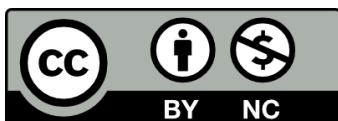


EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE CADMIO EN CULTIVOS DE ARROZ A NIVEL
DE SUELO Y GRANO, UBICADOS EN LA VEREDA CANAGUARO DEL MUNICIPIO
DE GRANADA META.



BAYRON JARA MOGOLLÓN
DEICY ALEJANDRA RUEDA CUELLAR



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2020

Cadmio En Suelo y Cultivo De Arroz

EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE CADMIO EN CULTIVOS DE ARROZ A NIVEL
DE SUELO Y GRANO, UBICADOS EN LA VEREDA CANAGUARO DEL MUNICIPIO
DE GRANADA META.

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Ambiental

Director

JORGE IVÁN CASTILLO ROJAS

Agrónomo

Codirector

YÉSICA NATALIA MOSQUERA BELTRAN

Ingeniería Química

Magister en Hidrosistemas

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD INGENIERÍA AMBIENTAL

VILLAVICENCIO

2020

Autoridades Académicas

P. José Gabriel MESA ANGULO, O. P.

Rector General

P. Eduardo GONZÁLEZ GIL, O. P.

Vicerrector Académico General

P. José Antonio BALAGUERA CEPEDA

Rector Sede Villavicencio

P. RODRIGO GARCÍA JARA, O.P.

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

Julieth Andrea Sierra Tobón

Secretaria de División Sede Villavicencio

YÉSICA NATALIA MOSQUERA BELTRAN

Decana de la Facultad de Ingeniería Ambiental

Nota De Aceptación

YÉSICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁN

Decana de Facultad

JORGE IVÁN CASTILLO ROJAS

Director Trabajo de Grado

YÉSICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁN

Codirector Trabajo de Grado

CHRISTIAN JOSE ROJAS REINA

Jurado

JAIR ESTEBAN BURGOS CONTENTO

Jurado

Agradecimientos

Agradecemos principalmente a Dios por ser nuestro guía y por su acompañamiento en este proceso de formación, porque sin El nada de esto hubiera sido posible. Asimismo, agradecemos a nuestros padres y hermanos por el apoyo incondicional, económico y el amor que nos brindaron en el transcurso de nuestro proceso de formación profesional, de igual manera, a nuestros compañeros y amigos por ser parte de esta linda experiencia.

También, agradecemos a nuestro director del proyecto, el profesor Jorge Iván Castillo Rojas, por su compromiso, dedicación y orientación durante la realización de este estudio.

Además, a la Universidad Santo Tomas sede Villavicencio por brindarnos los conocimientos necesarios y permitirnos formarnos como ingenieros ambientales.

Bayron Jara

Deicy Rueda

Dedicatoria

Agradezco primeramente a Dios por brindarme la sabiduría y la perseverancia para poder culminar este proceso formativo, también agradezco a mis padres Benjamín Jara y Gloria Mogollón por estar ahí de manera incondicional en este proceso porque sin su apoyo esto no hubiera sido posible.

También, le agradezco a mis compañeros Alejandra González, Carlos García, Naranjo, Porras, Casallas entre otros, que transitaron conmigo este proceso de formación profesional que de una u otra manera me brindaron su apoyo y con quienes compartí muy buenos momentos, aquellos que al igual que yo soñamos en algún día llegar a ser profesionales de la ingeniería ambiental.

Por último, agradecer a nuestros docentes Natalia Mosquera y Jorge Castillo, quienes aportaron su tiempo y sus conocimientos para la realización de este proyecto investigativo a ellos mil gracias.

Bayron Jara Mogollón

Este trabajo de grado se lo dedico primero a Dios, quien me acompaña en todos mis proyectos de vida, que nunca me abandona y que, siempre me da fuerzas para continuar y me permite escalar poco a poco hasta lograr todas mis metas propuestas, por Él soy la mujer que soy.

Asimismo, dedico este éxito a mi madre Martha Cecilia Cuellar Pardo y a William Fernando Romero Torres, quien a lo largo de la vida ha sido un padre, igualmente, agradezco a mi hija Valerie Sofia Arango Rueda, a mi hermana Paola Andrea Rueda Cuellar, a Alexander Pardo Reyes quien es mi compañero de vida y ha sido un apoyo importante para alcanzar esta meta, por ultimo a mis amigas Leidy Hernández, Alejandra Cuellar Giraldo, Luz Dary Cárdenas y Geraldine Garcia, personas que con sus palabras me hacían sentir orgullosa de lo que soy y de lo que puedo ser, en los momentos más difíciles de mi vida han estado presentes para ayudarme a afrontar diferentes situaciones ya sean buenas o malas. Son las personas que me impulsan a ser mejor y agradezco a Dios por tenerlos, dedico a toda mi familia por su y compañía en este paso de mi vida.

Deicy Alejandra Rueda C.

TABLA DE CONTENIDO

Abstract.....	12
1. Introducción	13
2. Planteamiento del problema	17
2.1. Descripción del problema	17
3. Justificación.....	20
4. Objetivos.....	22
4.1 Objetivos Específicos.....	22
5. Alcance.....	23
6. Antecedentes.....	25
7. Marco Referencial	28
7.1 Suelo y contaminación:	28
7.1.1 Presencia de Cadmio en el suelo	28
7.1.2 El cadmio en arroz y su repercusión en la salud humana.....	29
7.2 Marco Conceptual	30
7.2.1 El recurso Suelo y su Contaminación.....	30
7.2.2 Técnica ICP-OES.....	31
7.2.3 Biodisponibilidad de metales pesados en las plantas	31
7.1 Marco Legal.....	34
8. Metodología.....	36
8.1 Fases Metodológicas.....	37
8.1.1 Fase 1. Revisión bibliográfica, reconocimiento del terreno y acercamiento con los agricultores de la región.	37
8.1.2 Fase 2 Envío de las muestras al laboratorio y análisis de las muestras en el laboratorio.	39
8.1.3 Fase 3. Análisis de los Resultados y elaboración del documento final.	40
9. Resultados.....	42
9.1 Resultados edafológicos de la muestra en los 2 predios.	42
9.1.1 Resultados edafológicos de la muestra en los 2 predios.....	42
9.2 Niveles de Cadmio en el suelo de cultivo de arroz en la Pre y Pos siembra.	47
9.3 Medidas de control, prevención y mitigación para la contaminación por Cadmio en el suelo cultivado y en el grano de Arroz cosechado.	51

Conclusiones	57
Recomendaciones	58
Referencias	59
ANEXOS	66

Lista de Tablas

<i>Tabla 1</i> Características biofísicas del área de estudio.....	23
<i>Tabla 2.</i> Normatividad legal vigente	34
<i>Tabla 3.</i> Estaciones de muestreo Vereda Canaguaro-Granada.....	37
<i>Tabla 4.</i> Muestras de suelo por predio	38
<i>Tabla 5.</i> Muestras de Arroz paddy por predio.....	38
<i>Tabla 6.</i> Clasificación de las variables del suelo y del metal pesado Cadmio.....	39
<i>Tabla 7.</i> Técnicas utilizadas para la determinación de variables físico-químicas.....	40
<i>Tabla 8.</i> Contaminante del Arroz Paddy	40
<i>Tabla 9.</i> Variables fisicoquímicas del suelo.	42
<i>Tabla 10.</i> Promedio, mínimo y máximo.	44
<i>Tabla 11.</i> Aportes estimados de metales pesados agregados a suelos agrícolas por diferentes fuentes.	46
<i>Tabla 12.</i> Valores límites permisible para Cadmio según el pH.	48
<i>Tabla 13.</i> Límite admisible Cd en el arroz en Colombia.	49
<i>Tabla 14.</i> Plantas utilizadas al proceso de fitorremediación.	53

