., TORRES, M., JOSÉ L., 2020. *Determinación de concentraciones de cadmio en plantaciones de Theobroma cacao L. en Costa Rica*. *Revista Tecnología en Marcha*, 33(1), 122-137.
<https://dx.doi.org/10.18845/tm.v33i1.5027>
- GALARZA, G., 2020. *Límites de cadmio en la unión europea y su incidencia en las exportaciones de Cacao en grano del Ecuador*. (tesis pregrado). Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- GOICOCHEA, P., GARCIA, Y., 2022. *Fitorremediación para recuperar suelos contaminados por metales pesados: discusión de revisión sistemática*.
<https://hdl.handle.net/20.500.12724/18849>
- GU, Songsong, et al. Application of organic fertilizer improves microbial community diversity and alters microbial network structure in tea (*Camellia sinensis*) plantation soils. *Soil and Tillage Research*, 2019, vol. 195, p. 104356.
<https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104356>
- GUZMÁN, M., AMBAR, R., ORESTES, CRUZ., & VALDÉS, RAMIRO., 2019. *Efectos de la Contaminación por Metales Pesados en un Suelo con Uso Agrícola*. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, Vol. 28, No. 1, 2019, E-ISSN: 2071-0054
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542019000100004&lng=es&tlng=en
- HAMID, Y., TANG, L., SOHAIL, M. I., CAO, X., HUSSAIN, B., AZIZ, M. Z., YANG, X., 2019. An explanation of soil amendments to reduce cadmium phytoavailability and transfer to food chain. *Science of The Total Environment*, 660, 80–96.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.419>
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C., & BAPTISTA LUCIO, P., 2014. *Metodología de la Investigación (Sexta Edic; Interamericana Editores S.A DE C.V, Ed.)*. México
- HUARACA, F., JHON N., PÉREZ, L., BUSTINZA-CABALA, LEONOR S., & PAMPA-QUISPE, NOÉ B., 2020. *Enmiendas orgánicas en la inmovilización de cadmio*

- en suelos agrícolas contaminados: una revisión. *Información tecnológica*, 31(4), 139-152. <https://dx.doi.org/10.4067/S07180764202000040013>
- HUARACA, F., JHON, N., PÉREZ, L., 2019. *Efecto del humus de lombriz, nutri abonaza y compost en la inmovilidad del cadmio en suelos con plantación del cacao de la Cooperativa Agroindustrial Cacao Alto Huallaga, Huánuco* doi: [file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/Jhon_Tesis_Licenciatura_2019%20\(2\)](file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/Jhon_Tesis_Licenciatura_2019%20(2))
- HUESO, P., MUÑOZ, M., Y MARTÍNEZ, F., 2018. *The Role of Organic Amendments in Drylands Restoration*, <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.12.002>.
- LÓPEZ, P., 2021. *Efecto de bioles en el crecimiento de plántulas de cacao (Theobroma cacao L.) en vivero*. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Perú: UNAS. Obtenido de <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1929>
- LUZ, K., MOSTACERO, J., ELOY, S., EFRAÍN, A., CASTILLO, J., VILLENA, L., & PABLO, S., 2021. *Cadmio en plantaciones de Theobroma cacao L. «cacao» en la región San Martín (Lamas), Perú*. *Manglar*, 18(2), 169-173. <https://doi.org/10.17268/MANGLAR.2021.022>
- MAMANI, P., CHÁVEZ, E., & ORTUÑO, N. (s.f.), 2018. *El biol*.
- MARIUS, K. K., N'GUESSAN, K., IGNACE, K. K., KÉVIN, K. K., KOUASSI, K., ARSÈNE, Z. B. I., & ODETTE, D. D. (2020). *Comparative effects of organic cocoa shell-based and inorganic NPK fertilization on the growth and yield of four cassava varieties*. *Open journal of soil science*, 10(06), 217–232. <https://doi.org/10.4236/ojss.2020.106011>
- MARTINEZ, ROJAS & SACRISTÁN SÁNCHEZ., 2013. *Modelo productivo para el cultivo de cacao (Theobroma cacao) para el departamento del Huila, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)*. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7403558>
- MENDOZA K, MOSTACERO J, LÓPEZ S, GIL A, DE LA CRUZ A, VILLENA L, 2021. *Cadmio en plantaciones de Theobroma cacao L. "cacao" en la región San Martín (Lamas), Perú*. <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2021.022>
- MENDOZA, B., TORRES, D., MARCÓ, L., CARLOS, G., ESTANGA, M., & GARCIA, Y., 2021. *Concentración de metales pesados en suelos agrícolas bajo diferentes sistemas de labranza*. *Tecnológicas*, 24(51), e1738. <https://doi.org/10.22430/22565337.1738>
- METER, A.; ATKINSON, R. J.; LALIBERTE, B. *Cadmio en el cacao de América Latina y el Caribe: Análisis de la investigación y soluciones potenciales para la mitigación*. 2019. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1505>

