UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
ESCUELA DE POSGRADO
UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

# Agroquímicos (Troya, Caporal) y su impacto ambiental en suelos de cultivo de arroz en el sector la Florida

Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en ciencias, con mención en Gestión Ambiental

AUTOR :

José Máximo Díaz Pinto

ASESOR :

Dr. Wildoro Ramírez Ramírez

Tarapoto - Perú

2020

Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN TARAPOTO - PERU

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú.
Vea una copia de esta licencia en http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/

Obra publicada con autorización del autor

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

## ESCUELA DE POSGRADO

## UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA

## PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

# Agroquímicos (Troya, Caporal) y su impacto ambiental en suelos de cultivo de arroz en el sector la Florida

**Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en ciencias, con mención en Gestión Ambiental**


**AUTOR:**

**José Máximo Díaz Pinto**

**ASESOR:**

**Dr. Wildoro Ramírez Ramírez**


**Tarapoto – Perú**

**2020**

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

## ESCUELA DE POSGRADO

## UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA

## PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

**Agroquímicos (Troya, Caporal) y su impacto ambiental en suelos de cultivo de arroz en el sector la Florida**

**Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en ciencias, con mención en Gestión Ambiental**


**AUTOR:**

**José Máximo Díaz Pinto**

**ASESOR:**

**Dr. Wildoro Ramírez Ramírez**


**Tarapoto – Perú**

**2020**

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

## ESCUELA DE POSGRADO

## UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA

## PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

**Agroquímicos (Troya, Caporal) y su impacto ambiental en suelos de cultivo de arroz en el sector la Florida**

**AUTOR:**

**José Máximo Díaz Pinto**

**Sustentada y aprobada el día 24 de setiembre del 2020, ante el honorable jurado:**

| | |
|---|---|
| **Dr. Fabian Centurión Tapia**<br>**Presidente** | **Ing. M. Sc. Marcos Aquiles Ayala Díaz**<br>**Secretario** |
| **Ing. M. Sc. Alfonso Rojas Bardález**<br>**Miembro** | **Dr. Wildoro Ramírez Ramírez**<br>**Asesor** |

© José Máximo Díaz Pinto - 2020
Todos los derechos reservados

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

## ESCUELA DE POSGRADO

## UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA

## PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

**Agroquímicos (Troya, Caporal) y su impacto ambiental en suelos de cultivo de arroz en el sector la Florida**

**Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en ciencias, con mención en Gestión Ambiental**

**El suscrito, declara que el presente trabajo de tesis es original, en su forma y contenido**


**Ing. José Máximo Díaz Pinto**
**Ejecutor**

**Dr. Wildoro Ramírez Ramírez**
**Asesor**

# Declaratoria de autenticidad

**José Máximo Díaz Pinto,** con DNI 48058146**,** egresado de la Escuela de Posgrado, Unidad de Posgrado de la Facultad de Ecología, Programa de Maestría en Ciencias con mención en Gestión Ambiental de la UNSM – T., autor de la tesis titulada: **Agroquímicos (Troya, Caporal) y su impacto ambiental en suelos de cultivo de arroz en el sector la Florida.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 24 de setiembre del 2020

.....

**Ing. José Máximo Díaz Pinto**
DNI: 48058146

**Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis**

**1. Datos del autor:**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Apellidos y nombres:** | DÍAZ PINTO JOSÉ MÁXIMO | | |
| **Maestría / Doctorado:** | MAESTRÍA | **Teléfono:** | |
| **Correo electrónico :** | jomaxdipin92@gmail.com | **DNI:** | 48058146 |

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

**2. Datos Académicos**

| | |
|---|---|
| **Facultad de:** | ECOLOGÍA |
| **Programa de:** | MAESTRÍA EN CIENCIAS. |

**3. Tipo de trabajo de investigación**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Tesis | (X) | Trabajo de investigación | ( ) |
| Trabajo de suficiencia profesional | ( ) | | |

**4. Datos del Trabajo de investigación**

| | |
|---|---|
| **Titulo :** | Agroquímicos (Troya, Caporal) y su impacto ambiental en suelos de cultivo de arroz en el sector la Florida. |
| **Año de publicación:** | 2020 |

**5. Tipo de Acceso al documento**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Acceso público * | (X) | Embargo | ( ) |
| Acceso restringido ** | ( ) | | |

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

| |
|---|
| |
| |

**6. Originalidad del archivo digital.**

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

**7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS***

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons,* con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI **"Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus *repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales* serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA"**.

.....

Firma y huella del Autor

---

**8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.**

Fecha de recepción del documento.

07 / 01 / 2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – T.
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto – UNSM-T.

.....

**Ing. M. Sc. Alfredo Ramos Perea**
Responsable

***Acceso abierto**: uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

# Dedicatoria

En primer lugar, a Dios, creador de la vida, fuente de sabiduría y conocimiento, gracias Padre por ser mí guía y permitirme llegar a concretar mis metas trazadas.

Con profundo amor, respeto y gratitud dedico el presente trabajo a mis padres José Díaz Cruz y Sra. Madre Zoila Ydalia Pinto Ríos que aún está conmigo apoyándome y alentándome en todo.

**José Máximo Díaz Pinto**

# Agradecimiento

A mi Sra. madre Zoila Ydalia Pinto Ríos, a mi padre José Díaz Cruz, a mi quería esposa, amiga y confidente Jheisy Rafael Chauca y mi motor y motivo, mi pequeño hijo Máximo Caleb Díaz Rafael, que son la fuente de mi existencia, inspiración y la razón de todas mis metas, gracias por ser mi fuente de motivación e inspiración.

A todas las personas, docentes y profesionales de posgrado de la UNSM que me apoyaron en todo el proceso de mi Tesis, muchas gracias y siempre los guardaré en mi corazón.

**El autor**

# Indice general

Dedicatoria.....vii
Agradecimiento .....viii
Indice general .....ix
Indice de tablas .....xi
Indice de gráficos.....xiii
Listado de siglas o abreviaturas.....xiv
Resumen .....xv
Abstract.....xvi
Introducción.....1
CAPITULO I .....3
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....3
1.1. Planteamiento del Problema .....3
1.2. Justificación de la investigación .....4
1.3. Antecedentes de la investigación.....5
1.3.1 Antecedentes internacionales. .....5
1.3.2 Antecedentes nacionales. .....7
1.3.3 Antecedentes regionales. .....8
1,4. Bases teóricas .....9
1.5. Definición de términos básicos.....12
CAPÍTULO II.....14
MATERIAL Y MÉTODOS .....14
2.1 Hipótesis de la investigación .....14
2.1.1 Hipótesis Nula.....14
2.1.2 Hipótesis Alterna. .....14
2.2 Sistema de Variables .....14
2.3 Operacionalización de Variables.....14
2.4 Tipo y Nivel de Investigación .....15
2.5 Población y Muestra .....18
2.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....18
2.7 Técnicas de procesamiento y Monitoreo de datos.....18
2.8 Materiales y métodos.....19

2.8.1 Materiales ..... 19
2.8.2 Métodos ..... 19
CAPITULO III ..... 21
RSULTADOS Y DISCUSIÓN ..... 21
CONCLUSIONES ..... 52
RECOMENDACIONES ..... 53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 54
ANEXOS ..... 58

# Indice de tablas

Tabla 1: Clasificación de los agroquímicos. ----------9
Tabla 2: Efectos de los plaguicidas sobre la salud. ---------- 10
Tabla 3: Categoría de Toxicidad y riesgo toxicológico.---------- 11
Tabla 4: Servicios Ambientales afectados por los agroquímicos.---------- 12
Tabla 5: Operacionalización de Variables.---------- 15
Tabla 6: Materiales para la elaboración del proyecto. ---------- 19
Tabla 7: Interpretación de las concentraciones. ---------- 21
Tabla 8: Concentración de metal pesado Plomo (Pb).---------- 21
Tabla 9: Concentración de metal pesado Cromo VI (Cr VI).---------- 22
Tabla 10: Concentración de metal pesado Cadmio (Cd). ---------- 22
Tabla 11: Concentración de metal pesado Plomo (Pb). ---------- 23
Tabla 12: Concentración de metal pesado Cromo VI (Cr VI). ---------- 24
Tabla 13: Concentración de metal pesado Cadmio (Cd). ---------- 24
Tabla 14: Concentración de metal pesado Plomo (Pb). ---------- 26
Tabla 15: Concentración de metal pesado Cromo VI (Cr VI). ---------- 26
Tabla 16: Calidad del suelo, metal pesado Cadmio (Cd).---------- 27
Tabla 17: Número de puntos muestreados para los 3 monitoreo de metales pesados. ------ 28
Tabla 18: Nivel de contaminación del Plomo, Cromo VI y Cadmio, del primer Monitoreo de metales pesados.---------- 30
Tabla 19: Tablas cruzadas para la determinación del nivel de contaminación de metales pesados en el primer monitoreo.---------- 31
Tabla 20: Chi $^2$ para establecer la relación del nivel de contaminación con metales pesados en el primer monitoreo. ---------- 32
Tabla 21: Nivel de contaminación del Plomo, Cromo VI y Cadmio, del segundo Monitoreo de metales pesados.---------- 33
Tabla 22: Tablas cruzadas para la determinación del nivel de contaminación de metales pesados en el segundo monitoreo. ---------- 34
Tabla 23: Chi $^2$ para establecer la relación del nivel de contaminación con metales pesados en el segundo monitoreo. ---------- 35
Tabla 24: Nivel de contaminación del Plomo, Cromo VI y Cadmio, del tercer Monitoreo de metales pesados.---------- 36

Tabla 25: Tablas cruzadas para la determinación del nivel de contaminación de metales pesados en el tercer monitoreo. ---------- 37
Tabla 26: Chi $^2$ para establecer la relación del nivel de contaminación con metales pesados en el tercer monitoreo. ---------- 38
Tabla 27: Matriz de Identificación de Impactos ambientales. ---------- 40
Tabla 28: Matriz de valoración de impactos ambientales. ---------- 41
Tabla 29: Calificación ambiental. ---------- 42
Tabla 30: Análisis de la dosis óptima de abono con cascarilla de café y agua miel. -------- 45
Tabla 31: Grado de contaminación del suelo por metales pesados antes del abonamiento. 45
Tabla 32: Grado de contaminación del suelo por metales pesados después del abonamiento.---------- 46
Tabla 33: Tabla comparativa de evaluación inicial y final del suelo. ---------- 47
Tabla 34: Prueba Tuckey. ---------- 48

# Indice de gráficos

Gráfico 1: Resultados de primer monitoreo de metales pesados. ---------- 23
Gráfico 2: Resultados de segundo monitoreo de metales pesados. ---------- 25
Gráfico 3: Resultados de tercer monitoreo de metales pesados. ---------- 28
Gráfico 4: Repeticiones aplicados para los metales pesados en el primer Monitoreo. ------ 29
Gráfico 5: Nivel de contaminación del suelo por metales pesados en el primer monitoreo.---------- 30
Gráfico 6: Nivel de contaminación del suelo por metales pesados en el segundo monitoreo.---------- 33
Gráfico 7: Nivel de contaminación del suelo por metales pesados en el tercer monitoreo.---------- 36

# Listado de siglas o abreviaturas

**MP:** Metales pesados.

**Pb:** Plomo.

**Cr VI**: Cromo VI:

**Cd:** Cadmio.

**MINAGRI:** Ministerio de agricultura.

**Mg:** miligramo.

**Mg/kg:** Miligramo por kilogramo.

**PPM:** Parte por millón.

**FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

**ECA:** Estándar de calidad ambiental.

**$Chi^2$:** Se centra en extraer información sobre la muestra.

**$H_0$:** Hipótesis Nula.

**$H_1$:** Hipótesis alterna.

**Ml:** Mililitro.

# Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo general evaluar el impacto ambiental en suelos de cultivo de arroz por las diferentes dosis de agroquímicos *(Troya, Caporal)* en el Sector la Florida, teniendo como uno de los objetivos principales la formulación de una alternativa de solución para mejorar los suelos mediante el uso de agricultura ecoamigable. El tipo de investigación es aplicada, se tuvo como población 3 has de cultivo de arroz y una muestra de 4 parcelas. Se encontró que existe niveles altos de metales pesados, sobresaliendo principalmente el cromo VI y el cadmio, que demostraron estar afectando la calidad y contaminado los suelos; del mismo modo, al aplicar la matriz de impactos ambientales se detectó que estos elementos químicos impactan negativamente y muy significativamente en la flora, fauna, paisaje, agua y el suelo. El grado de contaminación originado por el cadmio y cromo VI es muy alto, el plomo no excede lo normado, por lo tanto, el nivel es bajo; sin embargo, la presencia y contaminación por parte de estos metales pesados es latente, los cuales están ocasionado un sinnúmero de efectos severos al ambiente y a la salud humana que aún no cuantificamos. Finalmente, la alternativa ecoamigable del abonamiento con cascarilla de café y agua miel de cacao demostró eficacia en la reducción del nivel de concentración en los tres metales pesados, especialmente en el cromo VI y cadmio que redujo considerablemente su concentración.

**Palabras clave:** Agroquímicos, metales pesados, contaminación, impacto ambiental, agricultura ecoamigable.

# Abstract

The general objective of this research was to evaluate the environmental impact of rice cultivation on soils due to the different doses of agrochemicals (Troy, Caporal) in the Florida Sector, having as one of the main objectives the formulation of an alternative solution to improve the soils through the use of eco-friendly agriculture. The type of research is applied, as population it had 3 Has of rice cultivation and a sample of 4 parcels. High levels of heavy metals were found, mainly chromium VI and cadmium, which proved to be affecting the quality and contaminating soils; in the same way, when applying the matrix of environmental impacts, it was detected that these chemical elements negatively and significantly impact on flora, fauna, landscape, water and soil. The degree of pollution caused by cadmium and chromium VI is very high, lead does not exceed the norm, therefore, the level is low; however, the presence and contamination by these heavy metals is latent, which are causing a number of severe effects to the environment and human health that were not yet quantified. Finally, the eco-friendly alternative of fertilizing with coffee husks and cocoa honey water has proven to be effective in reducing the level of concentration of the three heavy metals, especially chromium VI and cadmium, which considerably reduced their concentration.

**Keywords:** Agrochemicals, heavy metals, pollution, environmental impact, eco-friendly agriculture

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
COORDINACIÓN
CENTRO DE IDIOMAS

# Introducción

Actualmente la región San Martín, zona sur del Perú, es considerada como una de las Regiones más productivas de arroz. Cuenta actualmente con unas 84,000 hectáreas dedicadas al cultivo del arroz, así mismo, la provincia de San Martín posee aproximadamente 12,000 hectáreas de arroz, igualmente, el Sector Florida, ubicado en esta provincia produce un aproximado de 3500 hectáreas de arroz (SENASA, 2017); este producto genera un movimiento comercial superior a los 100 millones de dólares anuales en esta zona selvática (SENASA, 2017); es por ello que el uso de agroquímicos es necesario para la producción y mantenimiento de las producciones actuales.

En la actualidad no existe una alternativa válida para la eliminación de los agroquímicos en suelos de cultivos de arroz. Sin embargo, se debe buscar alternativas para la reducción de los impactos ambientales en estos suelos (Terry J., 2017); del mismo modo, la presencia de estos contaminantes en el suelo.

Los agroquímicos son escenciales para el desarrollo y producción de los cultivos, pero únicamente durante el tiempo que permanecen en la zona de influencia de las raíces de las plantas. Si una porción de los productos químicos aplicados abandona dicha zona de influencia, no completan su misión e incluso pueden convertirse en productos perjudiciales, actuando contra el ambiente (Flury M, 2016). Así, un agroquímico aplicado al suelo suele sufrir diversos procesos como evaporación, lixiviación, adsorción, degradación, que lo hace total o parcialmente inaccesible para las raíces de las plantas, llegando a ocasionar efectos nocivos contra el ambiente (recurso suelo), siendo una de las características de los agroquímicos contener metales pesados, los cuales tienen la particularidad de bioacumularse y ser muy persistente en el suelo, ambiente.

En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo estudiar el comportamiento que ejercen los agroquímicos sobre el suelo de cultivos de arroz a través de la puesta en marcha de un sistema de parcelas, en los que se realizó análisis del suelo antes de la siembra del cultivo experimental.

Así mismo, uno de los fines de la investigación fue establecer el grado de contaminación y los impactos que estos Metales pesados ejercen (plomo, cromo VI y cadmio) producto de la utilización desmedida de los agroquímicos y, finalmente, plantea una alternativa ecoamigable, a través de la utilización de abono orgánico, utilizando la

cascarilla de café y el agua miel de cacao con diferentes dosis para tratar los suelos contaminados en las parcelas en estudio.

La presente investigación consta de la introducción y III capítulos: el capítulo I es la revisión bibliográfica; capítulo II, material y métodos; capítulo III, resultados y discusión; y; finalmente las conclusiones y recomendaciones.