Tabla de Figuras

<i>Figura 1. Ubicación Área de estudio predio 1 y predio 2.</i>	<i>24</i>
<i>Figura 2. Diagrama Metodológico.</i>	<i>36</i>
<i>Figura 3. Elementos del suelo en los dos predios evaluados.</i>	<i>45</i>
<i>Figura 4. Cadmio total en suelo en mg/kg.</i>	<i>47</i>
<i>Figura 5 . Concentraciones de Cadmio total en Arroz Paddy.</i>	<i>49</i>
<i>Figura 6. Práctica de quema en cultivo.</i>	<i>51</i>

Resumen

La contaminación en el suelo por metales pesados es una de las problemáticas que representa un gran riesgo a nivel ambiental, económico y social, su importancia radica en los impactos negativos que puede producir en los ecosistemas naturales y en la salud. Con relación a esta problemática ambiental, se crea el interés sobre esta investigación para evaluar la presencia de Cadmio (Cd) en un cultivo de arroz a nivel de suelo, antes y después de la siembra, y en el grano cosechado, en un área ubicada en la vereda Canaguaro, municipio de Granada – Meta- Colombia. Se obtuvieron muestras de suelo y de arroz paddy en campo. Posteriormente, se enviaron a un laboratorio acreditado por el ICA para su análisis, por medio de la técnica ICP-OES; esta técnica fue seleccionada porque es una de las más robustas y versátiles, que permite la detección y cuantificación de las impurezas metálicas de forma específica y a los niveles requeridos.

A partir de esto se encuentra que el suelo posee concentraciones de Cadmio que están dentro del rango de 0,01- 2 mg/kg, valores considerados normales para suelos según la US EPA. Por otro lado, se encuentra que las concentraciones de Cadmio en arroz paddy sobrepasaron los niveles establecidos por la FAO de 0,4 mg/kg. En el tejido foliar se encuentran concentraciones de 10,4 y 38,8 mg/kg de Cadmio en arroz paddy, datos que se obtuvieron en los predios objeto de estudio.

Por último, se recomiendan las medidas de fitorremediación para minimizar las concentraciones de Cadmio a nivel del suelo y el arroz paddy, con el fin de garantizar la inocuidad del arroz, la salud humana y del medio ambiental.

Palabras Clave: Cadmio, Arroz Paddy, Suelo, Contaminación del Suelo, Metales Pesados, Fitorremediación.

Abstract

The contamination in the soil by heavy metals is one of the problems that represents a great risk at an environmental, economic and social level, its importance lies in the negative impacts it can produce on natural ecosystems and on health. In relation to this environmental problem, the interest in this research is created to evaluate the presence of cadmium (Cd) in a rice crop at ground level, before and after planting, and in the harvested grain, in an area located in the Canaguaro village, Granada municipality - Meta-Colombia. Soil and paddy rice samples were obtained in the field. Subsequently, they were sent to an ICA-accredited laboratory for analysis, using the ICP-OES technique; This technique was selected because it is one of the most robust and versatile, allowing the detection and quantification of metallic impurities in a specific way and at the required levels.

From this it is found that the soil has cadmium concentrations that are within the range of 0.01-2 mg / kg, values considered normal for soils according to the US EPA. On the other hand, it is found that the cadmium concentrations in paddy rice exceeded the levels established by the FAO of 0,4 mg / kg. In the leaf tissue, concentrations of 10,4 and 38,8 mg / kg of cadmium are found in paddy rice, data that were obtained in the farms under study.

Lastly, phytoremediation measures are recommended to minimize the concentrations of cadmium at ground level and paddy rice, in order to guarantee the safety of rice, human health and the environment.

Keywords: Cadmium, Paddy Rice, Soil, Soil Pollution, Heavy Metals, Phytoremediation.

1. Introducción

A nivel mundial la intoxicación con Cadmio ha generado diferentes afectaciones en la salud pública como: fallas renales, enfisema pulmonar, osteoporosis, hipertensión arterial y cáncer de próstata. Este metal pesado (Cadmio) ingresa al organismo primordialmente por vía oral y en pequeñas proporciones por inhalación. Generalmente los casos de intoxicación ocurren por vía oral por medio del consumo de alimentos vegetales y animales (Marcano., 2011). En los últimos años se ha registrado un aumento significativo en los niveles de concentración de Cadmio en suelos agrícolas por efecto del uso excesivo de la fertilización fosfatada. Actualmente se ha evidenciado que la contaminación con metales pesados es un peligro que afecta directamente al medio ambiente, ya que contrario a la mayoría de los contaminantes orgánicos, estos elementos no son biodegradables química o biológicamente (Campos, 1990).

La contaminación del suelo por metales pesados es una problemática nacional e internacional que afecta drásticamente la salud pública, debido a la capacidad de propagación sucesiva de la bioconcentración en la cadena trófica, y a los ecosistemas naturales terrestres que por vía natural o antrópica se expongan a mediano o largo plazo a concentraciones iguales o superiores a los límites recomendados.

Específicamente se evidencia un rango de presencia de Cadmio en los suelos y su promedio ha sido ubicado entre 0,07 y 1,1 mg.kg-1, con un nivel de concentración base natural que no sobrepase de 0,5 mg.Kg-1 (Marcano., 2011). Los suelos presentan niveles elevados de concentración de Cadmio porque las rocas que se formaron presentaban este elemento en su composición. Cabe mencionar que una de las vías de adhesión del Cadmio en los suelos agrícolas es la fertilización fosfática, la materia prima de todos los fertilizantes fosfáticos son las rocas fosfóricas y estas presentan en su composición metales pesados que dependen de su origen geográfico, en algunos casos los niveles de concentración son superiores a los existentes en la corteza terrestre. Los metales subsisten en una cantidad significantes por los fertilizantes industriales y estos son aplicados posteriormente al suelo junto con el fósforo (Marcano., 2011).

Por otra parte, como consecuencia de la generación de aguas residuales domesticas se producen lodos con nutrientes que son utilizados para la fertilización de algunos cultivos agrícolas. Este proceso de generación de lodos con nutrientes ha sido útil para la

recuperación de suelos afectados por desertificación, ya que contienen altos niveles en materia orgánica (Marcano., 2011). Pero, por el contrario, si estos lodos provienen de aguas residuales industriales, su aplicación continua en cultivos agrícolas puede generar presencia y acumulación de metales pesados como el Cadmio en los suelos (Marcano., 2011).

El Cadmio es uno de los metales que puede estar presente en los lodos y este metal representa un mayor índice de afectación ambientalmente debido a su fácil desplazamiento en los suelos y a la destreza de absorción por las plantas. Entre las fuentes de contaminación de suelos agrícolas con Cadmio, por vía aérea encontramos el polvo y los vapores que se derivan de las explotaciones mineras, fundición de metales y de plantas incineradoras (Marcano., 2011).