- OC, Gonza Saavedra, C. J., Guzmán Castillo, W., & Pariente Mondragón, E. (2018). *Bioacumulación de cadmio en el cacao (Theobroma cacao) en la Comunidad Nativa de Pakun, Perú*. Revista Forestal Del Perú, 33(1), 63-75. <https://doi.org/10.21704/rfp.v33i1.1156>.
- PAN, Y., KOOPMANS, G. F., BONTEN, L. T. C., SONG, J., LUO, Y., TEMMINGHOFF, E. J. M., & COMANS, R. N. J., 2016. *Temporal variability in trace metal solubility in a paddy soil not reflected in uptake by rice (Oryza sativa L.)*. Environmental Geochemistry and Health, 38(6), 1355–1372.
- PINTO, T. DE O., GARCÍA, A. C., GUEDES, J. DO N., DO A. SOBRINHO, N. M. B., TAVARES, O. C. H., & BERBARA, R. L. L., 2016. *Assessment of the Use of Natural Materials for the Remediation of Cadmium Soil Contamination*. PLOS ONE, 11(6), 1–14.
- PRIALE C. (2014) *Muestreo foliar para el cultivo de cacao*. Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. Estación Experimental Agraria Pichanaki – Junín. Hoja divulgativa. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/203>
- RAMÍREZ L, ABAUNZA C, RODRÍGUEZ L, VARON E, BARRAGÁN E, ROJAS J., 2020. *Modelo productivo para el cultivo de cacao (Theobroma cacao) para el departamento del Huila, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)*.
- RAMOS, ROXANA (2021) Efecto del abono orgánico en la absorción de cadmio en clones de cacao (Theobroma cacao L.), en la región San Martín. Universidad Católica Sedes Sapientiae
- RAMTAHAL, G., YEN, I. C., HAMID, A., BEKELE, I., BEKELE, F., MAHARAJ, K., & HARRYNANAN, L., 2018. *The Effect of Liming on the Availability of Cadmium in Soils and Its Uptake in Cacao (Theobroma Cacao L.) In Trinidad & Tobago*. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 0(0), 1–9.
- ROSALES-HUAMANÍ, Jimmy, et al. Identificación de cadmio y plomo en los cultivos de cacao ubicados en la zona de Satipo-Junín. *Tecnia*, 2021, vol. 31, no 2, p. 83-89. <https://dx.doi.org/10.21754/tecnica.v21i2.1062>
- SACHA, J., 2021. Hagamos nuestro biol. Manejo integral de los recursos naturales en el tropico de Cochabamba y los Yungas de la Paz
- SÁENZ & CABEZAS., 2007. *Modelo productivo para el cultivo de cacao (Theobroma cacao) para el departamento del Huila, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)*.

- SASMITA, K. D., ROKMAH, D. N., SAKIROH, HAFIF, B., & PUTRA, S. (2022). The effect of biofertilizer from waste bioconversion on the growth of cocoa seedlings. *IOP conference series. Earth and environmental science*, 1038(1), 012008. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1038/1/012008>
- SCACCABAROZZI, D., CASTILLO, L., AROMATISI, A., MILNE, L., CASTILLO, A. B., & MUÑOZROJAS, M., 2020. Soil, site, and management factors affecting cadmium concentrations in cacao-growing soils. *Agronomy*, 10(6), 1-15. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060806>
- SITUMORANG, N. O., I NYOMAN RAI, & I WAYAN WIRAATMAJA. (2023). Growth and yield responses of cocoa (*Theobroma cacao* L.) to fungi arbuscular mycorrhizal biofertilizer prototypes with Different Spore Carrier Media and pruning. *Magna Scientia Advanced Biology and Pharmacy*, 8(2), 042–048. <https://doi.org/10.30574/msabp.2023.8.2.0029>
- SUPO, F., & CAVERO, H., 2014. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y (B. N. del Perú (ed.)
- TAMAYO, C., & SILVA, I., 2020. *Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos*
- TANTALEAN, E., & HUAUYA, A., 2017. *Distribución del contenido de cadmio en los diferentes órganos del cacao CCN-51 en suelo aluvial*. *Revista de investigación agro producción sustentable*, 1(2), 69-78. doi:10.25127/aps.20172.365
- TIAN, R., KUANG, Y., WANG, Z., ZHAO, P., & LIANG, P., 2021. *Research on remediation technology of heavy metal contaminated soil*. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 859, 012075.
- VICTORIA, K. S., & AGGANGAN, N. S. (2023). *Effects of bio- and chemical fertilizers on growth and soil microbial population of cacao (Theobroma cacao L.) seedlings*. Gov.ph. Recuperado el 31 de octubre de 2023, de https://philjournalsci.dost.gov.ph/images/pdf/pjs_pdf/vol152no4/effects_of_bio_and_chemical_fertilizers_on_growth_and_soil_microbial_population_of_cacao.pdf
- VILLALAZ, J., VILLARREAL, E., SANTO, A., & GARCÍA, A., 2022. *Relationship between Soil Properties, Content and Dynamics of Cadmium in Creole Cocoa Genotype Grown Organically in Bocas del Toro – Panama*. *International Journal of Plant & Soil Science*, 90-107. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2022/v34i530869>
- ZAVALA, J., REPOMA, D., LAO, C., AGUILAR, J., 2022. *Enmiendas líquidas orgánicas en la reducción de cadmio en suelo, hojas y almendras de cacao*. <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<p>Variable Independiente: Concentraciones de Cd y las dosis del biol orgánico</p>	<p>Se refiere a los impactos y beneficios resultantes de la aplicación de un fertilizante de origen biológico y natural en la agricultura o la horticultura. Estos efectos pueden incluir la mejora de la calidad del suelo, el aumento de la disponibilidad de nutrientes para las plantas, la promoción de un crecimiento saludable de los cultivos, la reducción de la dependencia de fertilizantes químicos y la disminución de la contaminación ambiental (Aguirre & Calderón, 2019).</p>	<p>Se evaluará el efecto del biofertilizante orgánico mediante la medición y evaluación de los cambios específicos en parámetros agronómicos y ambientales causados por la aplicación de dicho biofertilizante.</p>	<p>Concentraciones de Cd y dosis de biol orgánico</p>	<ul style="list-style-type: none"> • (T1): 0 ppm de Cd -0 ml de biol orgánico • (T2): 0 ppm de Cd – 40 ml de biol orgánico • (T3): 3 ppm de Cd – 0 ml de biol orgánico • (T4): 3 ppm de Cd – 40 ml de biol orgánico. 	<p>Intervalo</p>
<p>Variable dependiente: Absorción de cd por los plántones de <i>T. cacao</i></p>	<p>La alta concentración de Cd en el suelo y su absorción por la planta genera una reducción en la fotosíntesis, baja absorción de agua y nutrientes, por lo que como resultado se observa clorosis, inhibición del crecimiento, oscurecimiento de las raíces y al mismo tiempo la muerte; que el cadmio en la planta afecta los procesos fisiológicos y morfológicos de la raíz, altera la expresión de proteínas y genes en la planta (Florida <i>et al.</i> 2019).</p>	<p>Se evaluará la absorción de cadmio en plántones de cacao mediante procedimientos y medidas específicas que permiten cuantificar la cantidad de cadmio que es tomada y acumulada por los plántones de cacao.</p>	<p>Características fisicoquímicas del suelo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Materia orgánica • Nitrógeno • Fósforo 	<p>Intervalo</p>
			<p>Concentración de cadmio en el suelo</p>	<p>% cadmio en suelo</p>	<p>Intervalo</p>
			<p>Concentración de cadmio en los tejidos vegetales</p>	<p>% cadmio en tejidos vegetales.</p>	<p>Intervalo</p>