# CAPÍTULO I
# REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

## 1.1. Planteamiento del Problema

Uno de los problemas ambientales que más afecta a nivel mundial son los agroquímicos, estos han sido y están siendo utilizados en los cultivos de arroz en varios países desde la década de 1950 y se han extendido en uso desde la década de 1980 (Pimentel et al, 1997; Pimentel, 1997; Huang et al, 2003). La mayoría de los agroquímicos utilizados en el cultivo de arroz son productos químicos peligrosos, y los agricultores son susceptibles a enfermedades relacionadas con su excesivo uso (Trama, 2014). Igualmente, el ambiente, específicamente el suelo, que su fertilidad se limita a la utilización de estos compuestos químicos, ocasionando impactos severos en el ecosistema que habita sobre él. Los agroquímicos son muy perjudiciales para la salud humana y el ambiente y que la acumulación de sustancias tóxicas modifica las condiciones del suelo, cuerpo de agua, su fauna y flora asociada.

En el Perú el arroz constituye uno de los productos básicos de mayor consumo en la alimentación de las familias. La producción del arroz cáscara creció a un ritmo de 2,4% anual del 2001 al 2017. El año 2001 se produjeron 2 millones 28 mil toneladas, y el año 2017 se llegó a las 3 millones 39 mil toneladas. En estos 17 años se observa una tendencia ascendente en la producción nacional, con excepción del 2004, año en que se produjo solo 1 millón 845 mil toneladas. El incremento de la producción en el periodo 2001 - 2017 fue impulsado por una cada vez mayor superficie cosechada (creció 2,0% promedio por año) y al incremento del rendimiento (creció 0,4% promedio al año). En las últimas once campañas agrícolas, las siembras de arroz a nivel nacional alcanzaron su mayor valor en la campaña agrícola 2017-2018 con 447, 8 mil has (MINAGRI, 2018).

En la Región de San Martín esta realidad no es ajena, debido a que es una de las regiones con mayor producción de arroz en el país, utiliza grandes cantidades de agroquímicos para mejorar la producción del cultivo, conllevando al impacto ambiental nocivo para el suelo. Así mismo se ha realizado estudios de agroquímicos en cultivos de arroz, sin embargo, no se conoce cuál es el impacto de los diferentes agroquímicos en el suelo de acuerdo a las características químicas del compuesto

utilizado y tampoco se ha establecido propuestas para mitigar esta problemática. Debido a su espectro de distribución y difícil biodegradación, estos contaminantes representan una seria amenaza para la salud pública, ambiental y para la mayoría de las formas de vida.

Los agricultores lavan los equipos de aplicación y desechan los restos de su carga de agroquímicos sobre la superficie del suelo, del cual conjeturamos que altera y contamina la composición normal de este; es decir elimina y reduce los diferentes tipos de vida que ayudan y permiten dar soporte al suelo. El Sector Florida, ubicado en la provincia de San Martín no está exento a esta problemática, al ser un sector que se caracteriza por ser zona arrocera, aproximadamente siembran 3500 has de arroz año (SENASA, 2016).

En este contexto, los problemas centrales que trató la presente investigación es la de conocer el impacto que ocasionan las diferentes concentraciones de agroquímicos sobre el recurso suelo en el cultivo intensivo de arroz, debido a que los agroquímicos agregados son de 250 mg por hectárea, es decir 500 mg de los agroquímicos Troya y Caporal en 4 meses, utilizados en suelos del Sector Florida, Provincia y Región de San Martín.

## 1.2. Justificación de la investigación

La presente investigación beneficiará a la población que habita en el sector la Florida, debido a que brindará los conocimientos sobre el impacto ambiental en el suelo por el uso indiscriminado de agroquímicos en cultivos de arroz, brindando las propuestas y alternativas para el manejo adecuado de estos productos químicos con el fin de minimizar la contaminación del suelo, además de ser de complemento para posteriores investigaciones.

El beneficio práctico que brinda la investigación es que permitirá establecer el estado actual del suelo por la presencia de metales pesados en cultivos de arroz, así mismo plantear alternativas que permita minimizar la contaminación producto del uso indiscriminado de agroquímicos.

El beneficio ambiental – económico que persigue el presente estudio es la de identificar el grado de contaminación por metales pesados en suelos de cultivos de arroz generados por los agroquímicos *Troya y Caporal* y con ello recomendar

opciones de solución, al mismo tiempo de trazar una alternativa ecoamigable y económica que esté al alcance de la población y para futuras investigaciones.

En este contexto con la investigación se buscó establecer el estado actual del suelo producto del uso desmedido de dos agroquímicos muy utilizados en el cultivo de arroz, para establecer el grado contaminación del suelo. Finalmente, busca plantear una alternativa ecológica a base de abono orgánico con cascarilla de café y agua miel de cacao, mediante la puesta en práctica de la agricultura ecoamigable, el cual no sólo beneficiará directamente al ambiente, sino igualmente a la población ubicada en el área de influencia directa e indirecta al estudio.

## 1.3. Antecedentes de la investigación

### 1.3.1 Antecedentes internacionales.

- Peláez, Bustamante & Gómez (2016). En su artículo científico *Presencia de cadmio y plomo en suelos y su Bioacumulación en tejidos vegetales en especies de Brachiaria en el Magdalena medio colombiano*. Los resultados del estudio muestran una alta frecuencia de representantes de la familia Poaceae y de sus géneros de Brachiaria spp., con importantes diferencias. Concluyeron que:
  - En el Magdalena Medio colombiano confluyen actividades industriales y agropecuarias, que arrojan al ambiente metales tóxicos como plomo y cadmio, ocasionando la contaminación de los suelos y agroecosistemas de pastura tropical con dominancia de las especies Brachiaria, especialmente humidicola y decumbens, las cuales se muestran como tolerantes a estos ambientes metalíferos, presentando altos contenidos de estos metales en sus estructuras vegetales, principalmente en las raíces.
  - Quedó demostrada la adaptación de las pasturas Brachiaria a estos suelos con persistencia alta de metales pesados en sus primeros 5 cm. Por consiguiente, estas plantas presentan bioacumulación de Cd y Pb sobre todo en sus sistemas radicales.
- García & Pincay (2016). En su tesis de pregrado *Contaminación por plaguicidas en agua, suelo y fruto en el cultivo de tomate (Lycopersicon esculentum mill) en las comunidades: Guabital y las Maravillas del Cantón Rocafuerte, época seca, 2016*. Manabí –Ecuador. Los resultados del estudio donde se expusieron en orden

cronológico, de acuerdo a los objetivos específicos planteaos en la presente investigación. Concluyó que:

- En las muestras de fruto el nivel residual de los compuestos organofosforados varió en las dos tecnologías de producción, puesto que tres elementos de este grupo de agroquímicos se diferenciaban notablemente en los dos cultivos.
- Sin importar si el impacto es o no significativo es preocupante la presencia residual de muchos de estos elementos, puesto que algunos de éstos están prohibidos en el país por sus efectos nocivos.

- Villacrés (2014). En su tesis de posgrado *El uso de plaguicidas químicos en el cultivo de papa (Solanum tuberosum), su relación con el medio ambiente y la salud*. Ambato – Ecuador. Los resultados estadísticos, destacan tendencias o relaciones fundamentales de acuerdo con los objetivos e hipótesis. Concluyó que:
  - El 100% de los 160 productores de papa encuestados manifiestan que conocen y utilizan productos químicos para el control fitosanitario del cultivo de papa.
  - El 75% de los productores de papa realizan la aplicación de productos de agroquímicos para el control de las diferentes plagas que atacan al cultivo.
  - Las sustancias más tóxicas deben tener el impuesto más alto y si es posible, su monto debe ser igual al daño marginal que causa a la sociedad.
- Tecuapetla (2014). En su tesis de posgrado *Ecotoxicidad producida por Plaguicidas empleados en el Cultivo de Gerbera jamesonii en invernadero, en Villa Guerrero, Estado de México*. Los resultados en conjunto con la evaluación de la exposición dieron a una caracterización del riesgo. Concluyó que:
  - Se utilizan una gran cantidad de agroquímicos entre los que destacan los plaguicidas del tipo de los organofosforados y carbámicos.
  - El suelo interno y externo de los invernaderos resultaron tóxicos para la *Eisenia andrei* y para *Lactuca sativa* lo que indica una movilidad de los plaguicidas OP y C aplicados.

### 1.3.2 Antecedentes nacionales.

- Campos (2016). En su tesis de pregrado *Efecto de cuatro insecticidas químicos sobre Hydrellia wirthi korytkowski en arroz (oryza sativa l.) en Guadalupe, La Libertad*. En los resultados obtenidos, el insecticida que sobresale por su efecto inmediato a las veinticuatro horas de realizada la aplicación para el control de *H. wirthi*, fué Engeo 247 SC. Concluyó que:
  - El insecticida que sobresale por su mejor porcentaje de eficacia y prolonga su poder residual hasta los quince días después de la aplicación es Dantotsu 50 WG, a las dosis de 280 y 140 g $ha^{-1}$.
  - Los rendimientos obtenidos están en directa proporción con el porcentaje de eficacia alcanzado por cada insecticida, el mejor rendimiento se obtuvo con Dantotsu 50WG a la dosis de 280 g ha-1, con 12.32 toneladas por hectárea.

- Arrázola (2016). En su tesis de pregrado *Evaluación del Riesgo Ambiental de la Mezcla de Alfacipermetrina E Imidacloprid sobre la Lombriz de Tierra (Eisenia Fétida)*. Lima – Perú. El resultado mostró que las especies de la planta *Lemna minor* alcanzó la mayor inhibición de agroquímicos en el crecimiento después de 7 días.
  - Los resultados de la toxicidad aguda para imidacloprid, muestran que este compuesto presenta una toxicidad alta para las lombrices.
  - La mezcla tiene un carácter antagónico, no presentó una toxicidad aguda (mortalidad) evidente, pero sí tuvo efectos subletales en las lombrices.

- Ruiz (2015). En su tesis de pregrado *Situación del uso de Pesticidas en la Producción Agrícola en el Distrito de Fernando Lores: Centro Poblado de Panguana Primera Zona, Tamshiyacu y Santa Ana Primera Zona-Loreto*. Amazonas – Perú. Los resultados mostraron que el 67% de los agricultores en las tres comunidades sí usan estos productos en algún momento de desarrollo de sus cultivos, versus el 33% quienes indican que no usan, producto alguno. Concluyó que:
  - En las comunidades en estudio se identificó la forma de uso de los pesticidas en polvo seco con un 50% y en forma líquida con un 50%.

### 1.3.3 Antecedentes regionales.

- Gonzales (2017). En su tesis de pregrado *Evaluación de la distribución del cadmio en el suelo y en la raíz de la planta de Cacao en Pucayacu*. Tarapoto: Universidad César Vallejo. Los resultados muestran que no sobrepasan los ECAS para el suelo, sin embargo, en las zonas 2 y 3 presentan valores promedios más altos (1.67 mg/kg) que sobrepasan los niveles permisibles respecto al ECA para suelo. Concluyó que:
  - Los valores promedios de cadmio total en la zona 1 no sobrepasan los ECAS para el suelo.
  - Se observa que en las diferentes profundidades el cadmio se acentúa tanto a nivel superficial como en la profundidad.
- Goycochea, T & Carranza, M. (2016). En su tesis de pregrado *Determinación del impacto Ambiental producido por el uso de plaguicidas en la Producción Agrícola del Distrito de Jepelacio*. Perú. Los resultados muestran que el suelo contiene Aldrín y Endrin, ambos valores exceden el estándar de calidad ambiental para suelo establecido en el D.S N° 002-2013 - MINAM, cuyos valores considerados para suelo agrícola es de 2 y 0,01 mg/kg, respectivamente. Concluyó que:
  - De acuerdo a su uso, surge que los funguicidas representan el 7,6 %, los insecticidas 53,9 %, herbicidas 38,5%.
  - El mayor volumen de agroquímicos corresponde a los productos de "banda roja", con el 46,2. %; de "banda amarilla" con el 33,8%; de "banda azul" el 23 %.
- Rucoba (2016). En su tesis de pregrado *Determinación de la concentración de cambio en agua de riego del cultivo de arroz (Oryza sativa L) en tres Provincias de la Región San Martín*. Tarapoto. UAP. Los resultados mostraron que la concentración de cadmio (Cd), obtenidos en el agua de riego de las tres provincias de la región San Martín, las concentraciones fueron mínimas (0.00020 ppm), lo que señala que no existe inconvenientes para su uso. Concluyó que:
  - El agua de riego del cultivo de arroz, de las localidades en estudio en las provincias de San Martín, Bellavista y Moyobamba, no superan los límites

máximo permisibles de concentración de cadmio (0.00020 ppm).

- La concentración de cadmio en el agua de riego del cultivo de arroz en las tres provincias en estudio, mostraron valores por debajo de 0.00020 ppm, lo que indica que desde el punto de vista de este metal puede darse uso doméstico.

## 1.4. Bases teóricas

### 1.4.1 Agroquímicos.

Según la FAO (2014) establece que es cualquier sustancia destinada a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, organismos causantes de enfermedades humanas o animales, especies no deseadas de plantas o animales que causan perjuicio o que intervienen de cualquier otra forma en la producción. Se clasifican en:

**Tabla 1**

*Clasificación de los agroquímicos.*

| Por su Naturaleza Química | Por su mecanismo de acción | Por el tipo de organismos que afectan |
|---|---|---|
| Inorgánicos<br>Orgánicos | Contacto, ingestión | Insecticidas<br>Acaricidas. |
| Naturales (botánicos microbianos). | Fumigante, sistémicos | Fungicidas |
| Sintéticos | | Herbicidas |

Fuente: Almeida, 2014.

### 1.4.2 Propiedades físico químicas y dinámica ambiental de los agroquímicos.

La dinámica ambiental es compleja fundamentalmente por sus propiedades físicas, químicas, patrones de uso y las características del ambiente, lo que posibilita su disponibilidad en una escala temporal y espacial muy diferente y distante al tiempo y lugar en el cual fueron utilizados (Crosby, 2014; Ware y Whitacre, 2015). El componente ambiental inicial en contacto con el compuesto, estará determinado principalmente por la manera de uso (Seiber, 2014; Binetti et al., 2015).

### 1.4.3 Impacto ambiental en suelos de cultivos de arroz

La distribución de estos en el suelo depende de la naturaleza, composición y propiedades del suelo, factores climáticos y ambientales (temperatura, humedad relativa, lluvia, viento y radiación solar), factores relativos a la forma de aplicación del agroquímico (Kelsey y White, 2005; Fang et al., 2017), mencionaron que igualmente tiene que ver mucho las propiedades fisicoquímicas y las características de la biota presente en el suelo. Los factores de aplicación que inciden en la conducta de los agroquímicos en el suelo, se deben considerar las tasas de aplicación, la formulación (Kelsey y White, 2005; Fang et al., 2017).

#### 1.4.3.1 Tipos de impactos

**Ambiente**

El transporte y el destino ambiental de los plaguicidas después de su aplicación se sintetizan en el siguiente proceso:

(1) Aplicación, (2) Derivas, (3) Intercepción por el cultivo, (4) Directamente en el suelo, (5) Lavado, (6) Lixiviación, (7) Escorrentía, (8) Drenaje lateral, (10) Drenaje.

**Salud**

**Tabla 2**

*Efectos de los plaguicidas sobre la salud.*

| Producto | Efectos Agudos | |
|---|---|---|
| **Parathion** | Vómitos, miasís | Mal de Parkinson |
| **Carbaril** | Diarrea | Cánceres |
| **DDT** | Convulsiones | Cánceres |
| **Mírex** | Cefalea | Cánceres |
| **Bromuro de Metilo** | Quemaduras | Daños en riñones |
| **Paraquat 27.6** | Quemaduras | Necrosis de hígado |
| **Lindano** | Dolor de Cabeza | Leucemia |
| **2.4 D** | Vómitos | Malformaciones |
| **Cípermetrina** | Dolor de Cabeza | Disrupción del sistema endocrino |

Fuente: OMS, 2005.

**Tabla 3**

*Categoría de Toxicidad y riesgo toxicológico.*

| Categoría de Toxicidad | Producto |
|---|---|
| **Ia** | Sumamente Peligroso |
| **Ib** | Muy Peligroso |
| **II** | Moderadamente peligroso |
| **III** | Poco Peligroso |
| **IV** | Normalmente No Ofrecen Peligro |

Fuente: Organización Mundial de la Salud, 2005.

Citado en Campaña contra los plaguicidas Extremadamente y altamente peligrosos, según la OMS. Santiago de Chile, RAPAL. 2005.

#### 1.4.3.2 Consecuencias (Carvalho et al., 2017)

El destino de un plaguicida en el ambiente edáfico está gobernado por los procesos de retención, transporte, degradación y la interacción entre ellos.

**Fase líquida**

En esta fase puede ser transportado por el agua hacia horizontes más profundas hasta llegar al agua subterránea. A su vez queda disponible para ser transformado química, física o microbiológicamente a otros compuestos.

**Fase sólida**

Son retenidos con distinta intensidad en coloides orgánicos (materia orgánica) e inorgánicos (arcillas) del suelo. En esta situación los plaguicidas pueden migrar transportados por el agua, en un proceso conocido como erosión hídrica.

**Fase gaseosa**

Es incorporado a la atmósfera al volatilizarse desde el suelo o desde el agua (Aparicio et al., 2015).