La materia prima de los fósiles o sus procedentes que se usan como combustibles con presencia de metales pesados en su composición, transitan a la atmósfera partículas evaporadas, que después serán acumulados en los suelos, la cobertura vegetal y en acopios de agua, alcanzando ocasionar contaminación en la red trófica. El carbón mineral con presencia de metales pesados llegan a generar índices de contaminación en áreas cercanas de plantas termoeléctricas (Flores, 1997) y se ha evidenciado presencia con altos niveles de concentración de Cadmio en suelos y en vías de considerable circulación vehicular (Marcano., 2011). El Cadmio de origen antrópico, habitualmente presente en las superficies insustanciales, estará con mayor índice de presencia que el derivado de la meteorización de rocas. Sin embargo, la filtración por las plantas pende de los componentes del suelo y del cultivo.

Incluso los componentes y las condiciones del suelo que benefician la oscilación del elemento puede proporcionar una fácil filtración en las plantas, por otro lado, los que favorecen a su detención por la matriz del suelo reducirán los niveles de concentración de los metales pesados. En general, si el pH del suelo es mayor, asimismo será el nivel de retención del Cadmio. Existen diferentes conocimientos para justificarlo, una de ellas es la variedad de especies presentes con una densidad de carga negativa baja en consecuencia de la unión entre el ion metálico y los iones OH⁻, mientras que si las cargas negativas aumentan en las superficies de óxido el ion metálico puede absorberse (Pardo, 1995).

En cuanto a la mineralogía de los suelos esta es definitiva en la presencia de Cadmio en las plantas. Los suelos que conserven altos niveles de capacidad de intercambio catiónico ya sea por su material parental o su proceso edafogénico, obtendrán asimismo mayor probabilidad de retención de Cadmio. Generalmente el Cadmio que se encuentra presente en los suelos continúan su evolución como proceso natural, con concentraciones bajas en suelos desarrollados, de pH ácido, bajos valores de la capacidad de intercambio catiónico efectivo (C.I.C.E) y textura gruesa (Holmgren, 1993).

Por otro lado, la materia orgánica puede influir en los índices de presencia de Cadmio en los suelos. El segmento soluble inhibe al Cadmio, para así proporcionar su movilidad en el suelo y mineralizarse, dejando que el metal esté presente en las plantas. El fragmento orgánico estabiliza, y esto lo hace más resistente al proceso de descomposición de los compuestos químicos con el fin de retener los niveles de concentración de metales pesados como el Cadmio (McGrath, 2000). Cabe señal que existen hipótesis en dónde; hay quienes afirman que si los metales pesados se encuentran presentes en los suelos y asimismo en los lodos pueden conservarse en formas no disponibles; y, por otra parte, hay quienes piensan que si los metales pesados son absorbidos por la materia orgánica y en el proceso de descomposición química los dejaría en formas más disponibles. Hay que mencionar, además que la concentración a los suelos de materiales tan ininteligibles, puede contribuir otros elementos a éstos, asimismo puede generar efectos que alteren la composición del suelo, al modificar algunas de sus propiedades como el pH, la CIC y la conductividad eléctrica.

De tal manera, se conoce que el Cadmio se usa primariamente en la elaboración de baterías y pinturas, una de las características principales de este metal es el uso para recubrir las zonas altamente tendentes a generar oxidación metálicas y así evita la generación de oxidación, se usa como mecanismo de combinaciones en soldaduras con puntos de fusión bajos y en la industria química en procesos catalíticos (Marcano., 2011).

Teniendo en cuenta que en Colombia y especialmente en la Orinoquía las investigaciones referentes sobre el tema de contaminación por metales pesados son escasos, se reconoce la necesidad de realizar este estudio con el fin de realizar mediciones sistemáticas y continuas con estándares de calidad en el sector agrícola, que forje una línea base de información referente a la problemática del contaminación de suelos y cultivos de arroz por el metal pesado Cadmio, es necesario para generar estrategias de mitigación y remediación en los suelos (Reyes, 2016), debido a que, su importancia radica en el estudio

de metales pesados por los altos niveles de toxicidad tanto en el medio ambiente como en la salud, la alta persistencia en los suelos y la rápida acumulación por los organismos vivos (Buenfil, 2007).

En este sentido, la presente investigación se desarrolló con el fin de disminuir la brecha de conocimiento e información entorno a la presencia de Cadmio en un cultivo de arroz a nivel del suelo y en el grano obtenido, el cual es uno de los productos de agricultura más significativos para la región Orinoquia. El Departamento del Meta registra un porcentaje del 26% en datos favorables en cultivos que se producen bajo las mejores técnicas. Este sector económico es uno de los más importantes en la economía de la región llanera que se considera como la despensa de Colombia (Media, 2019). De modo que sea posible realizar varios estudios e investigaciones a fondo con esta problemática para contribuir al reconocimiento y enfatizar en la importancia del sector agrícola en la región, formando una línea base para la elaboración de nuevos documentos técnicos, académicos y científicos que permitan abordar la contaminación por Cadmio en suelos y cultivos.

2. Planteamiento del problema

2.1.Descripción del Problema

La contaminación de cultivos con metales pesados como el Cadmio, es una de las problemáticas ambientales de mayor relevancia actualmente; ya que este metal es uno de los más tóxicos en altos niveles de exposición y a su vez cercanos a todas las formas de vida (Ministers, 2003). De acuerdo a esto, organizaciones internacionales han establecido valores límites tolerables de 7 $\mu\text{g}/\text{semana}$ por kg de peso por vía digestiva, si el consumo supera 100 mg puede llegar a producir afectaciones a la salud como síntomas gastrointestinales, pero si su índice de consumo supera los 350 mg se considera potencialmente mortal. Asimismo en el ámbito ambientales si las concentraciones de Cadmio superan 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ provoca la “fiebre de los metales”; a partir de 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ surge neumonitis química y para niveles superiores a 5,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ su consecuencia es mortal (García, 2012).

En el año 2009, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria estableció índices de ingestión en los alimentos por semana, decretando que los niveles no deberían ser superiores a 2,5 μg por kg de peso corporal. Para el año siguiente, el Comité Mixto de la Organización de Agricultura y Comida de Estados Unidos (FAO), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Comité de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA), establecieron índices mensuales tolerables con respecto en los alimentos, fijando que no podían ser superiores de 25 μg por kg de peso corporal. Mientras tanto, la OMS fijó una niveles tolerable semanales temporales de 7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de peso corporal (García, 2012).

Este metal pesado se encuentra disponible naturalmente en la corteza terrestre y su cantidad promedio es 0,16 ppm; en suelos es 0,1 a 0,5 ppm; en las corrientes es 1 $\mu\text{g}/\text{L}$, y en las aguas subterráneas son de 1 a 10 $\mu\text{g}/\text{L}$ (Rice, 2012). En el recurso suelo el Cadmio produce modificaciones fisicoquímicas y biológicas, generando variaciones de equilibrio bioquímico y su capacidad de amortiguación frente a los contaminantes, ocasionando que este recurso sea más vulnerable a futuros impactos ambientales (Crosara, 2012). En suelos agrícolas esta capacidad de amortiguación se ha definido como “*Capacidad de Carga para Metales Pesados*”, con variables dependientes como las propiedades del suelo, el tipo de historia de la contaminación del sitio de estudio, los organismos indicadores del nivel de toxicidad y otros parámetros ambientales (Galán, 2008). Conjuntamente se

encuentra influenciada por las propiedades y condiciones fisicoquímicas del suelo como el pH y potencial redox (Eh), Por el contrario, los componentes orgánicos e inorgánicos del suelo son los que determinan los componentes de retención de metales por adsorción, complejación y precipitación fundamentalmente (Irene, 2006). La gran preocupación radica en que se pueden acumular en el suelo por su estabilidad química y, a su casi nula biodegradabilidad, llegando a acumularse en las plantas y entrando de esta manera a la red trófica (Mancera, 2006).