Textura:									
Compactación/Consistencia:									
Humedad:									
Componentes antropogénicos:									
Estimación de la fracción > 2 mm (%):									
Cantidad de la muestra: (Volumen o peso)									
Medidas de conservación:									
Tipo de muestra: (simple/compuesta)									
Para muestras superficiales compuestas:									
Área de muestreo (m ²):									
Número de sub-muestras:									
Comentarios:					Croquis:				

Anexo 4. Ficha de análisis de plantas



PERÚ

Ministerio de Agricultura y Riego

Instituto Nacional de Innovación Agraria

Estación Experimental Agraria Pichanaki



HOJA DIVULGATIVA N° 03

MUESTREO FOLIAR PARA EL CULTIVO DE CACAO

1. ANÁLISIS FOLIAR

El análisis foliar es un análisis químico del contenido de nutrientes en los tejidos vegetales. En general, una mayor disponibilidad de un nutriente en el suelo, se traduce en una mayor concentración de este nutriente en la planta.

2. UTILIDAD DEL ANÁLISIS FOLIAR

- Conocer si los nutrientes aplicados han sido absorbidos por la planta. Solamente el análisis foliar puede determinar si determinado elemento ha ingresado o no a la planta. Entonces esto permite efectuar ajustes a nuestras fórmulas de fertilización.
- Diagnosticar o confirmar síntomas visuales de deficiencias. El síntoma causado por un elemento determinado puede ser parecido al causado por otro.
- Determinar interacciones o antagonismos entre elementos. Por ejemplo, el exceso de potasio puede disminuir la absorción del magnesio. Cantidades elevadas de fósforo disminuyen la absorción del azufre, etc.
- Identificar "hambre oculta". En ciertas ocasiones la planta puede sufrir de una deficiencia de nutrientes, sin mostrar ningún síntoma.

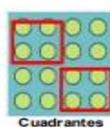
3. METODOLOGÍA DE MUESTREO PARA CAFÉ

3.1. SELECCIÓN DE PLANTAS EN CAMPO:

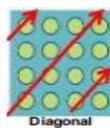
Éstos diagramas describen algunos de los patrones dentro del terreno que usted puede seguir para la toma de sus muestras. Se deben muestrear al menos 15 plantas, elegidas al azar.



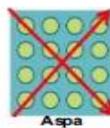
Zig zag Tradicional



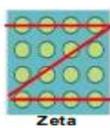
Cuadrantes



Diagonal



Aspa



Zeta



Hoja seleccionada

3.2. SELECCIÓN DE HOJAS DE CACAO

De cada árbol seleccionado tomar 15 a 25 hojas, eligiendo la tercera hoja bien formada a partir del ápice de varias ramas ubicadas en el tercio medio del árbol. Las hojas seleccionadas deben estar libres de daños ocasionados por insectos o enfermedades y no haber sido tratadas con fungicidas recientemente.