### 1.4.4 Alteración de la calidad del suelo

De acuerdo a Lineamientos de la Gestión de Plaguicidas (2012), afirmó: “El efecto principal se presenta sobre la diversidad edáfica del suelo, la cual es

impactada negativamente por la aplicación de los diferentes plaguicidas. Esto afecta la productividad del suelo, provocando que cada vez sea necesaria la aplicación de mayor cantidad de agroquímicos.

La Tabla 4 muestra como los plaguicidas afectan a la calidad del suelo, generando impactos directos sobre los servicios ambientales del suelo.

**Tabla 4**

*Servicios ambientales afectados por los agroquímicos.*

| Servicio ambiental | Descripción |
|---|---|
| Generación de alimento y demás producción de biomasa | Los alimentos y otros productos agrícolas, esenciales para la vida humana, así como la silvicultura dependen totalmente del suelo. |
| Almacenaje, filtración y transformación | El suelo almacena minerales, materia orgánica, agua y varias sustancias químicas. Sirve de filtro natural de las aguas subterráneas, es la principal reserva de agua potable. |
| Hábitat y reserva energética | El suelo es el hábitat de una cantidad ingente de organismos de todo tipo que viven tanto en el suelo como sobre él, cada uno con un genotipo irreemplazable. Esta es una unción ecológica esencial. |
| Entorno físico y cultural para la humanidad | El suelo sirve de base a las actividades humanas y es asimismo un elemento del paisaje y del patrimonio cultural. |
| Fuente de materias primas | Los suelos proporcionan materias primas tales como las arcillas, las arenas y los minerales, entre otros, que son empleados en los diversos procesos. |

Fuente**:** Autor, Tarapoto, 2020 basada en la CCE (2002) y Dorronsoro (2007).

## 1.5. Definición de términos básicos

- Plaguicida: sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo vectores de enfermedades humanas o animales, especies indeseables de plantas o animales capaces de causar daños o interferir de cualquier otra forma.
- Control de plagas: cualquier práctica cultural, física. química o biológica encaminada a disminuir, controlar o erradicar un organismo patógeno de una planta o cultivo.
- Enfermedad: alteración causada por agentes climáticos, físicos y acompañada por agentes patógenos como hongos, virus o bacterias que afectan el desarrollo normal de una planta o cultivo.

- Contaminación del suelo: La contaminación del suelo supone la alteración de la superficie terrestre con sustancias químicas que resultan perjudiciales para la vida en distinta medida, poniendo en peligro los ecosistemas y también nuestra salud.

# CAPÍTULO II
# MATERIAL Y MÉTODOS

## 2.1 Hipótesis de la investigación

### 2.1.1 Hipótesis Nula.

$H_0$: Las diferentes concentraciones de metales pesados producto del uso excesivo de agroquímicos (*Troya, Caporal*) utilizados en el cultivo de arroz no están ocasionando impactos ambientales nocivos en suelos de cultivos de arroz en el sector la Florida.

### 2.1.2 Hipótesis Alterna.

$H_1$: Las diferentes concentraciones de metales pesados producto del uso excesivo de agroquímicos (*Troya, Caporal*) utilizados en el cultivo de arroz están ocasionando impactos ambientales nocivos en suelos de cultivos de arroz en el Sector la Florida.

## 2.2 Sistema de Variables

- Dependiente : Impacto ambiental en suelos de cultivo de arroz.
- Independiente : Agroquímicos (Troya, Caporal).

## 2.3 Operacionalización de Variables

**Definición conceptual: Agroquímicos.**

Son insumos que previenen, repelen o controlan cualquier plaga de origen animal o vegetal durante la producción, almacenamiento, transporte y distribución de productos agrícolas, siendo muy tóxicos, nocivos y contaminantes del ambiente.

**Definición conceptual: Impacto ambiental en suelos de cultivo de arroz.**

Efecto nocivo que sufre y/o padece el suelo por la utilización indiscriminada de sustancias químicas en cultivos de arroz.

**Tabla 5**

*Operacionalización de Variables.*

| VARIABLE | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADOR | ESCALA DE MEDICIÓN | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS |
|---|---|---|---|---|---|
| **Independiente:** | | | Plomo | Discreto (mg/kg) | |
| Agroquímicos (Troya, Caporal) | Mediante el monitoreo se logrará establecer el contenido y nivel de concentración de metales pesados en el suelo. | Metales pesados | Cromo VI | Discreto (mg/kg) | Formato de monitoreo. |
| | | | Cadmio | Discreto (mg/kg) | |
| **Dependiente:** | | | Buena | Tolerable | |
| Impacto ambiental en suelos de cultivo de arroz | El análisis del suelo establecerá el nivel de concentración de contaminantes y el estado actual del mismo. Así mismo el grado de contaminación en comparación con el Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM (ECA para suelo). | Calidad del suelo | | Regular | Formato de monitoreo |
| | | | Mala | Crítica | |
| | | Contaminación del suelo | Bajo | | |
| | | | Medio | Discreto (mg/kg) | Formato de monitoreo |
| | | | Muy alto | | |
| | | Matriz de impactos ambientales | Bajo | | |
| | | | Medio | Discreto (mg/kg) | Formato de monitoreo |
| | | | Alto | | |

Fuente: Autor, Tarapoto, 2018.

## 2.4 Tipo y Nivel de Investigación

### 2.4.1 Tipo de Investigación.

El tipo de investigación es Aplicada/ Sánchez & Reyes (2006), mencionaron que la investigación Aplicada según su finalidad es aquella que: tiene como finalidad primordial la resolución de problemas prácticos inmediatos en orden a transformar las condiciones. El propósito de realizar aportaciones al conocimiento teórico es secundario.

### 2.4.2 Nivel de Investigación.

El nivel de investigación es Experimental/ Carrasco (2006:42), mencionó que: la investigación experimental es la investigación que se realiza luego de conocer las características del fenómeno o hecho que se investiga (variables) y las causas que

han determinado que tenga tales y cuales características; es decir, conociendo los factores que han dado origen al problema, entonces se le puede dar un tratamiento metodológico.

### 2.4.3 Diseño de investigación

Conjunto de métodos y procedimientos utilizados para analizar medidas de las variables del problema de investigación. El Diseño de investigación es Experimental/ Sánchez & Reyes (2006) se refiere a: investigaciones en la que sí hay manipulación de la variable independiente, cuyas graduaciones producen un efecto deseado en la variable dependiente.

**Esquema del diseño**

$P_1, P_2, P_3, P_4$…….(Análisis del suelo, antes del abonamiento)……$O_1$

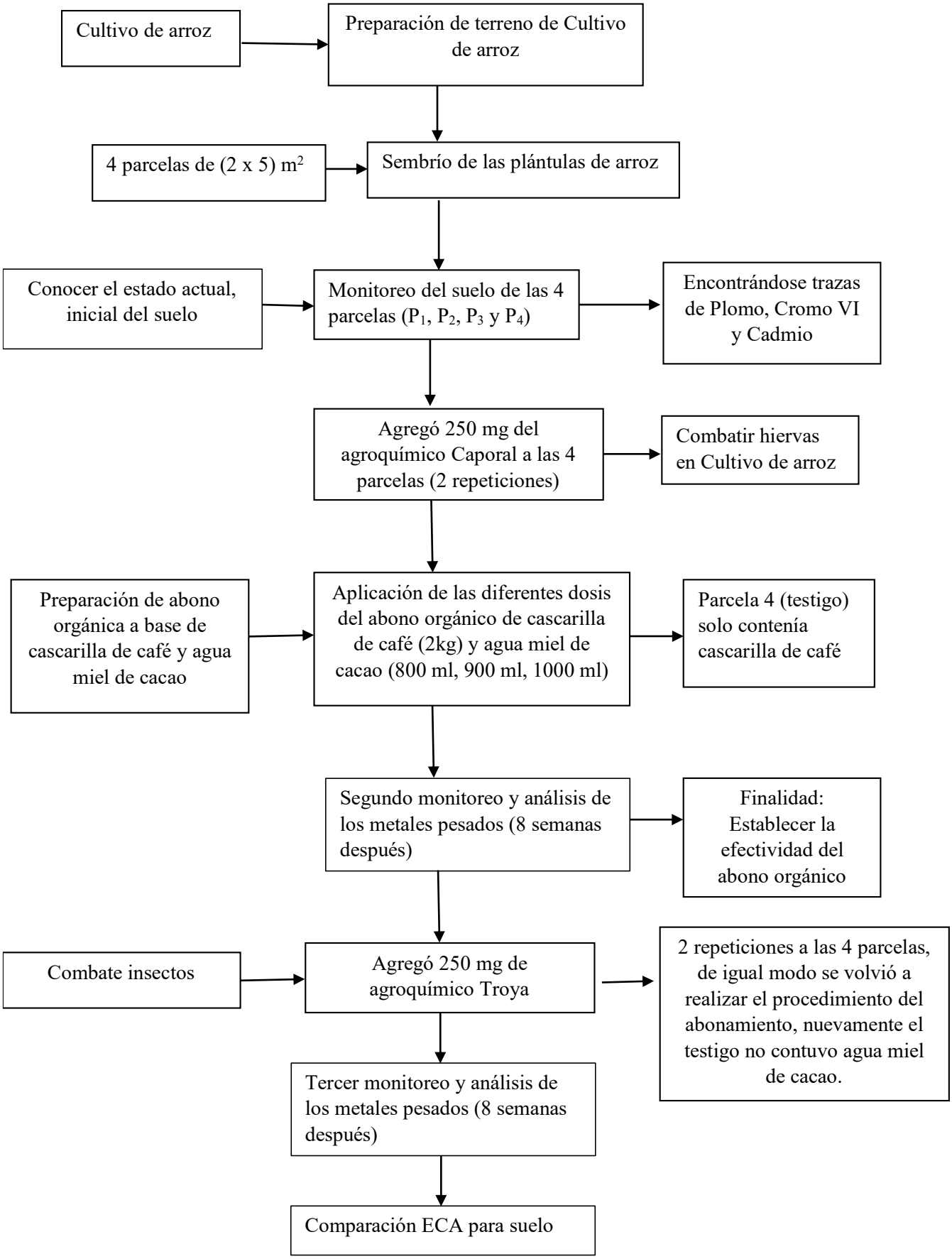
$P_1, P_2, P_3, P_{4...}$.....(Análisis del suelo a las 8 semanas)…….$O_2$

$P_1, P_2, P_3, P_{4...}$.....(Análisis del suelo a las 16 semanas)……...$O_3$

$P_1, P_2, P_3, P_{4:}$ Parcelas monitoreadas.

$O_1$, $O_2$ y $O_3$: Mediciones de las concentraciones de los metales pesados.

**Esquema de trabajo en campo**



## 2.5 Población y Muestra

**Población.**

3 has de suelos de zona arrocera del sector la Florida.

N= 3 has.

**Muestra.**

4 parcelas de arroz, zona arrocera en el Sector la Florida.

## 2.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

**Técnicas.**

- Observación.
- Monitoreo.

**Instrumentos.**

- Formato de observación.
- Formato de monitoreo.

## 2.7 Técnicas de procesamiento y Monitoreo de datos

La técnica utilizada fue:

- Programa estadístico SPSS, mediante el Monitoreo de Varianza (Anova), el cual permitirá aceptar o rechazar la hipótesis nula ($H_0$) o alterna ($H_1$) al 95% y 5%, asimismo para establecer la relación del nivel de contaminación se utilizó el $Chi^2$.

**Esquema de ANOVA**

| ANOVA | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Fuentes de variación | Grado de Libertad | Suma de cuadrados | Media de cuadrados | Frecuencia calculado | Significancia |
| Tratamiento | | | | | |
| Bloque | | | | | |
| Error | | | | | |
| Total | | | | | |

*Nivel de confianza= 95%.

*Nivel de significancia= $p \leq 0.05$.

## 2.8 Materiales y métodos

### 2.8.1 Materiales

**Tabla 6**

*Materiales para la elaboración del proyecto.*

| Materiales |
|---|
| 2 Agroquímicos (*Troya 4 EC – Caporal 25 DC*). |
| Un par de Botas. |
| Camisa Jean manga larga. |
| Pantalón jean. |
| Repelente. |
| Laptop Toshiba. |
| Palana. |
| Cavadora articulada |
| Tramontina. |
| Lentes 3M. |
| Gps (Garmín). |
| Phmetro. |
| Otros. |

Fuente: Autor, Tarapoto, 2020.

### 2.8.2 Métodos

**Etapa I: Gabinete inicial**

- Se recopiló información sobre el tema en estudio, monitoreo documental y revisión bibliográfica.
- Se hizo el reconocimiento del área de estudio.
- Se preparó los instrumentos a aplicarse.
- Se realizó la delimitación del proyecto de investigación.
- Se realizó las coordinaciones previas para la realización de los ensayos en las parcelas con plántulas de arroz.

**Etapa II: Campo y laboratorio**

- Se sembró las plántulas de arroz en 4 parcelas, cuya área fue de (2 x 5) $m^2$ por cada parcela, teniendo un total de 40 $m^2$ en total.
- Se realizó el monitoreo del suelo de las 4 parcelas ($P_1$, $P_2$, $P_3$ y $P_4$), para establecer el estado inicial del suelo a través de la determinación del nivel de concentración de metales pesados (Plomo, Cromo VI y cadmio).

- Seguido a ello se agregó 250 mg del agroquímico Caporal a las 4 parcelas (2 repeticiones), el cual fue utilizado para combatir las hierbas en el cultivo de arroz.
- Consecutivamente se aplicó las diferentes dosis del abono orgánico de cascarilla de café (2kg) y agua miel de cacao (800 ml, 900 ml, 100 ml), cabe recalcar que la parcela 4 (testigo) solo contenía la cascarilla de café.
- Luego de 8 semanas se procedió a realizar el segundo monitoreo y análisis de metales pesados presentes en el suelo de las 4 parcelas de arroz, con el fin de establecer el efecto del abono orgánico.
- Seguidamente se agregó 250 mg del agroquímico Troya (combate insectos), 2 repeticiones a las 4 parcelas, de igual modo se volvió a realizar el procedimiento del abonamiento, nuevamente el testigo no contuvo agua miel de cacao.
- Una vez pasado otras 8 semanas se realizó el tercer y último monitoreo de metales pesados, totas las muestras del suelo analizados fueron enviados a un laboratorio para ser analizados.
- Seguido a ello, se comparó con el ECA para suelo (D.S.N ° 011-2017 MINAM) para estimar el efecto que ocasionan los metales pesados en el primer, segundo y tercer monitoreo y del mismo modo establecer la eficacia del abonamiento orgánico.

**Etapa III: Gabinete final**

- Monitoreo y procesamiento de los datos mediante el programa Microsoft Excel y SPSS.
- Elaboración de la alternativa de solución para mejorar los suelos, mediante el uso de agricultura ecoamigable.
- Elaboración final del informe.
- Sustentación final.

# CAPÍTULO III

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 3.1 Resultados

**Tabla 7**

*Interpretación de las concentraciones.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nivel referente** | 1 | Tolerable | |
| | 2 | Regular | |
| | 3 | Crítica | |

Fuente: Autor, Tarapoto, 2020.

### 3.1.1 Análisis de los resultados obtenidos con el ECA para suelo, D.S N° 011-2017 MINAM

- **Primer Monitoreo de Metales Pesados**

**Tabla 8**

*Concentración de metal pesado Plomo (Pb).*

| **Concentración en el suelo** | | | |
|---|---|---|---|
| **Muestra** | Plomo (mg/kg) | ECA suelo (mg/kg) | Nivel referente |
| **P1** | 1,56 | 70 | TOLERABLE |
| **P2** | 1,56 | 70 | TOLERABLE |
| **P3** | 1,56 | 70 | TOLERABLE |
| **P4** | 1,56 | 70 | TOLERABLE |

Fuente: Autor, Tarapoto, 2020.

**Interpretación:**

La tabla 8 muestra el nivel de concentración del plomo en el primer monitoreo, en los diferentes puntos de muestreo, correspondientes a las 4 parcelas y comparadas con la normativa ambiental para suelo demuestra que la calidad es tolerable; es decir, la calidad con respecto a este metal pesado no está afectando o repercutiendo en las características escenciales del suelo.

**Tabla 9**

*Concentración de metal pesado Cromo VI (Cr VI).*

| Concentración en el suelo | | | |
|---|---|---|---|
| **Muestra** | Cromo VI (mg/kg) | ECA suelo (mg/kg) | Nivel referente |
| **P1** | 2,05 | 0,4 | CRÍTICA |
| **P2** | 2,05 | 0,4 | CRÍTICA |
| **P3** | 2,05 | 0,4 | CRÍTICA |
| **P4** | 2,05 | 0,4 | CRÍTICA |

Fuente: Autor, Tarapoto, 2020.

**Interpretación:**

La tabla 9 puntualiza el nivel de concentración del Cromo VI en el primer monitoreo en los diferentes puntos de muestreo correspondientes a las 4 parcelas y comparadas con la normativa ambiental para suelo. Demuestra que la calidad es crítica, es decir la calidad del suelo está siendo afectado por este este metal pesado, afectando nocivamente las características escenciales del suelo.