En Colombia y, principalmente en los departamentos de Casanare, Arauca, Tolima, Huila y Meta, el cultivo de arroz es uno de los eslabones principales en la economía regional, esto se ve reflejado en los reportes anuales generados por la Federación Nacional de Arroceros (FEDEARROZ). Para el departamento del Meta en el año 2017 se registró una producción de 82,756 ha (Arroceros, 2017), esta cifra de producción es significativa para la economía del país, pero las consecuencias ambientales en el suelo y el grano por el uso indiscriminado de agroquímicos, genera afectaciones al ciclo de producción, con un desequilibrio en los suelos, debido a que el Cadmio llega a los suelos agrícolas por medio de fertilizantes fosfatados, fertilizantes nitrogenados, productos fitosanitarios, estiércol y lodos de aguas residuales. Además de esto, la biología del suelo puede verse afectada.

Las consecuencias de los niveles de concentración del Cadmio en el ambiente y en el arroz paddy estudiado en el presente proyecto, no pueden ser evidenciadas a través de medios organolépticos, debido a que sus efectos no son perceptibles sino hasta cuando el nivel de contaminación está en su mayor grado de exposición en el medio. En este sentido, es importante poder identificar en el arroz el nivel de concentración de este metal pesado para que los consumidores no presenten a largo plazo enfermedades como osteomalacia e insuficiencia renal que pueden afectar o alterar su calidad de vida, como se evidenció en Japón donde un cultivo de arroz se vio afectado por contaminación de Cadmio y desencadenó consecuencias en la salud de 238 personas; en el periodo de 1980 a 2000 se registraron 54 casos de intoxicación y efectos económicos por la prohibición del cultivo, hasta tanto no se garantizara la recuperación de la tierra y concentraciones del metal inferiores a 1ppm (Buchet, 1990).

En Colombia los estudios de este tipo son escasos. Existe un reporte de los niveles de Cadmio presente en el arroz en zonas de distribución en los supermercados de Bogotá y en las plazas de mercado de Manizales; en este el promedio del metal fue de 0,33 ppm,

Cadmio En Suelo y Cultivo De Arroz

con una desviación estándar de 0,254 (73.9% dentro del rango promedio $\pm$ desviación estándar). Si bien en este estudio, sólo una de las 17 muestras que se realizaron entró en la banda que supera lo recomendado por el CODEX para el arroz debe ser de 0,4 ppm (Méndez., 2007).

Además es importante mencionar un estudio de potencialidad de contenido de Cadmio en los granos del arroz cultivado en el departamento del Tolima, en donde se seleccionaron 5 fincas y se tomaron 5 muestras, evidenciando que especialmente en los municipios de Saldaña y Purificación se registraron índices de concentración de Cadmio de 0,21mg/kg y 0,16 mg/kg, evidenciando un riesgo alto para la salud de acuerdo a las normas encontradas en el CODEX Alimentarius donde indican que en peso seco de arroz las concentraciones deben estar entre 0,008 y 0,18 mg/kg (Mendez, 2006).

En razón a estas premisas altamente preocupantes por la posibilidad de bioacumulación y biomagnificación del metal, por la incipiente información a nivel país y la falta de legislación y acciones en la Orinoquia, se propone el presente trabajo, con el fin de determinar las concentraciones de Cadmio a nivel de suelo antes de la siembra y en el grano en su cosecha (paddy), para, analizar las posibles afectaciones a los consumidores de este alimento.

Formulación del problema

¿Cuáles son los niveles de concentración de Cadmio en el cultivo de arroz a nivel de suelo antes de la siembra y en el grano en su cosecha, en un área establecida en la vereda Canaguaro, municipio de Granada- Meta?

3. Justificación

Las condiciones edafológicas de los suelos del llano colombiano se caracterizan por (i) la escasa presencia de los principales nutrientes fundamentales para el desarrollo de las plantas, tales como, el Nitrógeno (N), Fósforo (P), y Potasio (K); (ii) la acidez, que dificulta a las plantas absorber los escasos nutrientes disponibles y, por otro (iii) la elevada toxicidad en algunas áreas, principalmente de la altillanura que presenta la existencia de metales como el Aluminio, Mercurio y Cadmio (Domínguez, 2018).

Estas condiciones del suelo se consideran de gran dificultad para el desarrollo de la actividad agrícola en la región y por lo tanto, se contrarrestan con prácticas como la fertilización, el buen manejo del suelo e incluso la implementación de variedades tolerantes a problemas de fertilidad. Algunas de las estrategias utilizadas en torno a la acidez es la aplicación de cal dolomita, carbonato de magnesio, carbonato y otros agroquímicos para el control de acidez.

No solo las condiciones del suelo dificultan el desarrollo de la agricultura sino también los metales pesados como el Cadmio, que existen en niveles de concentración bajos (mg/kg) en la naturaleza, los suelos y las plantas. El Cadmio se presenta bajo diferentes características, ya sea en forma metálica, de vapor o gas, combinado con otros elementos que generan sales inorgánicas o compuestos orgánicos (Yarto, 2004).

Asimismo estos elementos naturales que componen la corteza terrestre y no pueden ser degradados o destruidos; y dependiendo las concentraciones en que se encuentren, pueden causar diversos daños al entorno o al organismo receptor (Galán, 2008). Científicos han estudiado los efectos de los metales pesados como el mercurio, en consecuencia de peligros críticos que representa para la salud humana y medio ambiente, por esto hacen énfasis en técnicas de recuperación de suelos como la biorremediación y fitorremediación (Azevedo, 2012). Estas técnicas de recuperación de suelos afectados por la contaminación de metales pesados como el Cadmio, es poco conocida y aplicada a nivel nacional, por consiguiente partiendo de la necesidad de aplicar nuevas técnicas que favorezcan la remediación de ambientes contaminados surgió la decisión de plantear este proyecto de investigación es con el fin de dar respuesta a la problemática asociada a la falta de

información referente a cultivos de arroz contaminado con Cadmio por el uso de plaguicidas como ingrediente activo (Delgadillo, 2011).

Por consiguiente, es importante mencionar que la contaminación con Cadmio en un cultivo de arroz en la Orinoquia debería ser una gran preocupación en el sector salud y económico, ya que es un renglón importante para la economía de la región que para el año 2017 el consumo *per cápita* fue de 41,34 kg, y la producción anual de arroz paddy seco fue de 2.619.043 de toneladas, de tal manera para el departamento del Meta en el primer semestre del año 2016 el área sembrada de arroz mecanizado fue de 63.312 ha, y para el municipio de Granada el área sembrada fue de 3101 ha en el mismo periodo (Arroceros, 2017).

El presente proyecto surgió de una necesidad en recolección de información para conocer el comportamiento del Cadmio dentro del sistema suelo y arroz paddy. Es de gran utilidad para el sector agrícola por las recomendaciones técnicas y generar medidas de control que se generen para mitigar los impactos generados por el metal. Asimismo, porque ofrece información sobre los posibles causales de la ocurrencia o presencia (uso de plaguicidas o a otro tipo de técnicas agrícolas utilizadas en la actualidad).

4. Objetivos

Analizar las concentraciones de Cadmio en cultivos de arroz (*Oriza sativa*) a nivel del suelo antes de la siembra y en el grano cosechado, en un área establecida en la vereda Canaguaro del municipio de Granada- Meta.