4. COSTO DEL ANÁLISIS FOLIAR

- Determinación de elementos mayores (N, P, K, Ca, Mg): S/. 65.00
- Determinación de elementos menores (Fe, Cu, Zn, Mn): S/. 35.00
- Análisis foliar completo: S/. 100.00

5. PLAZO DE ENTREGA DE RESULTADOS

- 10 días hábiles (incluye interpretación de niveles de resultados)

Anexo 4. Resultados de análisis de suelo y vegetal

Bloques	Repeticiones	Cd en el vegetal	pH	MO	N	P	Cadimo
0ppm – 0ml	1	0,25	7,2	3,2	0,19	342,12	0,22
0ppm – 0ml	2	0,22	7,2	3,8	0,21	298,10	0,18
0ppm – 0ml	3	0,31	7,3	3,4	0,21	307,12	0,14
0ppm – 40ml	1	0,24	7,4	4,2	0,94	386,7	0,12
0ppm – 40ml	2	0,23	7,5	4,6	0,92	479,4	0,1
0ppm – 40ml	3	0,16	7,8	4,4	0,93	487,87	0,23
3ppm – 0ml	1	0,19	5,8	3,1	0,17	275,12	0,13
3ppm – 0ml	2	0,09	5,7	3,0	0,14	265,25	0,09
3ppm – 0ml	3	0,17	5,9	3,0	0,19	209,12	0,17
3ppm – 40ml	1	0,22	6,7	2,1	0,77	298,42	0,10
3ppm – 40ml	2	0,14	6,1	2,9	0,72	289,12	0,14
3ppm – 40ml	3	0,12	6,9	2,7	0,92	287,63	0,11



ORGANISMO DE INSPECCIÓN ACREDITACIÓN POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 151



Nombre del Cliente : JIREHLAB SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - JIREHLAB S.A.C.
Domicilio Legal : UCV 100 LOTE. 23 HUAYCAN ZONA F LIMA - LIMA - ATE
Solicitado Por : Villanueva Cueva, Neil Edwin
Referencia : Tesis "Efecto de un biol orgánico en la absorción de cadmio en cacao (*Theobroma cacao* L.) a nivel de vivero en San Martín"

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : SAN MARTIN - TARAPOTO
Plan de Muestreo : Realizado por el Cliente
Cantidad de Muestras : 24
Condición de la Muestra : Bolsas de plástico
Fecha de Muestreo : 23/05/2024
Fecha de Recepción : 26/05/2024
Fecha Inicio Ensayo : 17/06/2024

	Cod. Cliente	0ppm - 0ml	0ppm - 0ml	0ppm - 0ml	0ppm - 40ml	0ppm - 40ml	0ppm - 40ml
	Tipo de Producto	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
	Fecha de Muestreo	26/05/2024	26/05/2024	26/05/2024	26/05/2024	26/05/2024	26/05/2024
Parámetros	Unidad	Resultados					
pH	Unidad de pH	7,2	7,2	7,3	7,4	7,5	7,8
Matena orgánica	%	3,2	3,8	3,4	4,2	4,6	4,4
Nitrógeno	%	0,19	0,21	0,21	0,94	0,92	0,93
Fósforo	ppm	342,12	298,10	307,12	386,7	479,4	487,87
Cadmio en suelo	mg/L	0,22	0,18	0,14	0,12	0,10	0,23

	Cod. Cliente	3ppm - 0ml	3ppm - 0ml	3ppm - 0ml	3ppm - 40ml	3ppm - 40ml	3ppm - 40ml
	Tipo de Producto	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
	Fecha de Muestreo	26/05/2024	26/05/2024	26/05/2024	26/05/2024	26/05/2024	26/05/2024
Parámetros	Unidad	Resultados					
pH	Unidad de pH	5,8	5,7	5,9	6,7	6,1	6,9
Matena orgánica	%	3,1	3,0	3,0	2,1	2,9	2,7
Nitrógeno	%	0,17	0,14	0,19	0,77	0,72	0,92
Fósforo	ppm	275,12	265,25	209,12	298,42	289,12	287,63
Cadmio en suelo	mg/L	0,13	0,09	0,17	0,10	0,14	0,11

Gloria Uturnco Mamani
Supervisor de Lab Químico
XERTEK LIFE S.A.C.

USO DEL INFORME

- 1.- El presente informe sólo es válido para el lote de muestras de la referencia.
- 2.- El lote de muestras que incluye el presente informe y/o muestras dirimentes serán descartadas a los 30 días calendario de la fecha de emisión del presente documento, salvo que su perecibilidad exija un periodo menor, en este caso el periodo de custodia estará definido por los requisitos del método empleado. El cliente o parte licitante podrá solicitar la devolución del remanente de estas muestras antes del vencimiento aquí indicado.
- 3 - El presente informe de ensayo constituye un documento oficial del interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo con las leyes vigentes tanto en materia civil como penal. Está prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, salvo autorización escrita de Xertek Life S.A.C.