**Tabla 10**

*Concentración de metal pesado Cadmio (Cd).*

| Concentración en el suelo | | | |
|---|---|---|---|
| **Muestra** | Cadmio (mg/kg) | ECA suelo (mg/kg) | Nivel referente |
| **P1** | 2,09 | 1,4 | CRÍTICA |
| **P2** | 2,09 | 1,4 | CRÍTICA |
| **P3** | 2,09 | 1,4 | CRÍTICA |
| **P4** | 2,09 | 1,4 | CRÍTICA |

Fuente: Autor, Tarapoto, 2020.

**Interpretación:**

La tabla 10 detalla el nivel de concentración del Cadmio en el primer monitoreo, en los diferentes puntos de muestreo, correspondientes a las 4 parcelas y comparadas con la normativa ambiental para suelo demuestra que la calidad es Crítica, es decir la calidad del suelo está siendo afectado por este este metal pesado, afectando nocivamente las características escenciales del suelo.

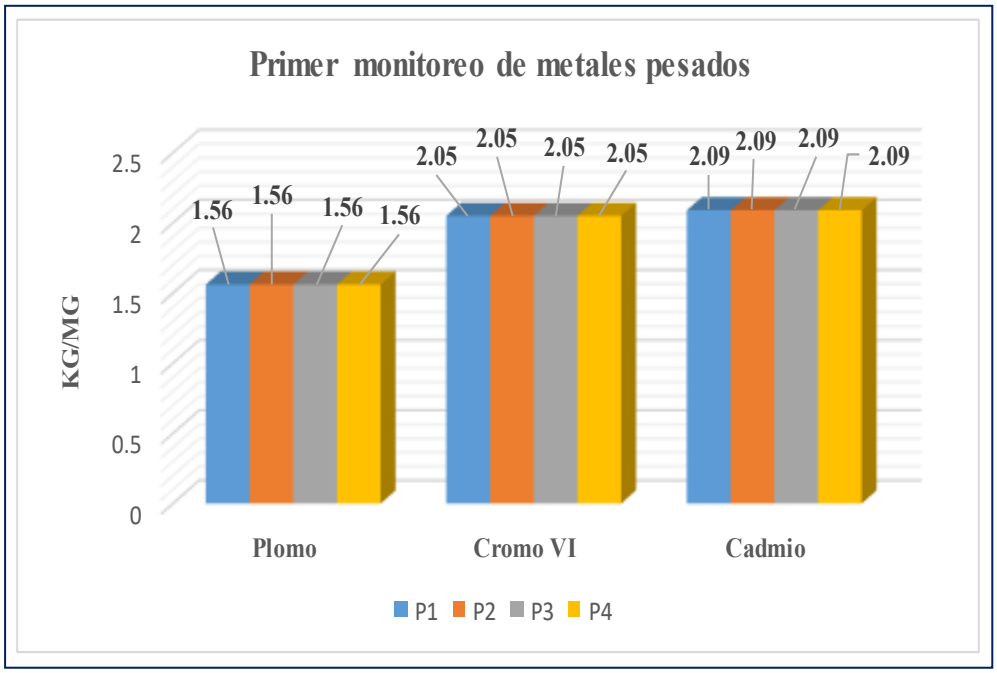



***Gráfico 1***: Resultados de primer monitoreo de metales pesados. (Fuente: Autor, Tarapoto, 2029).

**Interpretación:**

El gráfico 1 muestra los niveles de concentración de Plomo, Cromo VI y Cadmio alcanzados en las 4 parcelas de arroz, evidenciando que el cadmio fue el que tuvo la más alta concentración, seguido del Cromo VI y finalmente el Plomo, de los cuales los 2 primeros son los que están afectando nocivamente la calidad del suelo.

- **Segundo Monitoreo de Metales Pesados**

**Tabla 11**

*Concentración de metal pesado Plomo (Pb).*

| | **Concentración en el suelo** | | |
|---|---|---|---|
| **Muestra** | Plomo (mg/kg) | ECA suelo (mg/kg) | Nivel referente |
| **P1** | 1,36 | 70 | TOLERABLE |
| **P2** | 1,36 | 70 | TOLERABLE |
| **P3** | 1,36 | 70 | TOLERABLE |
| **P4** | 1,36 | 70 | TOLERABLE |

Fuente: Autor, Tarapoto, 2020.

**Interpretación:**

La tabla 11 evidencia el nivel de concentración del plomo en el segundo monitoreo en los diferentes puntos de muestreo correspondientes a las 4

parcelas y comparadas con la normativa ambiental para suelo. Demuestra que la calidad es Tolerable, es decir la calidad con respecto a este metal pesado no está afectando o repercutiendo en las características escenciales del suelo.

**Tabla 12**

*Concentración de metal pesado Cromo VI (Cr VI).*

| Concentración en el suelo | | | |
|---|---|---|---|
| **Muestra** | Cromo VI (mg/kg) | ECA suelo (mg/kg) | Nivel referente |
| **P1** | 0,75 | 1,4 | REGULAR |
| **P2** | 0,75 | 1,4 | REGULAR |
| **P3** | 0,75 | 1,4 | REGULAR |
| **P4** | 0,75 | 1,4 | REGULAR |

Fuente: Autor, Tarapoto, 2020.

**Interpretación:**

La tabla 12 señala el nivel de concentración del Cromo VI en el segundo monitoreo, en los 4 diferentes puntos de muestreo de las 4 parcelas y comparadas con la normativa ambiental para suelo. Demuestra que la calidad es Regular, es decir la calidad del suelo está siendo afectado por este este metal pesado, afectando de forma regular las características escenciales del suelo, cabe recalcar que en este monitoreo ya se había se agregado el abono durante 6 semanas, el cual se evidencia que redujo considerablemente la concentración de este elemento químico, permitiendo que se encuentre por debajo del rango estipulado en la normativa ambiental para suelo.

***T*abla 13**

*Concentración de metal pesado Cadmio (Cd).*

| Concentración en el suelo | | | |
|---|---|---|---|
| **Muestra** | Cadmio (mg/kg) | ECA suelo (mg/kg) | Nivel referente |
| **P1** | 0,51 | 0,4 | CRÍTICA |
| **P2** | 0,51 | 0,4 | CRÍTICA |
| **P3** | 0,51 | 0,4 | CRÍTICA |
| **P4** | 0,51 | 0,4 | CRÍTICA |

Fuente: Autor, Tarapoto, 2020.

**Interpretación:**

La tabla 13 detalla el nivel de concentración del Cadmio en el segundo monitoreo en los diferentes puntos de muestreo correspondientes a las 4 parcelas y comparadas con la normativa ambiental para suelo. Demuestra que la calidad sigue siendo Crítica, es decir la calidad del suelo sigue siendo afectado por este este metal pesado, afectando nocivamente las características escenciales del suelo; sin embargo se distingue la reducción considerable del nivel de concentración de este elemento luego de haber agregado las diferentes dosis del abono orgánico.

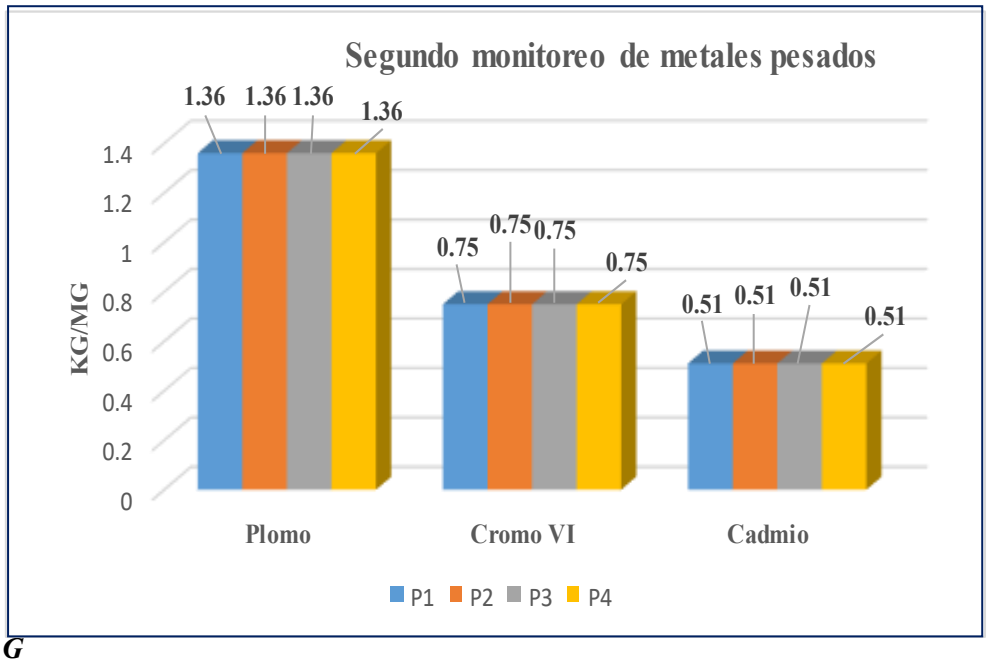



***Gráfico 2:*** Resultados de segundo monitoreo de metales pesados. (Fuente: Autor, Tarapoto, 2020).

**Interpretación:**

El gráfico 2 deja a entrever los niveles de concentración de Plomo, Cromo VI y Cadmio alcanzados en las 4 parcelas de arroz, evidenciando que el Plomo fue el que tuvo la más alta concentración, seguido del Cromo VI y finalmente el Cadmio, de los cuales este último afectando nocivamente la calidad del suelo.

- **Tercer Monitoreo de Metales pesados**

**Tabla 14**

*Concentración de metal pesado Plomo (Pb).*

| Concentración en el suelo | | | |
|---|---|---|---|
| **Muestra** | Plomo (mg/kg) | ECA suelo (mg/kg) | Nivel referente |
| **P1** | 0,99 | 70 | TOLERABLE |
| **P2** | 0,99 | 70 | TOLERABLE |
| **P3** | 0,99 | 70 | TOLERABLE |
| **P4** | 0,99 | 70 | TOLERABLE |

Fuente: Autor, Tarapoto, 2020.

**Interpretación:**

La tabla 14 detalla el nivel de concentración del plomo en el tercer monitoreo en los diferentes puntos de muestreo correspondientes a las 4 parcelas y comparadas con la normativa ambiental para suelo. Demuestra que la calidad es nuevamente Tolerable, es decir la calidad con respecto a este metal pesado no está afectando o repercutiendo en las características escenciales del suelo; sin embargo, la reducción de la concentración es notable en este último monitoreo después de otras 6 semanas de agregar el abono orgánico.

**Tabla 15**

*Concentración de metal pesado Cromo VI (Cr VI).*

| Concentración en el suelo | | | |
|---|---|---|---|
| **Muestra** | Cromo VI | ECA suelo (mg/kg) | Nivel referente |
| **P1** | 0,56 | 1,4 | REGULAR |
| **P2** | 0,56 | 1,4 | REGULAR |
| **P3** | 0,56 | 1,4 | REGULAR |
| **P4** | 0,56 | 1,4 | REGULAR |

Fuente: Autor, Tarapoto, 2020.

**Interpretación:**

La tabla 15 muestra el nivel de concentración del Cromo VI en el tercer monitoreo en los 4 diferentes puntos de muestreo de las 4 parcelas y comparadas con la normativa ambiental para suelo. Demuestra que la

calidad es Regular, es decir la calidad del suelo está siendo afectado por este este metal pesado, afectando de forma regular las características escenciales del suelo, cabe recalcar que en este último monitoreo se volvió a agregar el abono durante otras 6 semanas, el cual se permite entrever que se redujo considerablemente la concentración de este elemento químico, permitiendo que se encuentre por debajo del rango estipulado en la normativa ambiental para suelo.

**Tabla 16**

*Calidad del suelo, metal pesado Cadmio (Cd).*

| Concentración en el suelo | | | |
|---|---|---|---|
| **Muestra** | Cadmio (mg/kg) | ECA suelo (mg/kg) | Nivel referente |
| **P1** | 0,01 | 0,4 | TOLERABLE |
| **P2** | 0,01 | 0,4 | TOLERABLE |
| **P3** | 0,01 | 0,4 | TOLERABLE |
| **P4** | 0,01 | 0,4 | TOLERABLE |

Fuente: Autor, Tarapoto, 2020.

**Interpretación:**

La tabla 16 especifica el nivel de concentración del Cadmio en el tercer monitoreo en los diferentes puntos de muestreo correspondientes a las 4 parcelas y comparadas con la normativa ambiental para suelo. Demuestra que la calidad se modificó a Tolerable, es decir la calidad del suelo está siendo afectado por este este metal pesado, ello se debe a la aplicación de los diferentes tratamientos del abono orgánico durante otras 6 semanas, el cual permitió la reducción considerable del nivel de concentración de este elemento químico, colocándolo muy por debajo de lo estipulado en el ECA para suelo.

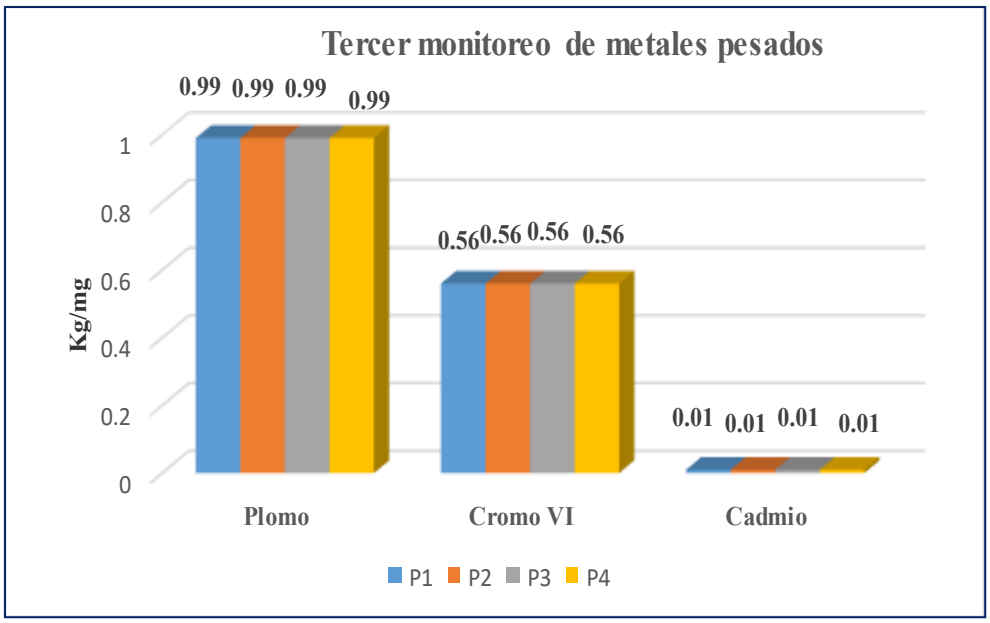



***Gráfico 3**:* Resultados de tercer monitoreo de metales pesados. (Fuente: Autor, Tarapoto, 2020).

**Interpretación:**

El gráfico 3 deja a entrever los niveles de concentración de Plomo, Cromo VI y Cadmio, realizados en las 4 parcelas de arroz, evidenciando que el Plomo fue el que volvió a tener la más alta concentración, seguido del Cromo VI y finalmente el Cadmio, de los cuales ninguno de los 3 compuestos químicos excede lo parámetro, corroborando la eficacia en la reducción del nivel de concentración producto del abonamiento orgánico.

### 3.1.1 Determinación del grado de contaminación del suelo de acuerdo a los resultados

**Tabla 17**

*Número de puntos muestreados para los 3 monitoreo de metales pesados.*

| | | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
|---|---|---|---|---|---|
| Metales pesados | Plomo | 4 | 33,3 | 33,3 | 33,3 |
| | Cromo VI | 4 | 33,3 | 33,3 | 66,7 |
| | Cadmio | 4 | 33,3 | 33,3 | 100,0 |
| | Total | 12 | 100,0 | 100,0 | |

Fuente: Autor, Tarapoto, 2020, SPSS.

**Interpretación:**

La tabla 17 muestra la existencia de 4 puntos de muestreo en el primer, segundo y tercer monitoreo para los metales pesados en estudio, estableciendo su porcentaje con equivalencia al 33.33 % por cada uno.