4.1 Objetivos Específicos

- Evaluar las concentraciones de Cadmio en el cultivo de arroz (*Oriza sativa*) a nivel del suelo antes de siembra y en el grano de arroz cosechado.
- Analizar las concentraciones de Cadmio de acuerdo a las condiciones de la calidad del arroz (*Oriza sativa*) para el consumo humano dentro de los estándares de la normatividad Colombiana.
- Proponer recomendaciones técnicas de acuerdo con los resultados obtenidos de la presencia de Cadmio para la implementación de medidas de control, prevención y mitigación en el suelo cultivado y en el grano de Arroz cosechado

5. Alcance

Este proyecto tuvo como alcance la evaluación de los niveles de concentración de Cadmio en cultivos de arroz a nivel de suelo y grano, con base en las propiedades físico-químicas del suelo y del grano.

Tabla 1 Características biofísicas del área de estudio.

Ubicación	Municipio: Granada
	Departamento: Meta
	País: Colombia
	Latitud: 3° 18' y 3° 35' Norte
	Longitud: 73° 30' y 74° 03' Oeste
Límites	Norte: San Martín
	Occidente: El Castillo y Lejanías
	Oriente: San Martín y Fuente de Oro
	Sur: Fuente de Oro y San Juan de Arama
Zonas Climáticas	Per húmedo mega-termal
	Muy húmedo mega termal
	Húmedo mega-termal
Temperatura Promedio	24°C – 25,6°C
Precipitación Media	2400 – 2800 mm por año
Altitud (M.S.N.M)	327 Min – 410 Max

El estudio se centra en dos fincas ubicadas en cercanías del centro poblado de la vereda Canaguaro las cuales por temas de confidencialidad se denominan de ahora en adelante Predio 1 y Predio 2 y en las cuales se desarrolla actividades agrícolas y pecuarias entre las que se destacan principalmente los cultivos de arroz, maíz, y plátano como también pastoreo de bovinos.

Cadmio En Suelo y Cultivo De Arroz

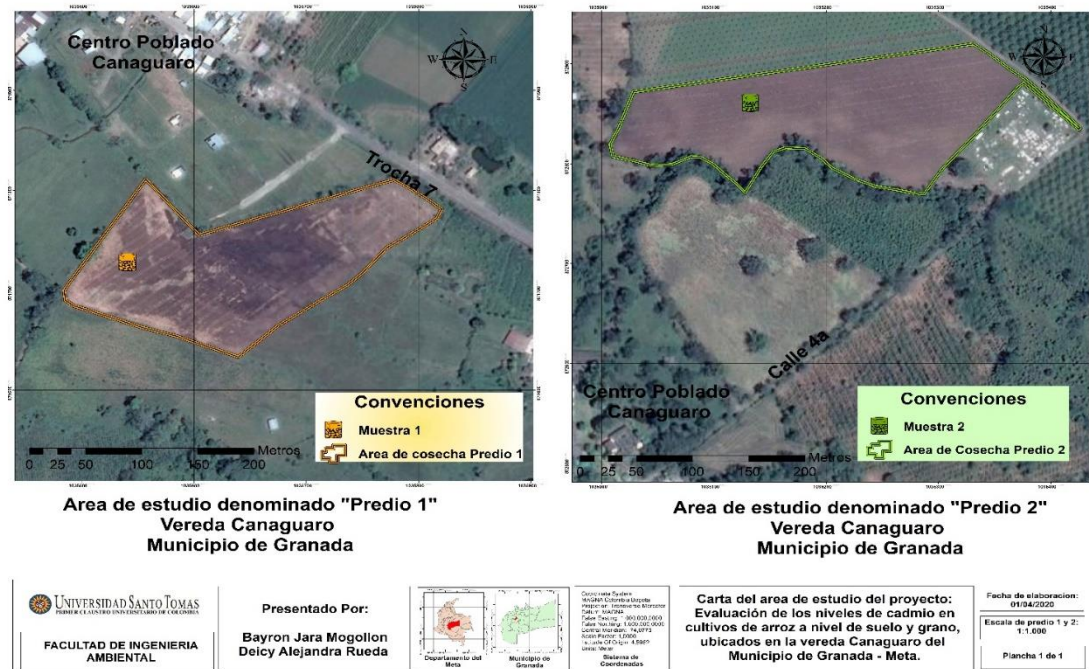


Figura 1. Ubicación Área de estudio predio 1 y predio 2. Elaborado por Jara & Rueda, 2020

6. Antecedentes

La contaminación por Cadmio, ha sido motivo de estudio en diferentes zonas del mundo, de manera especial, en la matriz suelo. Dicha contaminación se manifiesta cuando hay presencia de concentraciones nocivas, que causan degradación y pérdida productiva (Galán, 2008). De acuerdo a esta problemática ambiental los estudios además de generar información del estado del suelo, proponen diversas técnicas de remediación, como la fitoextracción, fitoestabilización, fitoinmovilización, fitovolatilización y fitodegradación (Domínguez, 2018).

En este contexto, es importante mencionar lo establecido por Moreno, en su investigación de los riesgos para la salud humana, en la interacción entre el medio ambiente y la salud, a través del cual concluyeron que el hombre no crea ni destruye elementos químicos como los metales pesados entre ellos el Cadmio, y que son componentes naturales que se encuentran presentes en la corteza terrestre, asimismo se pueden hallar en las rocas, los suelos, en sedimentos, erupciones volcánicas e incluso en el agua. Al contrario, el ser humano ha desempeñado un papel en la contaminación ambiental por metales pesados, esto en consecuencia de introducir en el medio ambiente estos elementos por las diversas actividades humanas por el proceso evolutivo en la industrialización a nivel global y, por otra parte, alterar la forma química o bioquímica en que se encuentran estos elementos. (Moreno, 2003)

Con la fundación de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en el año 1945 se crean programas en torno a temas importantes con relación a la calidad y evaluación del suelo. Sin embargo para el año 1970 en unión y cooperación de diferentes países se crean sistemas para la clasificación y la capacidad del uso y evaluación del suelo, No obstante, el intercambio de información no fue suficiente para la protección del recurso suelo y fue necesaria el ajuste del proceso para realizar mejores estudios y análisis con el fin de obtener acciones favorables con el recurso suelo (Sombroek, 1996).

En relación a estudios específicos de este metal, es indispensable referir a Japón, país con presencia de Cadmio en suelo e intoxicaciones por la ingesta del metal (llamado por esta comunidad como enfermedad itaí-itaí) (Madeddu, 2005). El primer caso registrado y

documentado de intoxicación masiva por Cadmio de la historia, sucedió en 1912 en la cuenca del río Jinzu, en consecuencia por la liberación de Cadmio a los ríos por parte de las compañías mineras; esta actividad se registró en un periodo de 35 años iniciando en el año 1910 y terminando en el año 1945, como consecuencia de la guerra ruso-japonesa se generó una sobre producción de las minas, aumentando la contaminación del río y sus afluentes, que se utilizaban para el riego en los campos de cultivo de arroz y para el suministro de agua potable. Asimismo, provocó la muerte de peces debido a los niveles de concentración de Cadmio en el río y vidas humanas por el consumo del arroz (que tiene la capacidad de absorber metales pesados como el Cadmio) (Buchet, 1990). Como medidas de compensación de estas afectaciones ambientales y en la salud humana la empresa minera pago los tratamientos médicos e indemnizaciones a las personas afectadas, en cuanto al cuerpo hídrico financió la vigilancia de la calidad del agua y para el año 2012 sustituyeron 863 hectáreas de tierra vegetal (Buchet, 1990).