Laboratorio: Av. Los Eucaliptos, Sector Santa Genoveva, Parcela 5 Lurin



ORGANISMO DE INSPECCIÓN ACREDITACIÓN POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 151



	Cod. Cliente	0ppm - 0ml	0ppm - 0ml	0ppm - 0ml	0ppm - 40ml	0ppm - 40ml	0ppm - 40ml
	Tipo de Producto	Planta	Planta	Planta	Planta	Planta	Planta
	Fecha de Muestreo	26/05/2024	26/05/2024	26/05/2024	26/05/2024	26/05/2024	26/05/2024
Parámetros	Unidad	Resultados					
Cadmio en tejidos vegetal	mg/L	0,25	0,22	0,31	0,24	0,23	0,16

	Cod. Cliente	3ppm - 0ml	3ppm - 0ml	3ppm - 0ml	3ppm - 40ml	3ppm - 40ml	3ppm - 40ml
	Tipo de Producto	Planta	Planta	Planta	Planta	Planta	Planta
	Fecha de Muestreo	26/05/2024	26/05/2024	26/05/2024	26/05/2024	26/05/2024	26/05/2024
Parámetros	Unidad	Resultados					
Cadmio en tejidos vegetal	mg/L	0,19	0,09	0,17	0,22	0,14	0,12

Gloria Utrunco Mamani
Supervisor de Lab Químico
XERTEK LIFE S.A.C.

Anexo 5. Permiso de ejecución de tesis en la estación experimental agraria “El Porvenir”



“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

SOLICITO: Ejecución de tesis en las instalaciones de INIA.

Director:

Ing. Manuel Santillán Gonzales

Director de la Estación Experimental Agraria “El Porvenir”

Tengo el agrado de dirigirme a usted, saludarlo cordialmente y solicitarlo en nombre del y testista, Neil Edwin Villanueva Cueva con número de identidad No. **46307973** con domicilio vigente en **Jr. Mariscal sucre 262 – Morales** bachiller en Ingeniería Ambiental, estimo a disponer se proceda a la atención de mi requerimiento en razón de que:

Estando en la última etapa de culminar nuestra carrera profesional en INGENIERÍA AMBIENTAL, en la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, solicito permiso de un área para la instalación de un vivero para realizar la ejecución de mi tesis titulada: **“EFECTO DE UN BIOL ORGÁNICO EN LA ABSORCIÓN DE CADMIO EN CACAO (THEOBROMA CACAO L.) A NIVEL DE VIVERO EN SAN MARTÍN”**, con un tiempo estimado de 2 meses en promedio desde la etapa de germinación hasta la etapa de plántulas para siembra respectivamente.

Bajo este, el propósito será conocer el efecto del biol orgánico en la absorción de cadmio del suelo en siembra de cacao con el desarrollo de la investigación antes mencionada.

Seguro de su aceptación nos despedimos de usted deseándole un éxito en tu trabajo diario, así como salud para usted y toda su familia.

Tarapoto, 11 de marzo del 2024

Atentamente,

Br. Neil Edwin Villanueva Cueva
DNI: 46307973

Ing. Manuel D. Santillán Gonzales
DIRECTOR
ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRARIA "EL PORVENIR" - TARAPOTO

Ing. Manuel Dante Santillán Gonzales
DNI: 01147723

Anexo 6. Carta de presentación a expertos



CARTA A EXPERTOS PARA EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO

Tarapoto, 14 de mayo de 2024

Señor (a)

MSc. Jorge Paz Urrelo

Presente

Asunto: **Validación de instrumento**

Es grato de dirigirme a usted, para expresarle mi cordial saludo; así mismo, manifestarle que estoy desarrollando mi tesis titulada: **“Efecto de un biol orgánico en la absorción de cadmio en cacao (*Theobroma cacao* L.) a nivel de vivero en San Martín”**, para optar el título de: Ingeniero Ambiental.

Por ello, estoy desarrollando un estudio; en el cual, se incluye la recolección de datos por ser una investigación cuantitativa; por lo que, le solicité sus buenos oficios en la validación de los respectivos instrumentos que se adjunta, para cubrir con el requisito de “Juicio de expertos”.

- Matriz de consistencia de variables
- Ficha de evaluación
- Instrumento de recolección de datos

Esperando tener la acogida a esta petición, hago propicia la oportunidad para renovar mi aprecio y especial consideración.

Atentamente,

Neil Edwin Villanueva Cueva

DNI: 46307973

Anexo 7. Carta de presentación a expertos



CARTA A EXPERTOS PARA EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO

Tarapoto, 14 de mayo de 2024

Señor (a)

MSc. Mar Gárate Navarro

Presente

Asunto: **Validación de instrumento**

Es grato de dirigirme a usted, para expresarle mi cordial saludo; así mismo, manifestarle que estoy desarrollando mi tesis titulada: **“Efecto de un biol orgánico en la absorción de cadmio en cacao (*Theobroma cacao* L.) a nivel de vivero en San Martín”**, para optar el título de: Ingeniero Ambiental.

Por ello, estoy desarrollando un estudio; en el cual, se incluye la recolección de datos por ser una investigación cuantitativa; por lo que, le solicité sus buenos oficios en la validación de los respectivos instrumentos que se adjunta, para cubrir con el requisito de “Juicio de expertos”.

- Matriz de consistencia de variables
- Ficha de evaluación
- Instrumento de recolección de datos

Esperando tener la acogida a esta petición, hago propicia la oportunidad para renovar mi aprecio y especial consideración.

Atentamente,

Neil Edwin Villanueva Cueva

DNI: 46307973

Anexo 8. Carta de presentación a expertos

CARTA A EXPERTOS PARA EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO

Tarapoto, 14 de mayo de 2024

Señor (a)

Dra. Rita de Cassia Bahia

Presente

Asunto: **Validación de instrumento**

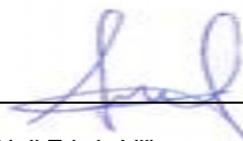
Es grato de dirigirme a usted, para expresarle mi cordial saludo; así mismo, manifestarle que estoy desarrollando mi tesis titulada: **“Efecto de un biol orgánico en la absorción de cadmio en cacao (*Theobroma cacao* L.) a nivel de vivero en San Martín”**, para optar el título de: Ingeniero Ambiental.