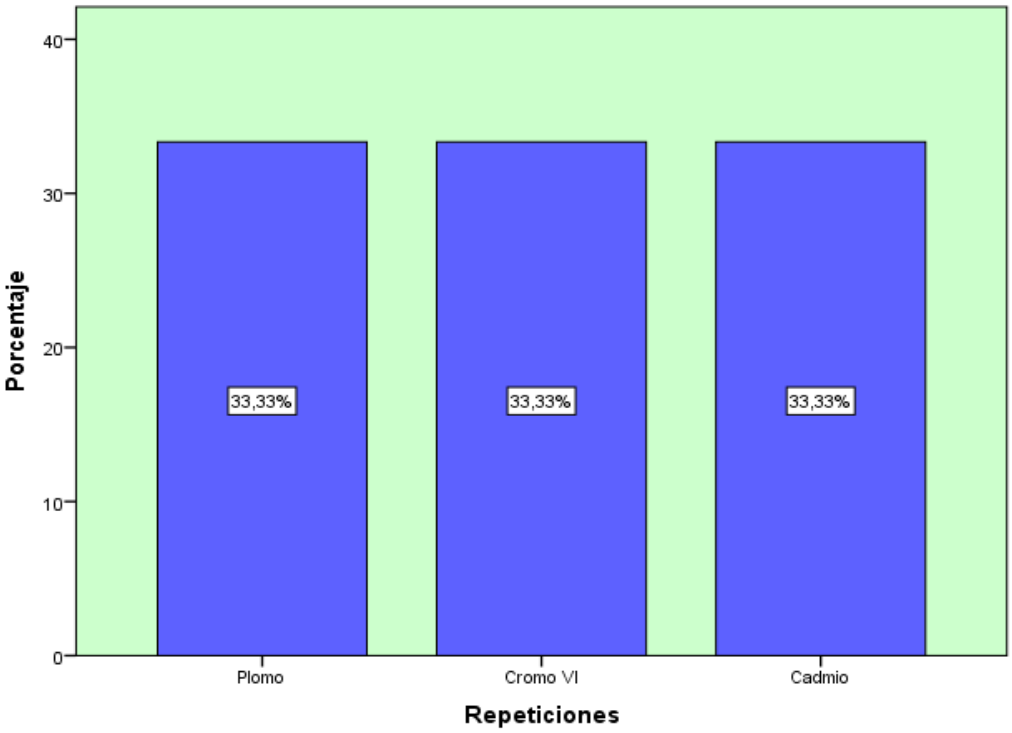



***Gráfico 4**:* Repeticiones aplicados para los metales pesados en el primer Monitoreo. (Fuente: Autor, Tarapoto, 2020, SPSS).

**Interpretación:**

El gráfico adjunto muestra la relación porcentual de los monitoreos de Plomo, Cromo VI y Cadmio, vislumbrando que todos poseen un equivalente de 33, 33%, es decir, la cantidad de puntos muestreados es el mismo en todos los monitoreos de las 4 parcelas en estudio.

- **Primer Monitoreo de Metales Pesados**

**Tabla 18**

*Nivel de contaminación del Plomo, Cromo VI y Cadmio, del primer Monitoreo de metales pesados.*

| Contaminación | | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
|---|---|---|---|---|---|
| Nivel | Bajo (Pb) | 4 | 33,3 | 33,3 | 33,3 |
| | Muy alto (Cr VI, Cd) | 8 | 66,7 | 66,7 | 100,0 |
| | Total | 12 | 100,0 | 100,0 | |

Fuente: Autor, Tarapoto, 2020, SPSS.

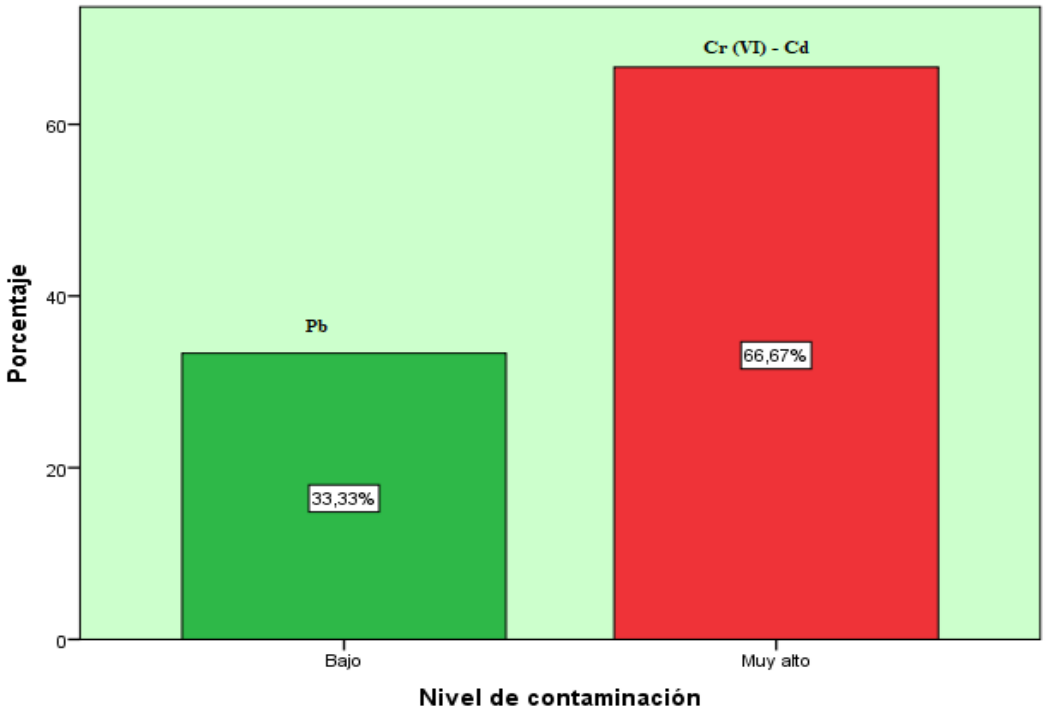



***Gráfico 5**:* Nivel de contaminación del suelo por metales pesados en el primer monitoreo. (Fuente: Autor, Tarapoto, SPSS).

**Interpretación:**

La tabla 18 y el gráfico 5 muestran el nivel de contaminación del Plomo, Cromo VI y Cadmio en los 4 puntos de muestreo del primer monitoreo, observándose que el plomo de contaminación bajo es equivalente al 33,3 %, mientras que el Cromo VI y Cadmio resultaron ser Muy alta correspondiente a 66,67 % por lo tanto, ambos metales están repercutiendo considerablemente en el equilibrio ecosistémico del suelo.

**Tabla 19**

*Tablas cruzadas para la determinación del nivel de contaminación de metales pesados en el primer monitoreo.*

| | | | Contaminación | | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Baja | Muy alto | |
| Metales pesados | Plomo | Recuento | 4 | 0 | 4 |
| | | % dentro de Metales pesados | 100,0% | 0,0% | 100,0% |
| | | % dentro de Contaminación | 100,0% | 0,0% | 33,3% |
| | Cromo VI | Recuento | 0 | 4 | 4 |
| | | % dentro de Metales pesados | 0,0% | 100,0% | 100,0% |
| | | % dentro de Contaminación | 0,0% | 50,0% | 33,3% |
| | Cadmio | Recuento | 0 | 4 | 4 |
| | | % dentro de Metales pesados | 0,0% | 100,0% | 100,0% |
| | | % dentro de Contaminación | 0,0% | 50,0% | 33,3% |
| | Total | Recuento | 4 | 8 | 12 |
| | | % dentro de Metales pesados | 33,3% | 66,7% | 100,0% |
| | | % dentro de Contaminación | 100,0% | 100,0% | 100,0% |

Fuente: Autor, Tarapoto, 2020.

**Interpretación:**

La tabla 19 muestra la tabla cruzada entre los metales pesados y el nivel de contaminación, además incluye el total de puntos muestreados que se realizó en el primer monitoreo, mostrando que el Plomo es de contaminación Baja, el Cromo VI y el Cadmio de contaminación Muy alta, así mismo se corrobora que la contaminación Muy alta es la que resalta en este monitoreo.

**Tabla 20**

*Chi $^2$ para establecer la relación del nivel de contaminación con metales pesados en el primer monitoreo.*

| | Valor | gl | Sig. asintótica (2 caras) |
|---|---|---|---|
| Chi-cuadrado de Pearson | 12,000[a] | 2 | ,002 |
| Razón de verosimilitud | 15,276 | 2 | ,000 |
| Asociación lineal por lineal | 8,250 | 1 | ,004 |
| N de casos válidos | 12 | | |

a. 6 casillas (100,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 1,33.

**Interpretación:**

**Regla de decisión**

-Si el p valor es > 0,05 se acepta la Hipótesis Nula ($H_0$).

-Si el p valor < 0,05 se rechaza la Hipótesis Nula, por lo tanto, se acepta la Hipótesis Alterna ($H_1$).

Se demuestra que la Sig. Asintótica es menor que 0,05; por lo tanto, se acepta la hipótesis que menciona que existe relación del nivel de contaminación con metales pesados en el primer monitoreo, es decir los metales pesados presentes en el suelo están ocasionando contaminación ambiental por los niveles altos en mg/kg detectados.

**- Segundo Monitoreo de Metales Pesados**

**Tabla 21**

*Nivel de contaminación del Plomo, Cromo VI y Cadmio, del segundo Monitoreo de metales pesados.*

| Contaminación | | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
|---|---|---|---|---|---|
| Nivel | Bajo (Pb) | 4 | 33,3 | 33,3 | 33,3 |
| | Medio (Cr VI) | 4 | 33,3 | 33,3 | 66,7 |
| | Muy alto (Cd) | 4 | 33,3 | 33,3 | 100,0 |
| | Total | 12 | 100,0 | 100,0 | |

Fuente: Autor, Tarapoto, SPSS.

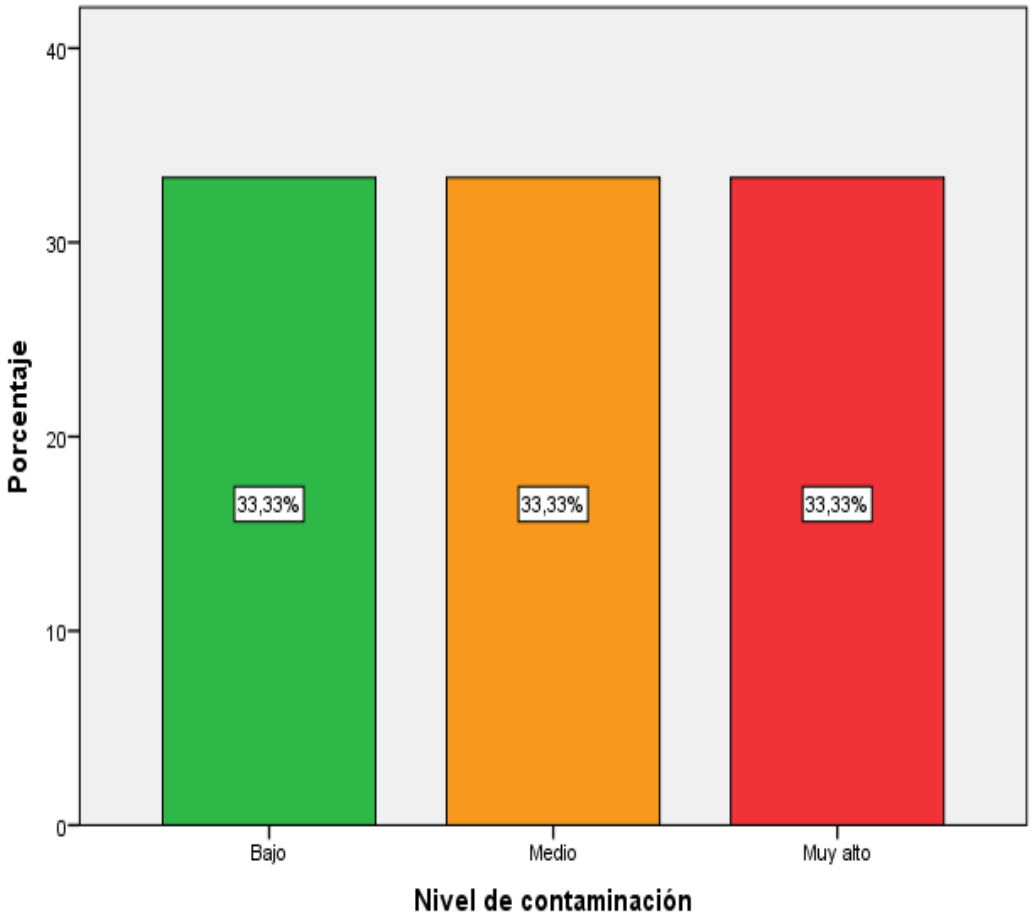



***Gráfico 6**:* Nivel de contaminación del suelo por metales pesados en el segundo monitoreo. (Fuente: Autor, Tarapoto, 2020, SPSS).

**Interpretación:**

El gráfico 6 revela el nivel de contaminación del Plomo, Cromo VI y Cadmio en los 4 puntos de muestreo del segundo monitoreo, observándose que los 3 elementos químicos tuvieron la misma proporción porcentual equivalente a 33.33%, manteniéndose como contaminación baja el plomo, mientras que el Cromo VI se modificó de muy alto a medio, el cual se debe al abonamiento orgánico; sin embargo, el Cadmio se mantiene como Muy alta, correspondiente, por lo que aún origina impacto nocivo considerable al suelo.

**Tabla 22**

*Tablas cruzadas para la determinación del nivel de contaminación de metales pesados en el segundo monitoreo.*

| | | | Contaminación | | | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Bajo | Medio | Muy alto | |
| Metales pesados | Plomo | Recuento | 4 | 0 | 0 | 4 |
| | | % dentro de Metales pesados | 100,0% | 0,0% | 0,0% | 100,0% |
| | | % dentro de Contaminación | 100,0% | 0,0% | 0,0% | 33,3% |
| | Cromo VI | Recuento | 0 | 4 | 0 | 4 |
| | | % dentro de Metales pesados | 0,0% | 100,0% | 0,0% | 100,0% |
| | | % dentro de Contaminación | 0,0% | 100,0% | 0,0% | 33,3% |
| | Cadmio | Recuento | 0 | 0 | 4 | 4 |
| | | % dentro de Metales pesados | 0,0% | 0,0% | 100,0% | 100,0% |
| | | % dentro de Contaminación | 0,0% | 0,0% | 100,0% | 33,3% |
| Total | | Recuento | 4 | 4 | 4 | 12 |
| | | % dentro de Metales pesados | 33,3% | 33,3% | 33,3% | 100,0% |
| | | % dentro de Contaminación | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |

Fuente: Autor, Tarapoto, 2020, SPSS.

**Interpretación:**

La tabla 22 muestra la tabla cruzada entre los metales pesados y el nivel de contaminación, igualmente incluyendo el total de puntos muestreados que se

realizó en el segundo monitoreo, mostrando que el Plomo es de contaminación Baja, el Cromo VI de contaminación medio y el Cadmio de contaminación Muy Alta. La característica más resaltante que se vislumbra es que los 3 elementos químicos poseen 33.33 %, ello quiere decir que el nivel de contaminación se ha reducido en un metal, lo que se confirma en la reducción de la concentración del Cromo VI, producto del abonamiento orgánico.

**Tabla 23**

*Chi $^2$ para establecer la relación del nivel de contaminación con metales pesados en el segundo monitoreo.*

| | Valor | gl | Sig. asintótica (2 caras) |
|---|---|---|---|
| Chi-cuadrado de Pearson | 24,000[a] | 4 | ,000 |
| Razón de verosimilitud | 26,367 | 4 | ,000 |
| Asociación lineal por lineal | 10,607 | 1 | ,001 |
| N de casos válidos | 12 | | |

a. 9 casillas (100,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 1,33.

**Interpretación:**

**Regla de decisión**

-Si el p valor es > 0,05 se acepta la Hipótesis Nula ($H_0$).

-Si el p valor < 0,05 se rechaza la Hipótesis Nula, por lo tanto, se acepta la Hipótesis Alterna ($H_1$).

Se demuestra que la Sig. Asintótica es menor que 0,05; por lo tanto, se acepta la hipótesis que menciona que existe relación del nivel de contaminación con metales pesados en el segundo monitoreo, es decir los metales pesados presentes en el suelo están ocasionando impactos ambientales nocivos en suelos de cultivos de arroz.

- **Tercer Monitoreo de Metales Pesados**

**Tabla 24**

*Nivel de contaminación del Plomo, Cromo VI y Cadmio, del tercer Monitoreo de metales pesados.*

| Contaminación | | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
|---|---|---|---|---|---|
| Nivel | Bajo (Cr VI, Pb) | 8 | 66,7 | 66,7 | 66,7 |
| | Medio (Cd) | 4 | 33,3 | 33,3 | 100,0 |
| | Total | 12 | 100,0 | 100,0 | |

Fuente: Autor, Tarapoto, 2020, SPSS.