A nivel Nacional los estudios realizados frente a la contaminación por metales pesados (Cadmio) en el suelo, giran en torno al uso de fertilizantes fosfatados y al asocio de aguas contaminadas con este metal, que se usan para riego en los cultivos agrícolas. En el estudio de Análisis de metales pesados en zonas agrícolas de Colombia (Pulido, 2017), se evidenciaron los departamentos con presencia de Cadmio. Cabe mencionar que uno de los departamentos con mayor información es Cundinamarca, que cuenta con las dos vías antropogénicas de generación de metales pesados, las cuales son: fertilizantes fosfatados y uso de afluentes de agua contaminados por metales pesados -en especial el Cadmio-, para riego.

Por el contrario, los departamentos de Antioquia, Meta y Valle del Cauca, registran menores casos de estudio y son asociados al uso de fertilizantes fosfatados. En el país no existe una regulación normativa de los metales pesados en los zonas agrícolas, siendo esto indispensable para la generación de estándares en los que se establezcan los índices de contaminación con valores normales y valores excesivos, para suelos agrícolas (Pulido, 2017).

Por otro lado se evidenció un estudio de potencialidad de contenido de Cadmio en los granos del arroz cultivado en Colombia, en este se muestra como los mayores productores de arroz a los departamentos del Meta aportando anualmente 585,156 T (21,04%) y Tolima con 859,870 T producción anual (30,81%): En este último, los municipios de

Saldaña y Purificación registraron índices de concentración de Cadmio de 0,21 mg/kg y 0,16 mg/kg, evidenciando un riesgo alto para la salud de acuerdo a las normas encontradas en el CODEX Alimentarius, que expresa que las concentraciones deben estar entre 0,008 y 0,18 mg/kg (Mendez, 2006), siendo estos resultados preocupantes para los consumidores porque las concentraciones superan los límites permitidos y puede ser un factor importante para la afectación y degradación de la salud humana.

Otros cultivos a nivel nacional han sido objeto de estudio desde las afectaciones por Cadmio, tal es el caso de los Suelos Cacaoteros, En este caso se tomaron muestras a profundidades de 40 centímetros, y a través de absorción atómica se determinaron valores de Cadmio total de 5,13 ppm e intercambiable de 4,19 ppm, con afectaciones a la fertilidad del suelo (Sombroek, 1996).

En este mismo foco de investigaciones, en suelos agrícolas del valle medio y bajo del río Sinú en el departamento de Córdoba, se han detectado niveles de contaminación por metales pesados, como el Cadmio; a causa del uso excesivo de agroquímicos en los cultivos; en consecuencia, de esta problemática se toma como punto de partida para investigaciones acerca de los niveles de concentración de los metales pesados y determinar qué tan elevados son o si cumplen los límites máximos permisibles. La determinación específicamente de los niveles de Cadmio se hizo mediante la técnica de horno de grafito; con resultados en rangos bajos, que oscilan entre 0,008 – 0,077 µg/g, y que a pesar de estar en bajas concentraciones, estas pueden variar factores aportantes como los plaguicidas, fertilizantes, o por la proximidad de fuentes específicas como la minería de oro que se realiza en algunas cuencas del departamento, como en la del río San Jorge (Roqueme, 2016).

Finalmente, las investigaciones referentes a contaminación de suelos con Cadmio se enfocan en aquellas zonas que implementan tecnologías para obtener ventajas en los sistemas agrícolas mediante el uso de plaguicidas, fertilizantes y pesticidas, ya que son fuentes potencialmente productoras de metales pesados. Una de las desventajas en cuanto a la realización de este trabajo es la poca información existente respecto a contaminación en el arroz.

7. Marco Referencial

7.1 Suelo y Contaminación:

El suelo es un recurso que no es recuperable en el transcurso de la vida del hombre. Los suelos afectan variables importantes para la vida como los alimentos, el agua, el aire, la salud y los ecosistemas del planeta. Asimismo, si tenemos suelos contaminados no podríamos producir nuestros alimentos. De hecho, se calcula que el 95% de nuestros alimentos se producen directa o indirectamente en los suelos (Organizacion de las Naciones Unidas, 2018).

Los suelos de calidad son la clave para garantizar la seguridad alimentaria, ya que estos aparte de mantener la producción de alimentos ofrecen servicios como la filtración de agua, sirven de base para los ecosistemas entre otros factores positivos en el ecosistema (Organizacion de las Naciones Unidas, 2018).

Un suelo contaminado produce una reacción en cadena que altera un sin número de factores fundamentales para el sostenimiento y desarrollo de la vida en el planeta como, por ejemplo: afecta la fauna edáfica necesaria para mantener la calidad del suelo, por otra parte, contamina el agua que por él se filtra, uno de los contaminantes más comunes del suelo son los metales pesados, los agroquímicos y los hidrocarburos (Organizacion de las Naciones Unidas, 2018).

7.1.1 Presencia de Cadmio en el suelo.

El Cadmio es un elemento químico que se encuentra en la tabla periódica y hace parte del Grupo II-B con número atómico 48, está ubicado entre el Zn y el Hg, por lo tanto, presenta tipologías similares a éstos elementos químicos. Su constitución electrónica terminal es $4d^{10} 5s^2$, y su ion monoatómico más estable es el Cd^{2+} .

La liberación de Cadmio en concentraciones elevadas se genera con gran significancia en actividades antrópicas en las que se utilizan tintes, baterías y fertilizantes químicos fosfatados, por lo contrario, tiene menor índice de liberación en procesos naturales y su fuente de contaminación es insignificante si se compara con la que proviene de manera antrópica. El Cadmio se acumula superficialmente en los suelos, pero estos emigran hasta la capa freática. Su existencia de vida puede oscilar de 15 a 1.100 años lo que supone que

a largo plazo ocasionaría problemas de gran magnitud. Si el pH es bajo las plantas asimilarán el Cadmio (Sánchez, 2018).

7.1.2 El cadmio en arroz y su repercusión en la salud humana.

El ser humano puede absorber entre 3-8% de concentraciones de Cadmio a través de los alimentos, pero si se ingieren en grandes cantidades puede generar afectaciones a la salud porque este metal se distribuye por todo el organismo acumulándose principalmente en el hígado, riñón y páncreas, y se manifiesta en trastornos gastrointestinales provocando náuseas y vómito entre otros (Sánchez, 2018).

En 1912 en una región de Japón se originó una excesiva liberación de Cadmio en el río Jinzu por parte de las empresas mineras presentes en el área, lo que generó una intoxicación por Cadmio en los habitantes de la zona quienes utilizaban el agua del río para el regadío de cultivos de arroz, los principales síntomas asociados a la intoxicación por este metal pesado son la insuficiencia renal, anemia, la osteomalacia y dolor espinal siendo más susceptibles las mujeres postmenopáusicas y mujeres embarazadas (Barrio, 2017).

Finalmente y sin menor importancia, es que a la fecha las investigaciones realizadas con un enfoque a contaminación de cultivos por metales pesados-Cadmio son limitadas, como es el caso de Colombia; más precisamente en la región Orinoquia, y por tanto, es necesario que se amplíen los estudios con esta temática para estructurar información útil y necesaria abordando esta problemática socio-ambiental desde otros aspectos, otras metodologías, asimismo realizar monitoreo y controles en periodos a corto, mediano y largo plazo (Domínguez, 2018).

Debido a la generación de afectaciones críticas para la salud humana y los impactos negativos en el medio ambiente que se generan con respecto a la presencia de metales pesados en especial el Cadmio; científicos han estudiado sus efectos nocivos, haciendo énfasis en técnicas de recuperación de suelos como la biorremediación y fitorremediación (Galán, 2008).