Por ello, estoy desarrollando un estudio; en el cual, se incluye la recolección de datos por ser una investigación cuantitativa; por lo que, le solicité sus buenos oficios en la validación de los respectivos instrumentos que se adjunta, para cubrir con el requisito de “Juicio de expertos”.

- Matriz de consistencia de variables
- Ficha de evaluación
- Instrumento de recolección de datos

Esperando tener la acogida a esta petición, hago propicia la oportunidad para renovar mi aprecio y especial consideración.

Atentamente,



Neil Edwin Villanueva Cueva

DNI: 46307973

CONSTANCIA

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Por la presente se deja constancia de haber revisado los instrumentos de investigación, para ser utilizados en el desarrollo de la tesis: “**Efecto de un biol orgánico en la absorción de cadmio en cacao (*Theobroma cacao* L.) a nivel de vivero en San Martín**”, del autor Neil Edwin Villanueva Cueva estudiante de la Universidad César Vallejo, filial Tarapoto. Las observaciones fueron levantadas por los autores; quedando finalmente con la validez y confiabilidad correspondiente.

Se extiende la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que considere pertinentes.

Tarapoto, 14 de mayo de 2024

Atentamente,



.....
JORGE L. PAZ URRELO
INGENIERO AGRÓNOMO
CIP N° 120044

Anexo 9. Constancia de aceptación por expertos

CONSTANCIA

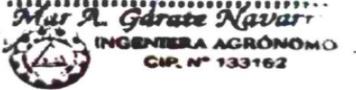
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Por la presente se deja constancia de haber revisado los instrumentos de investigación, para ser utilizados en el desarrollo de la tesis: **“Efecto de un biol orgánico en la absorción de cadmio en cacao (*Theobroma cacao* L.) a nivel de vivero en San Martín”**, del autor Neil Edwin Villanueva Cueva estudiante de la Universidad César Vallejo, filial Tarapoto. Las observaciones fueron levantadas por los autores; quedando finalmente con la validez y confiabilidad correspondiente.

Se extiende la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que considere pertinentes.

Tarapoto, 14 de mayo de 2024

Atentamente,

Mari A. Garate Navar
INGENIERA AGRÓNOMA
CIP. N° 133162

Anexo 11. Constancia de aceptación por expertos

CONSTANCIA

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Por la presente se deja constancia de haber revisado los instrumentos de investigación, para ser utilizados en el desarrollo de la tesis: **“Efecto de un biofertilizante orgánico en la absorción de cadmio en cacao (*Theobroma cacao* L.) a nivel de vivero en San Martín”**, del autor Neil Edwin Villanueva Cueva estudiante de la Universidad César Vallejo, filial Tarapoto. Las observaciones fueron levantadas por los autores; quedando finalmente con la validez y confiabilidad correspondiente.

Se extiende la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que considere pertinentes.

Tarapoto, 14 de mayo de 2024

Atentamente,



Dra. Rita de Cassia S. Bahia
Especialista en Producción Vegetal

Anexo 12. Matriz de operacionalización de variables

Validación de la matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable Independiente: Concentraciones de Cd y las dosis del biol orgánico	Se refiere a los impactos y beneficios resultantes de la aplicación de un fertilizante de origen biológico y natural en la agricultura o la horticultura. Estos efectos pueden incluir la mejora de la calidad del suelo, el aumento de la disponibilidad de nutrientes para las plantas, la promoción de un crecimiento saludable de los cultivos, la reducción de la dependencia de fertilizantes químicos y la disminución de la contaminación ambiental (Aguirre & Calderón, 2019).	Se evaluará el efecto del biofertilizante orgánico mediante la medición y evaluación de los cambios específicos en parámetros agronómicos y ambientales causados por la aplicación de dicho biofertilizante.	Concentraciones de Cd y dosis de biol orgánico	<ul style="list-style-type: none"> (T1): 0 ppm de Cd -0 ml de biol orgánico (T2): 0 ppm de Cd -40 ml de biol orgánico (T3): 3 ppm de Cd - 0 ml de biol orgánico (T4): 3 ppm de Cd -40 ml de biol orgánico. 	Intervalo
Variable dependiente: Absorción de cd por los plantones de <i>T. cacao</i>	La alta concentración de Cd en el suelo y su absorción por la planta genera una reducción en la fotosíntesis, baja absorción de agua y nutrientes, por lo que como resultado se observa clorosis, inhibición del crecimiento, oscurecimiento de las raíces y al mismo tiempo la muerte; que el cadmio en la planta afecta los procesos fisiológicos y morfológicos de la raíz, altera la expresión de proteínas y genes en la planta (Florida <i>et al.</i> 2019).	Se evaluará la absorción de cadmio en plantones de cacao mediante procedimientos y medidas específicas que permiten cuantificar la cantidad de cadmio que es tomada y acumulada por los plantones de cacao.	Características fisicoquímicas del suelo	<ul style="list-style-type: none"> pH Materia orgánica Nitrógeno Fósforo 	Intervalo
			Concentración de cadmio en el suelo	% cadmio en suelo	Intervalo
			Concentración de cadmio en los tejidos vegetales	% cadmio en tejidos vegetales.	Intervalo