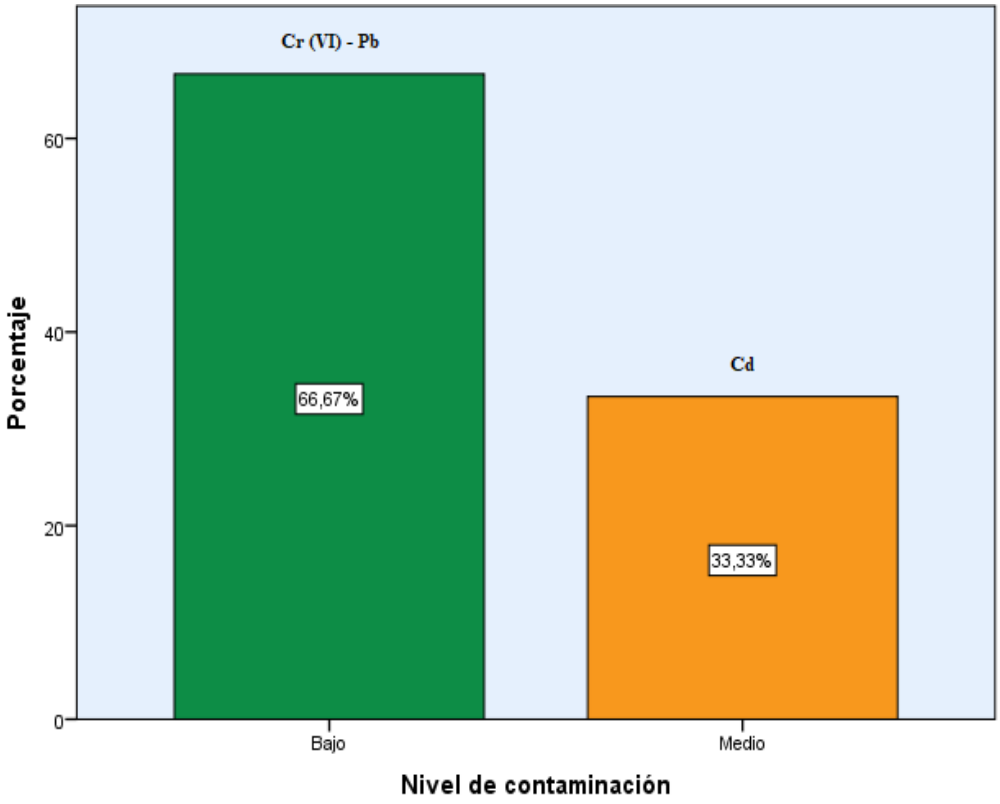



***Gráfico** 7:* Nivel de contaminación del suelo por metales pesados en el tercer monitoreo. (Fuente: Autor, Tarapoto, 2020, SPSS).

**Interpretación:**

La tabla 24 y el gráfico 7 deja ver el nivel de contaminación del Plomo, Cromo VI y Cadmio en los 4 puntos de muestreo del tercer monitoreo, observándose que el Cromo VI se mantiene en nivel bajo (33.33%) al igual que el plomo, sin embargo,

el Cadmio mostró un descenso exorbitante de la concentración siendo igualmente de contaminación baja (media) al igual que el plomo (66.67%). Por lo tanto, se corrobora que ningún de los parámetros impacta severamente en el suelo, el cual se debe al segundo abonamiento orgánico realizado en las parcelas.

**Tabla 25**

*Tablas cruzadas para la determinación del nivel de contaminación de metales pesados en el tercer monitoreo.*

| | | | Contaminación | | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Bajo | Medio | |
| | Plomo | Recuento | 4 | 0 | 4 |
| | | % dentro de Metales pesados | 100,0% | 0,0% | 100,0% |
| | | % dentro de Contaminación | 50,0% | 0,0% | 33,3% |
| | Cromo VI | Recuento | 0 | 4 | 4 |
| | | % dentro de Metales pesados | 0,0% | 100,0% | 100,0% |
| | | % dentro de Contaminación | 0,0% | 100,0% | 33,3% |
| Nivel de contaminación | Cadmio | Recuento | 4 | 0 | 4 |
| | | % dentro de Metales pesados | 100,0% | 0,0% | 100,0% |
| | | % dentro de Contaminación | 50,0% | 0,0% | 33,3% |
| | Total | Recuento | 8 | 4 | 12 |
| | | % dentro de Metales pesados | 66,7% | 33,3% | 100,0% |
| | | % dentro de Contaminación | 100,0% | 100,0% | 100,0% |

Fuente: Autor, Tarapoto, 2020, SPSS.

**Interpretación:**

La tabla 25 muestra la tabla cruzada entre los metales pesados y el nivel de contaminación, que incluye el total de puntos muestreados que se realizó en el tercer y último monitoreo, manifestando que el Plomo es de contaminación Baja, el Cromo VI de contaminación medio y el Cadmio de contaminación Baja, la característica más resaltante que se percibe es que el cadmio redujo su

concentración a un nivel que no muy significativo de contaminación, siendo el único que de una cifra muy alta se redujo a una baja, se puede afirmar que este resultado obtenido es producto del abonamiento orgánico.

**Tabla 26**

*Chi $^2$ para establecer la relación del nivel de contaminación con metales pesados en el tercer monitoreo.*

| | Valor | gl | Sig. asintótica (2 caras) |
|---|---|---|---|
| Chi-cuadrado de Pearson | 12,000[a] | 2 | ,002 |
| Razón de verosimilitud | 15,276 | 2 | ,000 |
| Asociación lineal por lineal | ,000 | 1 | 1,000 |
| N de casos válidos | 12 | | |

a. 6 casillas (100,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 1,33.

**Regla de decisión**

-Si el p valor es > 0,05 se acepta la Hipótesis Nula ($H_0$).

-Si el p valor < 0,05 se rechaza la Hipótesis Nula, por lo tanto, se acepta la Hipótesis Alterna ($H_1$).

Para el tercer monitoreo, se vuelve a comprobar que la Sig. Asintótica es menor que 0,05; por lo que se acepta la hipótesis que menciona que existe relación del nivel de contaminación con metales pesados en el tercer monitoreo; es decir; los metales pesados presentes en el suelo están impactos ambientales nocivos en suelos de cultivos de arroz.

### 3.1.2 Aplicación de la Matríz de impactos para establecer el impacto ambiental en suelos de cultivo de arroz.

Consistió en identificar las acciones y factores ambientales susceptibles a ser impactados en cada uno de los procesos que conlleva la siembra y cosecha de arroz realizado a través de la Matríz de impactos, el cual permitió valorar y/o cuantificar

el impacto positivo o negativo que genera esta actividad, para finalmente realizar la calificación ambiental que a continuación se detalla.

1. Matriz de Identificación de impactos ambientales.

2. Matriz de valoración de impactos ambientales.

Impactos positivos = (2- 10)

Impactos negativos = -(10-21).

3. Calificación ambiental.

| **Ponderación** | **Significancia** |
|---|---|
| >(-16) | ALTO |
| <- (11-15) | MEDIO |
| <-(2-10) | BAJO |

**Tabla 27**

*Matriz de Identificación de Impactos ambientales.*

| SISTEMA | FISICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | BIOLÓGICO | | | | | | | SOCIOECONÓMICO | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| COMPONENTE | AIRE | | | AGUA | | | | | | | | SUELO | | | | | | | | FLORA | | FAUNA | | PAISAJE | | | SALUD | | | | | | | ECONOMIA | |
| FACTORES AMBIENTALES / ACCIONES | Contaminación por gases y olores | Partículas | Contaminación por ruido y emisiones atmosféricas | Alteración de la calidad del agua de la quebrada Shupishiña | Contaminación del agua por agroquímicos e inertes de sedimentación | Contaminación por bolsas de polietileno y Variaciónen el ph | Contaminación por exceso de fertilizantes y Eutroficación. | Contaminación por sustancias tóxicas | Contaminación por derrame de combustible y aceite | Contaminación de aguas subterráneas | Contaminación del agua del canal de riego | Contaminación de malezas y otros cultivos | Compactación del suelo | Desertificación | Erosión | Salinización | Contaminación por inertes (envases) | Acumulación de basura | Alteración de la calidad suelo | Pérdida de la cobertura vegetal | Destrucción del ecosistema | Alterac ión del proceso migratorio de aves | Envenenamiento de especies | Alteración del Paisaje Natural | Deterioro del Paisaje Natural | Alteración de las condiciones del paisaje natural | Problemas de salud ocupacional | Molestias a la comunidad | Inóculo de enfermedades | Lesiones humanas por contacto directo. | Problemas sociales | Suspensión de clases | Riesgos a la salud, por uso de agua contaminada | Afectación de negocios | Reducción de empleo |
| **1. PRESIEMBRA** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LABRANZA CON MAQUINARIA | | | X | | | | | | | | | | X | X | X | | | | X | X | X | X | | X | X | X | | X | | | | | | | |
| NIVELACIÓN | | | | | | | | | | | | | X | X | | | | | | X | X | | | X | X | X | | | | | | | | | |
| CABALLONEO | | | | | | | | | | | | | X | X | | | | | | X | X | | | X | X | X | | | | | | | | | |
| **2. SIEMBRA** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SIEMBRA DE SEMILLA | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | |
| RIEGO (DE GERMINACIÓN Y PERMANENTE) | | | | X | X | | | | | | X | | | | X | X | | | | | X | | | | | | | | | | | X | | |
| DRENAJE | | | | X | X | | | | | | X | | | | X | X | | | | | X | | | | | | | | | | | X | | |
| FERTILIZACIÓN | | | | | | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | X | | |
| CONTROL DE MALEZAS, PLAGAS Y ENFERMEDADES | X | | | | | | | X | | | | X | | | | | X | X | | X | X | X | X | | | | | X | | X | X | X | X | X | X |
| **3. COSECHA** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CORTE Y RECOLECCIÓN (COMBINADA) | | X | X | | | | | | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | | | | | | | |
| **4. POSCOSECHA** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| QUEMA A CAMPO ABIERTO | X | | X | | | | | | | | | | | X | X | | X | | | | | | | | | | | X | | | | X | | X | X |

**Tabla 28**

*Matriz de valoración de impactos ambientales*

| SISTEMA | FISICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | BIOLÓGICO | | | | | | | SOCIOECONÓMICO | | | | | | | | | TOTAL ACTIVID IMPACTANTES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| COMPONENTE | AIRE | | | AGUA | | | | | | | | SUELO | | | | | | | | Flora | | Fauna | | PAISAJE | | | SALUD | | | | | | | ECONOMÍA | | |
| FACTORES AMBIENTALES / ACCIONES | Contaminación por gases y olore | Partículas | Contaminación por ruido y emisiones atmosféricas | Alteración de la calidad del agua de la quebrada Shupishiña | Contaminación del agua por agroquímicos e inertes de sedimentación | Contaminación por bolsas de polietileno y Variaciónen el ph | Contaminación por exceso de fertilizantes y Eutroficación. | Contaminación por sustancias tóxicas | Contaminación por derrame de combustible y aceite | Contaminación de aguas subterráneas | Contaminación del agua del canal de riego | Contaminación de malezas y otros cultivos | Compactación del suelo | Desertificación | Erosión | Salinización | Contaminación por inertes (envases) | Acumulación de basura | Alteración de la calidad suelo | Pérdida de la cobertura vegetal | Destrucción del ecosistema | Alteración del proceso migratorio de aves | Envenenamiento de especies | Alteración del Paisaje Natural | Deterioro del Paisaje Natural | Alteración de las condiciones de paisaje natural | Problemas de salud ocupacional | Molestias a la comunidad | Inóculo de enfermedades | Lesiones humanas por contacto directo. | Problemas sociales | Suspensión de clases | Riesgos a la salud, por uso de agua contaminada | Afectación de negocios | Reducción de empleo | |
| 1. PRESIEMBRA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LABRANZA CON MAQUINARIA | | | -8 | | | | | | | | | | -10 | -8 | -10 | | | | -9 | -9 | -10 | -6 | | -8 | -8 | -8 | | -5 | | | | | | | | -99 |
| NIVELACIÓN | | | | | | | | | | | | | -10 | -8 | | | | | | -8 | -8 | | | -8 | -8 | -8 | | | | | | | | | | -58 |
| CABALLONEO | | | | | | | | | | | | | -10 | -10 | | | | | | -10 | -10 | | | -9 | -9 | -9 | | | | | | | | | | -67 |
| 2. SIEMBRA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SIEMBRA DE SEMILLA | | | | | | | | | | | | -6 | | | | | | | | | | | | | | | | -2 | -2 | | | | | | | -10 |
| RIEGO (DE GERMINACIÓN Y PERMANENTE) | | | | -9 | -10 | | | | | | -10 | | | | -8 | -6 | | | | | -8 | | | | | | | | | | | | -10 | | | -61 |
| DRENAJE | | | | -9 | -10 | | | | | | -6 | | | | -4 | -3 | | | | | -8 | | | | | | | | | | | | -9 | | | -49 |
| FERTILIZACIÓN | | | | | | -10 | -10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -8 | | | -10 | | | -38 |
| CONTROL DE MALEZAS, PLAGAS Y ENFERMEDADES | -10 | | | | | | | -10 | | | | -10 | | | | | -10 | -10 | | -10 | -10 | -8 | -10 | | | | | -9 | | -10 | -7 | -3 | -10 | -2 | -2 | -131 |
| 3. COSECHA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CORTE Y RECOLECCIÓN (COMBINADA) | | -8 | -10 | | | | | | -9 | -9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -36 |
| SUB TOTAL IMPACTOS SOBRE EL AGUA, SUELO Y VEGETACIÓN | -10 | -8 | -18 | -18 | -20 | -10 | -10 | -10 | -9 | -9 | -16 | -16 | -30 | -26 | -22 | -9 | -10 | -10 | -9 | -37 | -54 | -14 | -10 | -25 | -25 | -25 | | -16 | -2 | -18 | -7 | -3 | -39 | -2 | -2 | -549 |
| 4. POSCOSECHA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| QUEMA A CAMPO ABIERTO | -9 | | -10 | | | | | | | | | | | -6 | -6 | | -9 | | | | | | | | | | -9 | -9 | | | | -2 | | -1 | -1 | -52 |
| SUB TOTAL IMPACTOS SOBRE EL AGUA Y SUELO | -9 | | -10 | | | | | | | | | | | -6 | -6 | | -9 | | | | | | | | | | | -9 | | | | -2 | | -1 | -1 | -53 |
| TOTAL IMPACTOS SOBRE EL AMBIENTE | -19 | -8 | -28 | -18 | -20 | -10 | -10 | -10 | -9 | -9 | -16 | -16 | -30 | -32 | -28 | -9 | -19 | -10 | -9 | -37 | -54 | -14 | -10 | -25 | -25 | -25 | -9 | -25 | -2 | -18 | -7 | -5 | -39 | -3 | -3 | -611 |

**Tabla 29**

*Calificación ambiental.*

| SISTEMA | COMPONENTE | ELEMENTO | ASPECTO AMBIENTAL | VALORES | SIGNIFICANCIA |
|---|---|---|---|---|---|
| FISICO | AIRE | Gases. | Contaminación por gases y olores | -19 | ALTO |
| | | Partículas. | Movilización y desmovilización de vehículos | -8 | BAJO |
| | | Nivel sonoro | Contaminación por ruido y emisiones atmosféricas | -28 | ALTO |
| | AGUA | Alteración de la calidad del agua de la quebrada Shupishiña | Modificación y/o alteración del caudal de la quebrada Shupishiña. | -18 | ALTO |
| | | Contaminación del agua por agroquímicos e inertes de sedimentación | Alteración y desaparición de especies acuáticas. | -20 | ALTO |
| | | Contaminación por bolsas de polietileno y Variación en el ph | Contaminación del agua producto del lixiviado de la descomposición de las bolsas de polietileno, originando modificación y variación del ph. | -10 | BAJO |
| | | Contaminación por exceso de fertilizantes y Eutrofización. | La excesiva presencia de nutrientes origina alteración y/o modificación de las características del agua, además de causar la eutrofización de esta. | -10 | BAJO |
| | | Contaminación por sustancias tóxicas | Generado por la utilización excesiva de agroquímicos. | -10 | BAJO |
| | | Contaminación por derrame de combustible y aceite | Generado por el derrame de aceites, grasas, otros productos de las diferentes actividades agrícolas. | -9 | BAJO |
| | | Contaminación de aguas subterráneas | Ocasionado por la infiltración de las aguas contaminadas con agroquímicos. | -9 | BAJO |
| | SUELO | Contaminación del agua del canal de riego | Ocasionado por la escorrentía de las aguas contaminadas con agroquímicos y producto del derrame de aceites y grasas. | -16 | ALTO |
| | | Contaminación de malezas y otros cultivos | Generado por la escorrentía de las aguas contaminadas con agroquímicos. | -16 | ALTO |

| SISTEMA | COMPONENTE | ELEMENTO | ASPECTO AMBIENTAL | VALORES | SIGNIFICANCIA |
|---|---|---|---|---|---|
| BIOTICO | FLORA | Compactación del suelo | Falta de oxigenación y permeabilidad del suelo en captar el agua, ocasionando la ausencia de la cobertura vegetal. | -30 | ALTO |
| | | Desertificación | Degradación del suelo por el excesivo uso de los agroquímicos. | -32 | ALTO |
| | | Erosión | Originada por la ausencia de cobertura vegetal en el suelo. | -28 | ALTO |
| | | Salinización | Ocurre por malas prácticas de riego, en donde el agua "lava" las sales orgánicas y otros elementos orgánicos que neutralizan las sales inorgánicas. | -9 | BAJO |
| | | Contaminación por inertes (envases) | Disposición inadecuada de residuos sólidos. | -19 | ALTO |
| | | Acumulación de basura | Disposición inadecuada de residuos sólidos. | -10 | BAJO |
| | | Alteración de la calidad suelo | Escorrentía y lixiviados, producto de la presencia y descomposición de residuos provenientes de los agroquímicos. | -9 | BAJO |
| | | Pérdida de la cobertura vegetal | Generado por la labranza con maquinaria, nivelación, caballoneo, fertilización y control de malezas. | -37 | ALTO |
| | | Destrucción del ecosistema | Ocasionado por la utilización excesiva de agroquímicos que controlan las malezas e insectos plaga. | -54 | ALTO |
| | | Alteración del proceso migratorio de aves | Ocasionado por la utilización excesiva de agroquímicos que controlan las malezas e insectos plaga. | -14 | MEDIO |
| | FAUNA | Envenenamiento de especies | Uso excesivo de agroquímicos organoclorados y organofosforados para el control de malezas e insectos plaga. | -10 | BAJO |
| | PAISAJE | Alteración del paisaje natural | Uso excesivo de agroquímicos organoclorados y | -25 | ALTO |

| SISTEMA | COMPONENTE | ELEMENTO | ASPECTO AMBIENTAL | VALORES | SIGNIFICANCIA |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | organofosforados para el control de malezas e insectos plaga. | | |
| | | Deterioro del Paisaje Natural | Uso excesivo de agroquímicos organoclorados y organofosforados para el control de malezas e insectos plaga. | -25 | ALTO |
| | | Alteración de las condiciones del paisaje natural | Uso excesivo de agroquímicos organoclorados y organofosforados para el control de malezas e insectos plaga. | -25 | ALTO |
| | | Problemas de salud ocupacional | Originado por la fumigación de malezas e insectos plaga sin la protección adecuada. | -9 | |
| | | Molestias a la comunidad | Afectación a la salud de la población aledaña por la presencia de gases, partículas y altos niveles sonoros. | -25 | ALTO |
| | | Inóculo de enfermedades | Enfermedades en las plantas, que pueden originar problemas a la salud. | -7 | BAJO |
| | | Lesiones humanas por contacto directo. | Generada por la manipulación inadecuada de productos y residuos de agroquímicos. | -18 | ALTO |
| SOCIOECONÓMICO | SALUD | Problemas sociales | Como consecuencia ocasiona enfermedades cancerígenas, producto de la utilización excesiva de agroquímicos. | -7 | BAJO |
| | | Suspensión de clases | Como consecuencia de las enfermedades cancerígenas, producto de la utilización excesiva de agroquímicos. | -5 | BAJO |
| | | Riesgos a la salud, por uso de agua contaminada | Afectación a la salud con enfermedades ligadas a la teratogénesis, carcinógenas y mutagénesis. | -39 | ALTO |
| | ECONOMIA | Afectación de negocios | Modificación del entorno económico. | -3 | BAJO |
| | | Reducción de empleo | Migración. | -3 | BAJO |

Fuente: Programa SPSS, Autor, Tarapoto, 2020.