En vista de esta problemática ambiental y de la salud humana se generó una gran variedad de técnicas o modelos mediante los cuales se estudia y analiza la toxicidad de los metales en el suelo; uno de estos modelos es el uso de plantas como bioindicadoras de la contaminación por ciertos metales en el suelo, dependiendo la especie y las propiedades

de translocación o secuestro de metal que estas tengan, haciendo de estos, unos rasgos únicos que las convierten en individuos de estudio para bioensayos (Galán, 2008).

Con el fin de aportar información y fuentes explicativas de presencia de Cadmio en cultivos de arroz en el suelo y en el grano obtenido, partiendo que unas de las problemáticas es la poca información obtenida en medios electrónicos sobre el Cadmio en cultivos de arroz, por estos fundamentos concluimos orientar nuestra propuesta investigativa para así aportar información a futuras investigaciones de este metal pesado con el fin de que se generen alternativas y planes de contingencia en pro del recurso suelo y que este no sea afectado en grandes extensiones por este metal.

Esto se realizó porque el metal pesado en altas concentraciones puede generar un desequilibrio en el cultivo con respecto a la productividad y provocar afectaciones en varios órganos vitales del ser humano.

Por una parte si el pH disminuye y se realizan reacciones en los cuales se produzcan productos ácidos en el suelo, estas variables beneficiarán para la presencia del Cadmio en suelos, este proceso puede generarse asimismo con la aplicación de fertilizantes fosfatados, es importante realizar en las etapas iniciales la incorporación de materia orgánica en los suelos para mineralización de los metales o en otros casos realizar prácticas de manejo (Marcano., 2011).

7.2 Marco Conceptual

7.2.1 El Recurso Suelo y Su Contaminación.

El suelo es un recurso importante, por eso es primordial su preservación, si este recurso es degradado o se generan pérdidas significativas, estas acciones no son reversibles. Este recurso es importante para el desarrollo agrícola y para una sostenibilidad ecológica, es parte fundamental para la producción de alimentos, combustibles, fibras y para servicios eco sistémicos esenciales (Sombroek, 1996).

La contaminación de este recurso es un tema actualmente muy grave, debatible por las autoridades ambientales y por las comunidades, a raíz de esto la caracterización, evaluación y remediación de los recursos es uno de los principales retos ambientales por afrontar en los próximos años (Galán, 2008). Una de las consecuencias más evidentes

en la actualidad frente a este recurso es la contaminación por inclusión de metales pesados por las diferentes actividades antrópicas que se realizan en el recurso suelo.

7.2.2 Técnica ICP-OES.

Esta técnica de plasma de acoplamiento inductivo (ICP) es una fuente de ionización que sumada a un espectrofotómetro de emisión óptico (OES) compone el equipo de ICP-OES (Laboratorio de Técnicas Instrumentales UVa, 2020).

En este proceso, la muestra líquida debe ser introducida de manera continua en un sistema de nebulización con apariencia de aerosol que es transportado por el Argon a una antorcha del plasma, se acopla inductivamente por radio frecuencia. En el plasma los analitos son atomizados e ionizados por las altas temperaturas que se generan, se producen los espectros de emisión atómicos con líneas particulares. Posteriormente los espectros se dispersan por medio de la red de difracción, el detector mide las intensidades de las líneas por su sensibilidad a la luz. Esta información obtenida se procesa por el Sistema informático. (Laboratorio de Técnicas Instrumentales UVa, 2020). Las características del equipo de esta técnica son: Muestreador automático en forma líquida, Plasma Multiview en axial y radial, Sistema óptico ORCA: captura simultánea del espectro en el rango de longitud de onda de 130-777 nm y Generador LDMOS: Hasta 2000 W de potencia (Universidad de Burgos, 2020).

El equipo utilizado para esta técnica es el Espectrofotómetro de emisión atómica ICP-OES Radial Simultáneo Varían 725-ES. (Laboratorio de Técnicas Instrumentales UVa, 2020) (Universidad de Burgos, 2020)

7.2.3 Biodisponibilidad De Metales Pesados En Las Plantas.

El nivel de contaminación del suelo debe ser estimado teniendo en cuenta la biodisponibilidad o la asimilación por los organismos del suelo según su contaminante, la cual se determina por la competencia entre el sistema radicular de la planta, la solución del suelo y la fase sólida del suelo (Irene, 2006). Esta biodisponibilidad se puede ver reflejada en las especies vegetales en su comportamiento, es decir en su crecimiento, desarrollo reproductivo, sistema radicular, en su follaje o en sus tallos.

Cultivo de arroz: Los sistemas predominantes que se producen en la trocha cuatro (arroz y plátano), el tipo de arroz que se produce es “*Oryza sativa*” frecuentemente sembrado, es nombrado F68. Este es “garantizado por la Federación Nacional de Arroceros (Fedearroz), es necesario un tiempo de demanda intermedio de 120 días para su crecimiento” (Roqueme, 2016).

Suelo: El suelo es la capa delgada que cubre la mayor parte de la superficie terrestre. Consta de una porción sólida constituida por materiales orgánicos resultantes de la descomposición de seres vivos y de materiales inorgánicos formados de los residuos de rocas; una parte líquida que consiste de agua actuando como solución nutritiva y una parte gaseosa compuesta por el aire que entra de la atmósfera siendo vital para sus funciones metabólicas. (Castro, 1998)

También posee unas características físicas que son fundamentales en el como: la porosidad que es la encargada de circular el agua para su metabolismo; la permeabilidad que facilita la entrada de oxígeno para su respiración y el drenaje del suelo que es el encargado del crecimiento microbiano en el suelo evitando su saturación. De igual manera unas características químicas como: la capacidad de intercambio catiónico que es la disposición del suelo para retener e intercambiar cationes provenientes de sus nutrientes y la capacidad de intercambio aniónico que es la competencia para la retención de aniones en el suelo (Castro, 1998).

Fenología cultivo de arroz: para el ciclo de desarrollo de un cultivo de arroz es importante y necesario la fase vegetativa, reproductiva y madurez, el tiempo recomendado para que se dé, puede darse de 120 a 140 días a partir de la germinación hasta la cosecha del grano paddy, dependiendo de las variedades del ciclo que pueden llegar a ser a corto, mediano o largo, posiblemente con tendencia a prolongarse unos días más según las condiciones climáticas y alcanzar hasta 5 meses. (Sofia, 2006)

Contaminación: cualquier elemento extraño en un medio proporcionado. Se entiende como la presencia de sustancias contaminantes en situaciones de durabilidad, concentraciones, o la intensidad con la que afecte la vida o la salud pública. Es la transformación directa o indirecta de las propiedades biológicas o físicas, del medio ambiente, que puede ocasionar efectos nocivos en la salud o de cualquier especie viva. (Arroceros, 2017).

Los metales pesados se encuentran entre las sustancias tóxicas más antiguas que se conocen, los efectos nocivos de ciertos elementos como el plomo y arsénico han sido documentados desde hace muchos años, a diferencia de otros metales como al Cadmio y talio cuyos efectos han sido recién reconocidos (Nava, 2011).

El Cadmio: es un metal pesado calificado como tóxico. Se encuentra considerablemente en diversas formas en la naturaleza y es asociado a diferentes minerales. Asimismo, el ser humano ha realizado diversas actividades que favorecen la dispersión de los metales pesados, como ejemplo las actividad minero-metalúrgica y de otros metales, además, el descubrimiento del uso importante del Cadmio en el ámbito industrial. La problemática del Cadmio se estima, en los niveles de toxicidad, en el tiempo de durabilidad y en la capacidad para acumularse en el organismo de los seres vivos (Barrón, 2016).