<p>Firma del especialista:</p>  <p>JORGE L. PAZ URRELO INGENIERO AGRÓNOMO CIP N° 120044</p>	<p>Firma del especialista:</p>  <p>MARÍA DEL CARMEN AGUIRRE INGENIERA AGRÓNOMA CIP N° 133162</p>	<p>Firma del especialista:</p>  <p>Dra. Rita de Cassia S. Bahía Especialista en Producción Vegetal</p>
--	--	---

Anexo 13. Matriz de ponderación por los expertos



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Paz Urrelo, Jorge
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Maestro en Ciencias Agrarias
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Fichas de observación
- 1.5. Autor (A) de Instrumento: Neil Edwin Villanueva Cueva

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

(1) INACEPTABLE (2) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE (3) ACEPTABLE

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Recomendación: **SI CUMPLE**


JORGE L. PAZ URRELO
INGENIERO AGRÓNOMO
CIP N° 129044

Tarapoto, 14 de mayo de 2024.

Anexo 14. Matriz de ponderación por los expertos



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Garate Navarro, Mar
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** INIA
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Maestro en Ciencias Agrarias
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Fichas de observación
- 1.5. **Autor (A) de Instrumento:** Neil Edwin Villanueva Cueva

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

(1) INACEPTABLE (2) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE (3) ACEPTABLE

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%

Recomendación: **SI CUMPLE**




Tarapoto, 14 de mayo de 2024.

Anexo 15. Matriz de ponderación por los expertos

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** De Cassia Bahia, Rita
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** INIA
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Especialista en producción vegetal
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Fichas de observación
- 1.5. **Autor (A) de Instrumento:** Neil Edwin Villanueva Cueva

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

(1) INACEPTABLE (2) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE (3) ACEPTABLE

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

92.5%

Recomendación:



Dra. Rita de Cassia S. Bahia
 Especialista en Producción Vegetal

Tarapoto, 14 de mayo de 2024.

Anexo 16. Ficha de recolección de datos de las características fisicoquímicas del suelo

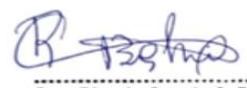


Ficha de recolección de datos de las características fisicoquímicas del suelo

LUGAR DE ESTUDIO: _____ REALIZADO POR: _____

FECHA: _____ RESPONSABLE: _____

Título: "Efecto de un biol orgánico en la absorción de cadmio en cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) a nivel de vivero en San Martín".					
Tratamiento	Repeticiones	pH	Materia Orgánica	Nitrógeno	Fósforo
T1	R1				
	R2				
	R2				
T2	R1				
	R2				
	R3				
T3	R1				
	R2				
	R3				
T4	R1				
	R2				
	R3				

<p>Firma del especialista:</p>  <p>..... JORGE L. PAZ URRELO INGENIERO AGRÓNOMO CIP N° 129044</p>	<p>Firma del especialista:</p>  <p>..... Dra. Rita de Cassia S. Bahia INGENIERA AGRÓNOMA CIP. N° 133162</p>	<p>Firma del especialista:</p>  <p>..... Dra. Rita de Cassia S. Bahia Especialista en Producción Vegetal</p>
--	---	--

Anexo 17. Matriz de ponderación por los expertos



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Paz Urrelo, Jorge
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Maestro en Ciencias Agrarias
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Fichas de observación
- 1.5. Autor (A) de Instrumento: Neil Edwin Villanueva Cueva

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

(1) INACEPTABLE (2) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE (3) ACEPTABLE

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Recomendación: **SI CUMPLE**


JORGE L. PAZ URRELO
INGENIERO AGRÓNOMO
CIP N° 120044

Tarapoto, 14 de mayo de 2024.

Anexo 18. Matriz de ponderación por los expertos

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Garate Navarro, Mar
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** INIA
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Maestro en Ciencias Agrarias
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Fichas de observación
- 1.5. **Autor (A) de Instrumento:** Neil Edwin Villanueva Cueva

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

(1) INACEPTABLE (2) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE (3) ACEPTABLE

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%

Recomendación: **SI CUMPLE**





Tarapoto, 14 de mayo de 2024.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** De Cassia Bahia, Rita
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** INIA
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Especialista en producción vegetal
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Fichas de observación
- 1.5. **Autor (A) de Instrumento:** Neil Edwin Villanueva Cueva

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

(1) INACEPTABLE (2) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE (3) ACEPTABLE

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

92.5%

Recomendación:



Dra. Rita de Cassia S. Bahia
 Especialista en Producción Vegetal

Tarapoto, 14 de mayo de 2024.

Anexo 20. Ficha de recolección de datos de las concentraciones de cadmio en la planta.



Ficha de recolección de datos de las concentraciones de cadmio en la planta.