### 3.1.3 Formulación de una alternativa de solución para mejorar los suelos, mediante el uso de agricultura ecoamigable.

**Tabla 30**

*Análisis de la dosis óptima de abono con cascarilla de café y agua miel.*

| Cascarilla de café y agua miel | Dosis – Agua miel(ml) | Dosis cascarilla de café (Kg) |
|---|---|---|
| Tratamiento 1 | 800 | 2 |
| Tratamiento 2 | 900 | 2 |
| Tratamiento 3 | 1000 | 2 |

Fuente: Programa SPSS, Autor, Tarapoto, 2020.

**Interpretación:**

En la tabla 30 se analiza la dosis óptima de abono con cascarilla de café y agua miel de cacao a fin de conseguir la disminución de la contaminación por metales pesados en suelos con cultivos de Arroz. Cabe indicar que por cada tratamiento se utilizó 2 Kg de cascarilla de café, pero diferentes volúmenes de dosis de agua miel: En el primer tratamiento se utilizó 800 Ml; en el segundo, 900 ml y en el tercero 1000 ml. Por lo que se concluye que la acción fue directamente proporcional, a mayor volumen de agua miel y mayor dosis de cascarilla de café, el resultado es menor concentración de metales pesados en el suelo.

**Tabla 31**

*Grado de contaminación del suelo por metales pesados antes del abonamiento.*

| PARÁMETROS: METALES PESADOS | RESULTADOS (Kg/mg) | ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA)-USO SUELO AGRÍCOLA | ESTADO |
|---|---|---|---|
| PLOMO (Pb) | 1,56 | 70 | PERMITIDO |
| CROMO VI (Cr) | 2,05 | 0,4 | SOBREPASA |
| CADMIO (Cd) | 2,09 | 1,4 | SOBREPASA |

Fuente: Autor, Tarapoto, 2020.

**Tabla 32**

*Grado de contaminación del suelo por metales pesados después del abonamiento.*

| PARÁMETROS: METALES PESADOS | RESULTADOS (Kg/mg) | ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA)-USO SUELO AGRÍCOLA | ESTADO |
|---|---|---|---|
| PLOMO (Pb) | 0,99 | 70 | PERMITIDO (Disminuyó) |
| CROMO VI (Cr) | 0,56 | 0,4 | SOBREPASA, PERO DISMINUYÓ |
| CADMIO (Cd) | 0,01 | 1,4 | PERMITIDO (Disminuyó) |

Fuente: Autor, Tarapoto, 2020.

**Interpretación:**

La tabla 31 muestra los resultados del grado de contaminación por metales pesados en el suelo de cultivo de arroz, antes de la aplicación del abonamiento con cascarilla de café y agua miel, observándose que el Cromo VI y el Cadmio sobrepasan la normativa establecida en el ECA para suelo, mientras que el plomo se encuentra dentro del rango permitido, pero con una concentración significativa que ocasiona impacto en el suelo y Ambiente; sin embargo, en la tabla 32 se vislumbra la reducción de la concentración de estos tres elementos químicos (Plomo, Cromo VI y Cadmio), reduciendo significativamente cada uno de estos elementos. Para el plomo se observó que redujo la concentración, de igual modo para el Cromo VI que pasó de ser contaminación alta a estar en el rango establecido y finalmente el Cadmio se evidencia reducción muy significativa, logrando que se encuentre muy por debajo de lo establecido en la Normativa. Antes del abonamiento esta concentración sobrepasaba excesivamente lo normado, lo cual se realizó en dos etapas: la primera fue al conocer el nivel de concentración agregando el abono por un tiempo de seis semanas, luego de ello se realizó el segundo monitoreo para conocer el efecto, observando que la reducción del nivel fue un éxito, nuevamente se agregó las diferentes dosis de la cascarilla de café (2kg) y el agua miel (800 ml, 900 ml y 1000 ml) por 6 semanas, finalmente se obtuvo los resultados finales que corresponde al tercer monitoreo, en el cual si se distingue la disminución de las concentraciones de los elementos químicos. Por tal motivo se establece que el grado de contaminación por acción del abonamiento de cascarilla

de café y agua miel de cacao obtuvo disminución de los valores con respecto a metales pesados en estudio.

**Tabla 33**

*Tabla comparativa de evaluación inicial y final del suelo.*

| PARÁMETROS: METALES PESADOS | RESULTADO - INICIAL (Kg/mg) | RESULTADO - FINAL (Kg/mg) | ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA)-USO SUELO AGRÍCOLA |
|---|---|---|---|
| **PLOMO (Pb)** | 1,56 | 0,99 | 70 |
| **CROMO VI (Cr)** | 2,05 | 0,56 | 0,4 |
| **CADMIO (Cd)** | 2,09 | 0,01 | 1,4 |

Fuente: Autor, Tarapoto, 2020.

**Interpretación:**

La tabla 33 muestra la diferencia entre el análisis inicial y final en los análisis realizados, demostrando la reducción del nivel de concentración de los metales pesados en estudio.

### 3.1.4 Contrastación de hipótesis

$H_0$: Las diferentes dosis de agroquímicos (*Troya, Caporal*) utilizados en el cultivo de arroz no están ocasionando impactos ambientales nocivos en suelos de cultivos de arroz en el sector la Florida.

$H_1$: Las diferentes dosis de agroquímicos (*Troya, Caporal*) utilizados en el cultivo de arroz están ocasionando impactos ambientales nocivos en suelos de cultivos de arroz en el sector la Florida.

**Regla de decisión**

- Si el p valor es > 0,05 se acepta la Hipótesis Nula (H0).
- Si el p valor < 0,05 se rechaza la Hipótesis Nula, por lo tanto, se acepta la Hipótesis Alterna (H1).

**Tabla 34**

*Prueba Tuckey.*

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Entre grupos | 4,244 | 2 | 2,122 | 5,716 | ,007 |
| Dentro de grupos | 12,252 | 33 | ,371 | | |
| Total | 16,497 | 35 | | | |

Fuente: Programa SPSS, Autor, Tarapoto, 2020.

**Interpretación:**

La tabla 34 detalla la aplicación de la Prueba Tuckey, encontrándose que la significancia fue de 0.007, lo que resulta menor que 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, es decir no existe diferencias significativas entre los tratamientos realizados entre los agroquímicos Caporal y Troya, demostrando que ambos ocasionan impactos nocivos en suelos de cultivos de arroz en el sector la Florida.

## 3.2 Discusión

El suelo se ha transformado en un medio receptor de un sinnúmero de sustancias y/o compuestos potencialmente contaminantes. Según Barrio (2016) menciona que "los metales pesados generalmente no esenciales, cuya principal capacidad es la de bioacumularse por lo que su concentración en el suelo afecta a plantas y animales, magnificándose a lo largo de la cadena alimentaria". Por lo que en la actualidad es un caso preocupante en suelos de cultivo de arroz, como lo es el sector "La Florida", cuyas extensiones de terrenos son utilizados principalmente para la actividad agrícola arrocera, ocasionando la presencia de altos niveles de metales pesados tales como el Plomo, Cromo VI y cadmio, que directa e indirectamente afectan nocivamente la salud humana y ambiental. Las fuentes de exposición a los elementos químicos anteriormente descritos y sus derivados se encuentran en todas partes, como por ejemplo en el aire, en las plantas, en animales de uso alimentario, en el suelo, existiendo principalmente en suelos cercanos a zonas industriales y agrícolas. Es por ello que la presente investigación realizó un estudio y análisis del efecto de agroquímicos (Troya y Caporal), que son frecuentemente utilizados en la siembra del arroz y que al

mismo tiempo se caracterizan por poseer elementos que afectan la calidad del suelo, además de contaminarla y alterar su ecosistema. Estas sustancias son los metales pesados, que dependiendo de su concentración afecta y daña nocivamente al suelo y todo lo que se encuentre a su alrededor (área de influencia indirecta).

La presente investigación demostró que la calidad del suelo por la presencia del Plomo es tolerable de acuerdo a la normativa ambiental (D.S N° 011-2017 MINAM) en los 3 monitoreos realizados; sin embargo las concentraciones encontrados fueron de 1,56 PPM, 1,36 PPM y 0,99 PPM, los cuales revelan que los agroquímicos que se están aplicando contienen trazas considerables de este metal, que un tiempo no determinado se biocumularán y ocasionarán efectos severos al ambiente. Del mismo modo Peláez, Bustamante & Gómez (2016) en su investigación determinó que "el plomo se bioacumula preferentemente en las raíces, y después en los tallos a concentraciones muy altas", lo que coincide con las investigaciones realizadas por Ruiz y Hernández (2012) en maíz, donde concluyen que las altas exposiciones de las plantas de maíz a elementos como Cu y Pb, reducen significativamente su crecimiento y ocasionan una rápida inhibición en el desarrollo de las raíces; así mismo afecta a la salud humana, Viñuela (2014) mencionó "el plomo ejerce un efecto tóxico doble sobre el sistema hematopoyético, reduciendo por una parte la vida media de los eritrocitos circulantes, y por otra inhibiendo la síntesis de hemoglobina con la consiguiente aparición de anemia". Los análisis de los tres monitoreos de Cromo VI muestran la presencia de 2,05 PPM, 0,75 PPM y 0,56 PPM, afectando y contaminando la calidad del suelo de forma crítica y regular para el segundo y tercer análisis, del mismo modo para el Cadmio se obtuvieron los resultados de 2,09 PPM, 0,51 PPM y 0,01 PPM, afectando de forma crítica para el primer y segundo análisis y tolerable para el tercero, demostrando así afectación muy severa para el primer análisis en Cromo VI y Cadmio (antes del abonamiento), Cárdenas, Martínez & Acosta (2010), afirma que "la toxicidad del Cromo es una de las principales causas de contaminación ambiental", de igual modo Reyes, Vergara, Torres & Gonzáles (2016) menciona que "el cadmio, el mercurio, el plomo y el arsénico, son cuatro de los elementos que por su impacto en la salud y concentración deben ser cuidadosamente evaluados y monitoreados, los cuales

se incorporan en la cadena alimenticia y son fuente de contaminación", del mismo modo afirma que "las concentraciones en el ambiente pueden ser incrementadas considerablemente, ya que es un metal ampliamente utilizado en la industria y productos agrícolas. Esto produce un progresivo aumento en su producción y es utilizado como agente insecticida y herbicida", es así que el cadmio se le reconoce como uno de los metales pesados con mayor tendencia a acumularse en las plantas. El cadmio causa severos desequilibrios en los procesos de nutrición y transporte de agua en las plantas (Singh & Tewari 2003). La favorabilidad de acumulación de cadmio en las plantas ha llevado a considerarla como potencial candidato para tareas de fitoremediación de este metal y finalmente es altamente dañino para la salud humana, el cadmio que ingresa por vía respiratoria o por vía oral, se transporta a la sangre y se concentra en el hígado y el riñón. El cadmio tiene la capacidad de acumularse en estos órganos vitales lo que produce daños irreversibles aun para concentraciones reducidas. Por otra parte, el tiempo de permanencia en estos órganos puede ser muy elevado. Así, el tiempo de vida media del cadmio en el riñón puede alcanzar los 30 años.

Con respecto a la matriz de impactos ambientales, se identificó la existencia de impacto negativos que ocasiona la actividad agrícola arrocera, divididos en preesiembra, siembra, cosecha y poscosecha, los cuales generan impactos negativos en el medio físico (aire, agua), biológico (suelo, flora, fauna, paisaje) y finalmente en socioeconómico (salud, economía), encontrándose que existen 18 impactos negativos de significancia Alto, 1 de significancia Regular y 17 de significancia Bajo, el cual deja claro que la utilización de agroquímicos en el cultivo de arroz genera impactos negativos altos, confirmando la existencia de contaminación, no solo en el medio suelo, sino igualmente al entorno natural que lo rodea, ocasionando la destrucción del ecosistema por la utilización excesiva de agroquímicos que controlan las malezas e insectos plaga, seguido de la pérdida de cobertura vegetal, ocasionado por la labranza con maquinaria, nivelación, caballoneo, fertilización y control de malezas, por la contaminación a causa de inertes (envases), causado por la disposición inadecuada de residuos sólidos, molestias a la comunidad, riesgos a la salud, por uso de agua contaminada que comprometen a la flora, recurso suelo, agua y salud humana.

Así mismo Lora & vega (2004) afirmó que “los problemas ambientales más críticos corresponden a la disposición final y manejo de residuos sólidos domésticos y especiales; la contaminación hídrica por sustancias tóxicas que componen los agroquímicos, el uso de agua contaminada por los hogares de las comunidades afectadas; los problemas de salud generados por el uso intensivo de agroquímicos. Se observó que para que control de hierbas e insectos plaga en todas las etapas del cultivo, el combate se desarrolla a través del uso excesivo de agroquímicos, causante determinante en los impactos ambientales generados por esta actividad.

La formulación de la alternativa para una agricultura ecoamigable fue mediante la aplicación de cascarilla de café y agua miel de cacao, con tratamientos de 800 ml, 900 ml y 1000 ml de agua miel y la dosis de cascarilla de café fermentado de 2 kg por cada tratamiento en 2 repeticiones (8 y 16 semanas). El abonamiento se realizó después de establecer los niveles de concentración de los metales pesados en el primer monitoreo en las 4 parcelas, luego se procedió a agregar los diferentes tratamientos con el abono orgánico a excepción de la parcela testigo, luego de 6 semanas de haber realizado la siembra de las plántulas de arroz se realizó el segundo monitoreo, demostrando la reducción de los niveles de concentración de los 3 metales pesados (Plomo, cromo VI y cadmio). El Cadmio evidencia reducción muy significativa para el tercer monitoreo (16 semanas) (ver tabla 17 y 18), logrando que se encuentre muy por debajo de lo establecido en la normativa. Por tal motivo se establece que el grado de contaminación por acción del abonamiento de cascarilla de café y agua miel de cacao obtuvo reducción de los valores con respecto a los metales pesados en estudio, del mismo modo para el Cromo VI; sin embargo, la reducción no permitió que este se encuentre por debajo del rango estipulado en el ECA para suelo. En este sentido, la presente alternativa ecoamigable mostró una manera de minimizar la contaminación por metales pesados en suelo de arroz, demostrando eficacia, para lo cual se trabajó con baba o miel de cacao y cascarilla de café fermentado en pozo a tierra por 3 meses, la mezcla y homogenización de ambos permitieron obtener un abono que redujo los niveles de concentración de Plomo, Cromo VI y Cadmio.

# CONCLUSIONES

- La calidad del suelo está siendo afectado por el cadmio y cromo VI, los cuales sobrepasan exorbitantemente lo establecido en la normativa para suelo, D.S N° 011-2017-MINAM. El plomo demuestra ser más inocuo; sin embargo, su nivel de concentración podría estar causando efectos nocivos en las características del suelo agrícola.
- El grado de contaminación originado por el cadmio y cromo VI es muy alto, el plomo no excede lo normado, por lo tanto, el nivel es bajo; pero, la presencia y contaminación por parte de estos metales pesados es latente, los cuales están ocasionado un sin número de efectos severos al ambiente y a la salud humana que aún no cuantificamos.
- La matriz de impactos determinó la significancia ambiental de cada acción realizada, demostrando que el aire, agua, flora, paisaje, salud y el suelo, que es donde se evidencia el impacto más significativo que se está originando por el uso excesivo y desmedido de agroquímicos en el cultivo de arroz en el sector La Florida.
- La alternativa ecoamigable aplicada consistió en el abonamiento de cascarilla de café y agua miel de cacao, que se aplicó durante todo el proceso de la investigación, con lo que se pudo demostrar la eficacia en la reducción del nivel de concentración en los tres metales pesados, especialmente en el cromo VI y cadmio que redujo considerablemente su concentración, conllevando a que estos se encuentren dentro del rango estipulado por el ECA para suelo, D.S N° 011-2017-MINAM.

# RECOMENDACIONES

- A la Universidad Nacional de San Martín, escuela de posgrado, se debe incentivar las investigaciones con productos lignocelulósicos, tales como los residuos de cacao, naranja, aceituna, otros, en busca de mejoras de la calidad del suelo y minimizar efectos nocivos a la salud humana.
- A los centros tecnológicos, superiores y a la facultad de ecología de la Universidad Nacional de San Martín ahondar en investigaciones ligados a la investigación experimental con abonos orgánicos que busquen suplir a los agroquímicos, con ello se reduciría considerablemente los daños a la salud humana y ambiental.
- Los impactos ambientales negativos identificados están ocasionando daños a corto, mediano y largo plazo al suelo por el uso excesivo de agroquímicos en cultivos de arroz, es por ello que se recomienda a la Universidad Nacional de San Martín fomentar a la realización y aplicación de investigaciones que permitan buscar alternativas de reducción al uso excesivo y desmedido de compuestos químicos en el suelo.
- A los estudiantes de maestría y doctorado continuar experimentando con otro tipo de residuos lignocelulósicos con fines de buscar más alternativas ecoamigables que minimicen la contaminación del suelo y ambiente.

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, W. (2014). Plaguicidas, Salud y Ambiente. Instituto Nacional de Investigaciones sobre recursos bióticos. INIREB. Brasil.

Aparicio et al. (201%). Los plaguicidas agregados al suelo y su destino en el ambiente. Balcarce, Buenos Aires. Faimallá, Tucumán. Reconquista, Santa Fe. Ediciones INTA. 13.

Amaya, J & Guerra, A. (2015). Diagnóstico del gusano rojo del arroz (Diptera: Chironomidae) en el alto valle Jequetepeque, Cajamarca, Perú. Revista Peruana de Entomología, p.143-145.

Arrázola, E. (2016). Evaluación del Riesgo Ambiental de la Mezcla de Alfacipermetrina E Imidacloprid sobre la Lombriz de Tierra (Eisenia Fétida). Perú.

Cárdenas J, Martínez V & Acosta I. Remoción de Cromo (VI) por una Cepa de Paecilomyces sp Resistente a Cromato. Información Tecnológica, Vol. 22(4), 43-50 (2011), doi: 10,4067/S0718-07642011000400006.

Carvalho, R. et al. Los plaguicidas, su relación con la salud humana y ambiental en la provincia de Córdoba. Departamento de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Río Cuarto, 2017. Revista Experiencia Médica vol. 27 no.

Campos, E. (2016). Efecto de cuatro insecticidas químicos sobre Hydrellia wirthi korytkowski en arroz (oryza sativa l.) en Guadalupe, La Libertad.

FAO. (2014). An analysis of the responses to the second international questionnaire on the international code of conduct on the distribution and use of pesticides. FAO. Roma, Italia.

Flury, M. (2016). Agroquímicos y sus efectos nocivos en el ambiente.

García, M & Pincay J. (2016). Contaminación por Agroquímicos en agua, suelo y fruto en el cultivo de tomate (Lycopersicon esculentm Mill) en las comunidades: Guabital y las Maravillas del Cantón Rocafuerte, época seca. Ecuador: Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Goycochea, T & Carranza, M. (2016). Determinación del Impacto Ambiental producido por el uso de agroquímicos en la Producción Agrícola del Distrito de Jepelacio - 2014. Universidad Nacional de San Martín. Moyobamba, Jepelacio, Perú.

Gonzales, S. (2017). Evaluación de la distribución del cadmio en el suelo y en la raíz de la planta de cacao en Pucayacu, Huánuco 2017. Lima – Perú. Disponible en: file:///C:/Users/Usuario/Desktop/Maestr%C3%ADa/Plan%20de%20Tesis%20M%C3%A1ximo/Anteproyecto/Antecedentes/Antecedentes%20Regionales/Gonzales_VS%20(3).pdf

Jara, C. (2002). Evaluación de la existencia de insectos bioindicadores de la calidad del agua en zonas ritrónicas y potámicas de tres ríos de la zona semiárida de Chile [tesis], 2002, Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias.

Lineamientos de la gestión de plaguicidas. (2012). Documento de Trabajo para consideración del Consejo Nacional Ambiental.

Lora, J & Vega, M. (2016). Diseño de un plan de gestión ambiental local participativo para el cultivo de arroz en el distrito de riego de la doctrina córdoba Juan. Msc. Gestión Ambiental para el Desarrollo Sostenible. Universidad Tecnológica de Bolívar.

MINAGRI. (2018). Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas. 2018. Obtenido de http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/nota-coyuntura-arroz-280818_2.pdf.

Peláez, M, Bustamante, J & Gómez, E. (2018). Presencia de cadmio y plomo en suelos y su bioacumulación en tejidos vegetales en especies de brachiaria en el Magdalena medio colombiano. Luna Azul ISSN 1909-2474. DOI: 10.17151/luaz. 2016.43.5

Pimentel W, Mccullum C, HUANG R, et al. (1997). Economic and environmental benefits of biodiversity. BioScience. 47(11): 747-757.

OMS. Efectos de los plaguicidas sobre la salud. Santiago de Chile. 2005. RAPAL.

Reyes Y, Vergara I, Torres O & Gonzáles E. (2016). Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo, Vol. 16 Nº 2, julio-diciembre, pp. 66-77, Sogamoso-Boyacá. Colombia

Ruíz, A. (2015). Situación del uso de Pesticidas en la Producción Agrícola en el Distrito de Fernando Lores: Centro Poblado de Panguana Primera Zona, Tamshiyacu y Santa Ana Primera Zona-Loreto.

Ruíz, H & Hernández, A. (2012). Acumulación de arsénico y metales pesados en maíz en suelos cercanos a jales o residuos mineros. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 28(2), 103- 117.

Rucoba, A. (2016). Determinación de la concentración de cambio en agua de riego del cultivo de arroz (Oryza sativa L) en tres Provincias de la Región San Martín, Año 2015. Tarapoto. Universidad Alas Peruana.

Trama, A. Efecto de los plaguicidas utilizados en los cultivos de arroz, sobre las comunidades de Macroinvertebrados Bentónicos y la Calidad de las aguas en la cuenca baja del Río Piura, Perú. Lima. 2014: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Terry, J. (2017). Alternativas para la reducción de los impactos ambientales en estos suelos.

Sánchez, C y Reyes, C. (2006). Metodología y diseño en la investigación científica. Editorial Visión Universitaria. Lima – Perú.

SENASA. (2017). Diagnóstico de la Cadena de Valor del Cultivo de Arroz y Maíz. San Martín. Perú.

Singh, P. & TewarI, R. (2003). Cadmium toxicity induced changes in plant water relations and oxidative metabolism of Brassica juncea L. plants. Journal of Environmental Biology, 24(1), 107- 112

Silva, S & Correa, F. (2009). Monitoreo de la Contaminación del Suelo: Revisión de la Normativa y Posibilidades de Regulación Económica. Universidad de Medellín. Volumen 12, No. 23, pp. 13-34

ISSN 0120-6346

Tecuaptela, M. (2014). Ecotoxicidad producida por Agroquímicos empleados en el Cultivo de Gerbera jamesonii en invernadero, en Villa Guerrero, Estado de México. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca – México.

Villacrés, N. (2014). El uso de plaguicidas químicos en el cultivo de papa (Solanum tuberosum), su relación con el medio ambiente y la salud. Ambato, Ecuador. Ecuador.

Viñuela, E. (2014). Características generales de los elementos trazas evaluación según codex Alimentarius. Consultora Internacional de la FAO. 2014.

Wauchope, R.D. et al. (1992). The SCS/ARA/CES pesticide proper ties database for environmental decision-making. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, v.123, n.1, p.164, 1992. Available from: Accessed: Feb. 14, 2014. doi: 1732992

# ANEXOS

# ANEXO A: Matriz de Consistencia

**TÍTULO DEL PROYECTO** : Agroquímicos (Troya, Caporal) y su impacto ambiental en suelos de cultivo de arroz en el Sector la Florida.
**NOMBRE DEL MAESTRANTE** : José Máximo Díaz Pinto.

| Problemática | | | Operacionalización de Variables | | | Metodología | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Formulación del Problema** | **Objetivos** | **Hipótesis** | **Variables** | **Indicadores** | **Sub indicadores** | **Técnicas recolección datos** | **Diseño de investigación** |
| ¿En que medida las diferentes concentraciones de metales pesados producto del uso excesivo de agroquímicos (Troya, Caporal) utilizados en el cultivo de arroz están ocasionando impactos ambientales nocivos en suelos de cultivos de arroz en el Sector la Florida? | | Hipótesis Nula | Dependiente | De las variable dependiente | | De la variable dependiente | El Diseño es Experimental, según Sánchez y Reyes (2006) se refiere a: investigaciones en la que sí hay manipulación de la variable independiente, cuyas graduaciones producen un efecto deseado en la variable dependiente. |
| | **Objetivo general** | $H_0$:Las diferentes concentraciones de metales pesados producto del uso excesivo de agroquímicos (Troya, Caporal) utilizados en el cultivo de arroz no están ocasionando impactos ambientales nocivos en suelos de cultivos de arroz en el Sector la Florida. | Agroquímicos (Troya, Caporal). | Metales pesados | Plomo (Pb) | Formato de monitoreo | |
| | Evaluar el impacto ambiental en suelos de cultivo de arroz por las diferentes concentraciones de metales pesados producto del uso excesivo de agroquímicos (Troya, Caporal) en el Sector la Florida. | Hiótesis Alterna<br>$H_1$: Las diferentes concentraciones de metales pesados producto del uso excesivo de agroquímicos (Troya, Caporal) utilizados en el cultivo de arroz están ocasionando impactos ambientales nocivos en suelos de cultivos de arroz en el Sector la Florida. | | | Cromo VI (Cr VI) | | |
| | | | | | Cadmio (Cd) | | |
| | Objetivos específicos | | Inependiente | De las variable dependiente | | De la variable Independiente | **Población** |
| | Analizar el estado actual del suelo y comparar con el ECA para suelo, D.S N° 011-2017-MINAM. | | Impacto ambiental en suelos de cultivo de arroz. | Calidad del suelo | Tolerable, regular y crítica. | Formato de monitoreo | 3 has de Suelos de Zona arrocera del Sector la Florida. |
| | Determinar el grado de nocividad del suelo de acuerdo a los resultados obtenidos en el ECA. | | | Contaminación del suelo | Bajo, medio y muy alto. | | |
| | Aplicar la Matríz de impactos para determinar el impacto ambiental en suelos de cultivo de arroz. | | | | | | **Muestra** |
| | Formular una alternativa de solución para mejorar los suelos, mediante el uso de agricultura ecoamigable. | | | Matriz Leopold | Baja<br>Media<br>Alto | | 4 kg de muestra de suelo de los 4 análisis (1 antes y 3 después) en las 3 parcelas de zona arrocera en el Sector la Florida. |

**ANEXO B: Mapas de ubicación y accesos**

***Mapa 1:*** Mapa de ubicación del Proyecto en el área de influencia.

***Mapa 2:*** Mapa de accesibilidad del Proyecto.

## ANEXO C: Panel fotográfico

***Foto 1:*** *Excavación de 1m², lugar de fermentación de la cascarilla de café.*

***Foto 2:*** *Colocación de cascarilla de café sobre plástico impermeable en el lugar de fermentación.*

***Foto 3:*** *Delimitación de las parcelas.*

***Foto 4:*** Preparación de las parcelas para la siembra.

***Foto 5:*** *Fumigación de las parcelas con los agroquímicos en estudio.*

***Foto 6:*** *Elaboración del abono de cascarilla de café y agua miel de cacao.*

***Foto 7:*** *Abonamiento de las parcelas a diferentes dosis.*

***Foto 8:*** *Aplicación del abono orgánico con las diferentes dosis en las 4 parcelas.*

***Foto 9:*** *Recolección de muestras de suelo para ser analizados.*

# ANEXO D: Análisis de laboratorio

## Primer muestreo

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**

SOLICITANTE: JOSÉ MÁXIMO DÍAZ PINTO
PROVINCIA: SAN MARTÍN
DISTRITO: TARAPOTO

FECHA DE MUESTREO: 18/10/2019
FECHA DE REPORTE: 29/10/2019
CULTIVO: ARROZ

| MICRONUTRIENTES (ppm) (mg/kg) | | | | | | Cadmio (Cd) ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Elementos | Hierro (Fe) ppm | Manganeso (Mn) ppm | Plomo (Pb) ppm | Cromo VI (Cr VI) ppm | Boro (B) ppm | |
| Niveles | | | 1.56 | 2.05 | | 2.09 |
| | | | Alto | Alto | | Alto |

| Niveles | Fe | Mn | Pb | Cr VI | B | Cd |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bajo | <= 2.5 | <= 0.6 | <= 1 | <= 0.6 | <= 0.5 | <= 0.01 |
| Adecuado | > 2.5 < 5 | > 0.6 <2 | > 1 < 1.5 | > 0.6 < 2 | > 0.5 < 2 | > 0.01 < 2 |
| Alto | > = 5 | >= 2 | >= 1.5 | >= 2 | >= 2 | >= 2 |

Ing. Carlos Verde Girbau
Lab. de Análisis de Suelos y Aguas
UNSM - TARAPOTO
Facultad de Ciencias Agrarias

**Segundo muestreo**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES

SOLICITANTE: JOSÉ MÁXIMO DÍAZ PINTO
PROVINCIA: SAN MARTÍN
DISTRITO: TARAPOTO

FECHA DE MUESTREO: 14/12/2019
FECHA DE REPORTE: 28/12/2019
CULTIVO: ARROZ

| MICRONUTRIENTES (ppm) (mg/kg) | | | | | | Cadmio (Cd) ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Elementos | Hierro (Fe) ppm | Manganeso (Mn) ppm | Plomo (Pb) ppm | Cromo VI (Cr VI) ppm | Boro (B) ppm | |
| Niveles | | | 1.36 | 0.75 | | 0.51 |
| | | | Adecuado | Adecuado | | Adecuado |

| Niveles | Fe | Mn | Pb | Cr VI | B | Cd |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bajo | <= 2.5 | <= 0.6 | <= 1 | <= 0.6 | <= 0.5 | <= 0.01 |
| Adecuado | > 2.5 < 5 | > 0.6 <2 | > 1 < 1.5 | > 0.6 < 2 | > 0.5 < 2 | > 0.01 < 2 |
| Alto | > = 5 | >= 2 | >= 1.5 | >= 2 | >= 2 | >= 2 |

Ing. Carlos Verde Girbau
Lab. de Analisis de Suelos y Aguas
UNSM - TARAPOTO
Facultad de Ciencias Agrarias

**Tercer muestreo**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES

SOLICITANTE: JOSÉ MÁXIMO DÍAZ PINTO
PROVINCIA: SAN MARTÍN
DISTRITO: TARAPOTO

FECHA DE MUESTREO: 26/02/2020
FECHA DE REPORTE: 10/03/2020
CULTIVO: ARROZ

| MICRONUTRIENTES (ppm) (mg/kg) | | | | | | Cadmio (Cd) ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Elementos | Hierro (Fe) ppm | Manganeso (Mn) ppm | Plomo (Pb) ppm | Cromo VI (Cr VI) ppm | Boro (B) ppm | |
| Niveles | | | 0.99 | 0.56 | | 0.01 |
| | | | Bajo | Bajo | | Bajo |

| Niveles | Fe | Mn | Pb | Cr VI | B | Cd |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bajo | <= 2.5 | <= 0.6 | <= 1 | <= 0.6 | <= 0.5 | <= 0.01 |
| Adecuado | > 2.5 < 5 | > 0.6 <2 | > 1 < 1.5 | > 0.6 < 2 | > 0.5 < 2 | > 0.01 < 2 |
| Alto | > = 5 | >= 2 | >= 1.5 | >= 2 | >= 2 | >= 2 |

Ing. Carlos Verde Girbau
Lab. de Análisis de Suelos y Aguas
UNSM - TARAPOTO
Facultad de Ciencias Agrarias