LUGAR DE ESTUDIO: _____ REALIZADO POR: _____

FECHA: _____ RESPONSABLE: _____

Título: "Efecto de un biol orgánico en la absorción de cadmio en cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) a nivel de vivero en San Martín".					
Concentración de cadmio en suelo y planta					
N°	Tratamientos	Repeticiones	% cadmio en el suelo.	% cadmio en los tejidos vegetales	Observación.
1	T1	R1			
2		R2			
3		R3			
4	T2	R1			
5		R2			
6		R3			
7	T3	R1			
8		R2			
9		R3			
10	T4	R1			
11		R2			
12		R3			

Firma del especialista:  JORGE L. PAZ URRELO INGENIERO AGRÓNOMO CIP N° 120044	Firma del especialista:  Mar A. Garza Nolasco INGENIERA AGRÓNOMA CIP. N° 133162	Firma del especialista:  Dra. Rita de Cassia S. Bahia Especialista en Producción Vegetal
--	---	--

Anexo 21. Reconocimiento del lugar donde se obtuvo el suelo para el trabajo de investigación que se encuentra en un area que pertenese al la INIA-EPV-Juan Gerra. La ubicasion es:18 M 0354884 - UTM: 9271554



Anexo 22. Proceso de molida de la cáscara de cacao para la obtención del biol que fue aplicado a una dosis de 40 ml a las plantulas de cacao.



Anexo 23. Obtención de la cáscara de cacao triturada para el proceso de obtención de biol natural.



Anexo 24. Obtención del biol natural de cáscara de cacao en la Estación Experimental Agraria “El Porvenir”.



Anexo 25. Análisis de calidad del biol en el laboratorio de calidad de la Estación Experimental Agraria “El Porvenir”



Anexo 26. Cadmio y difusión para las dosificaciones para la incorporación al suelo



Anexo 27. Aplicación del cadmio diluido al suelo para los tratamientos con biol orgánico de cáscara de cacao.



Anexo 28. Suelo contaminado con cadmio y proceso de llenado de bolsas.



Anexo 29. Acondicionamiento de las bolsas en el vivero para la siembra de las semillas de cacao para la germinación.



Anexo 30. Vivero de tratamiento del suelo contaminado con cadmio para la siembra de las semillas de cacao.



Anexo 31. Obtención de las semillas de cacao para la siembra en las bosas llenadas con suelo contaminado en el vivero.



Anexo 32. Proceso de germinación de las semillas de cacao en el vivero instalado en la Estación Experimental Agraria “El Porvenir”



Anexo 33. Plántulas de cacao a 20 días desde la germinación en el vivero instalado en la Estación Experimental Agraria “El Porvenir”



Anexo 34. Aplicación del biol natural de la cáscara de cacao a las plántulas en el vivero instalado en la Estación Experimental Agraria “El Porvenir”.



Anexo 35. Análisis de la biomasa de la cáscara de cacao para la obtención de biol natural.

INFORME DE ENSAYO

N° 05007-24/AO/ LABSAF - EL PORVENIR

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : EEA El Porvenir - Efecto de un Biol Orgánico en la absorción de Cadmio en Theobroma Cacao
 Propietario / Productor : Proyecto Suelos y Aguas - Producción de Biofertilizante extraído de la cáscara de Cacao
 Dirección del cliente : Carretera Belaunde Terry km 14.5 - Juan Guerra
 Solicitado por : Rita de Cassia Siqueira Bahia
 Muestreado por : Neil Edwin Villanueva Cueva
 Número de muestra(s) : 1 muestra
 Producto declarado : Abono
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente
 Procedencia de muestra(s) (*) : Juan Guerra/San Martín/San Martín
 Fecha(s) de muestreo (*) : 2023-01-29
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-02-01
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliaves - LABSAF El Porvenir
 Fecha(s) de análisis : 2024-03-26
 Cotización del servicio : 013-2024 EPV
 Fecha de emisión : 2024-05-15

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM		1					
Código de Laboratorio		AB005-Epv-24					
Matriz Analizada		Abono					
Fecha de Muestreo (*)		2023-01-09					
Hora de Inicio de Muestreo (h) (*)		9:00					
Condición de la muestra		No Conservada					
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente		02					
Ensayo	Unidad	LC	Resultados				
pH (***)	unid. pH	0,1	9,80				
Conductividad (***)	mS/m	1,0	15,28				
Materia Orgánica (***)	%	--	55,70				
Nitrógeno Total (***)	%	--	0,02				
Fósforo Total (***)	%	--	0,40				
Potasio Total (***)	%	--	5,64				
Humedad (***)	%	--	17,87				
Análisis de Metales (***)							
Arsenico (As)	mg/kg	0,10	0,62				
Bario (Ba)	mg/kg	0,10	67,83				
Cadmio (Cd)	mg/kg	0,10	0,76				
Calcio (Ca)	mg/kg	0,10	21050,19				
Cobalto (Co)	mg/kg	0,10	3,45				
Cobre (Cu)	mg/kg	0,10	36,65				
Cromo (Cr)	mg/kg	0,10	3,47				
Estroncio (Sr)	mg/kg	0,10	58,34				
Manganeso (Mn)	mg/kg	0,10	98,50				
Magnesio (Mg)	mg/kg	0,10	8103,58				
Molibdeno (Mo)	mg/kg	0,10	1,12				
Niquel (Ni)	mg/kg	0,10	5,71				
Plomo (Pb)	mg/kg	0,10	4,35				
Sodio (Na)	mg/kg	0,10	915,42				
Zinc (Zn)	mg/kg	0,10	117,31				