Cuando el toxico entra en contacto con el tejido vegetal o con la semilla, este desarrolla una biodisponibilidad, siendo esta la fracción de una dosis toxica de un compuesto, elemento o sustancia administrada, que entra en la circulación sistémica de un organismo (Vegetal o Animal) (Silbergerd, 1998).

Una vez se presenta la contaminación edafológica, la consecuencia de su impacto puede causar la degradación y pérdida de productividad, repercutiendo negativamente en el comportamiento del mismo. Por esto existen diversas técnicas mediante las cuales se busca recuperar o remediar este suelo contaminado; una de estas herramientas es la fitorremediación; proceso en el cual se utilizan las plantas para remover y/o destruir contaminantes (orgánicos e inorgánicos) en el suelo, lodos y sedimentos, y puede aplicarse tanto in-situ como ex-situ (López, 2014).

Indicadores químicos: los indicadores contienen propiedades que llegan a alterar las relaciones suelo-planta, calidad del agua, la capacidad del suelo y la disponibilidad de nutrientes en las plantas y la capacidad de absorción de agua, los microorganismos; así mismo, se registra la importancia de los indicadores de pH, potasio, nitrógeno y fosforo, por consecuencia a que estos reflejan los estándares de fertilidad en el suelo y son componentes importantes en términos de producción en los cultivos (Dalurzo, 2001).

Indicadores físicos: se relacionan con propiedades que reflejan el proceso mediante el cual el suelo retiene y proporciona agua a las plantas; esto puede asociarse, a que se tienen modelos de una pobre calidad física del suelo cuando este presenta deficiencias en la

infiltración del agua y se pierden partículas importantes por escorrentía, asimismo se genera colmatación en los poros del suelo y una aireación deficiente (Dexter, 2004).

7.3 Marco Legal

La normatividad aplicada al presente proyecto se fundamenta en torno a la problemática ambiental y se genera un marco legal con normas nacionales e internacionales que se comprende por resoluciones, decretos, ordenanzas y leyes pertenecientes a usos del suelo al uso de plaguicidas, pesticidas y fungicidas, límites máximos permisibles de Cadmio en suelos (Ver Tabla 1).

Tabla 2. Normatividad legal vigente

<i>Norma</i>	<i>Descripción</i>
Constitución política de Colombia	En el capítulo III que trata de los derechos colectivos y del ambiente, en el artículo 79 y 80 es deber del estado proteger la diversidad e integridad del medio ambiente, conservar las áreas importancia ecológica y fomentar la educación para tal fin.
Ley 99 de 1993	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y crea las corporaciones autónomas regionales CAR'S y se dictan otras disposiciones. Art. 17. Se crea el Instituto IDEAM, el cual tendrá el deber de recopilar, analizar, estudiar y divulgar información hidrológica, geográfica, geomorfológica, coberturas vegetales para el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales de la nación.
Ley 822 de 2003	En su Art.2. Dispone que el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), será la autoridad nacional encargada de organizar y asegurar la ejecución y el desarrollo de procedimientos de registro y control para el sector de agroquímicos de uso agrícola.
Decreto 2811 de 1974	Por el cual se reglamentan los artículos 178, 179 ,181, 182, 183 y 184 de la Ley 2811 de 1974 sobre los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Art 178. El suelo del territorio nacional deberá usarse de acuerdo con sus condiciones y factores constitutivos. Art 179. El aprovechamiento del suelo deberá ser efectuado de tal manera que sostenga su integridad física y mantenga su capacidad de producción, evitar que sea degradado, lograr su restauración y asegurar su protección. Art.181. Velar por la conservación de los suelos con el fin de prevenir y controlar su erosión, degradación, salinización o revenimiento.

Continuación Tabla 2.

Norma	Descripción
	Art. 182. Los suelos degradados o explotados serán intervenidos para su recuperación. Art.183. Los proyectos para adecuar o restaurar suelos deberán estar fundamentados en estudios técnicos con el fin de inducir que no haya deterioro para los ecosistemas. Art.184. Para actividades de naturaleza industrial se desarrollaran estudios ecológicos y serán adelantados según la normatividad para la protección y conservación de suelos.
Decreto 1843 de 1991	Por el cual se reglamentan los artículos 4, 13 y 14 del Decreto 1843 de 1991. Sobre el uso y manejo de plaguicidas. Art. 4. Entidades de naturaleza pública y privada deberán aplicar un uso racional, un manejo adecuado y disposición final de plaguicidas con el objetivo de garantizar la salud de las comunidades y la protección de los recursos naturales renovables, agrícolas y pecuarios. Art. 13. Clasificación toxicológica y del permiso de uso de plaguicidas en el territorio nacional Art. 14. Clasificación toxicológica de los plaguicidas extremadamente tóxicos, altamente tóxicos, medianamente tóxicos, ligeramente tóxicos.
Decreto 1443 de 2004	Por el cual se reglamentan 1, 14 y 17 del Decreto 1443 de 2004. Relacionados con la prevención y control de la contaminación del medio ambiente por el uso de plaguicidas y desechos o residuos clasificados como peligrosos que provienen de los mismos. Art.1. Medidas ambientales para el manejo de los plaguicidas, y para la prevención y el manejo seguro de los desechos o residuos peligrosos provenientes de los mismos. Art.17. Las autoridades ambientales deberán controlar y vigilar el uso de plaguicidas y de los residuos o desechos que provengan de estos.
Resolución 150 de 2003	Por el cual se reglamentan el artículo 2 de la Resolución 150 de 2003. Adopta el reglamento técnico para Fertilizantes y Acondicionadores de Suelos.
Resolución 0170 de 2009	Por el cual se reglamenta el artículo 180 de la Resolución 0170 de 2009 Se declara en Colombia el año 2009 como año de los suelos y el 17 de junio como Día Nacional de los Suelos y se dictan medidas para la conservación y protección de los suelos en el territorio nacional. Art.180. Se adoptan medidas para la conservación y Protección de los suelos en el territorio nacional. Donde las personas que realicen actividades de explotación agrícola, pecuarias, forestal o de infraestructura, que afecten el suelo están en la obligación de tomar medidas que garanticen su conservación y restauración.

Nota: Normatividad legal vigente Contaminación de metales pesados en el suelo y grano (arroz) , con base en información plasmada por la normatividad presentada. Organización jerárquica según la pirámide de Kelsen. Por Jara y Rueda, 2020.

8. Metodología

En coherencia con los objetivos planteados la metodología desarrollada es de tipo no experimental ya que se registran acontecimientos sin manipulación de las unidades de respuesta. La hipótesis de la investigación es: *“las concentraciones de Cadmio presentes en el suelo de cultivo durante la pre siembra, y en el arroz paddy cosechado, sobrepasan los niveles permisibles establecidos por la normatividad Colombiana e internacional”*

Las unidades de respuesta corresponden a las muestras de suelo y arroz paddy obtenidos en los Predio 1 y Predio 2, que representan las características físico-químicas del suelo en la vereda Canaguaro, así como las concentraciones del metal de estudio (Cadmio) en las dos unidades.

En la figura 2 se observa el diagrama metodológico implementado, el cual se constituye por tres (3) fases que abordan acciones atinentes al cumplimiento del objeto del proyecto.

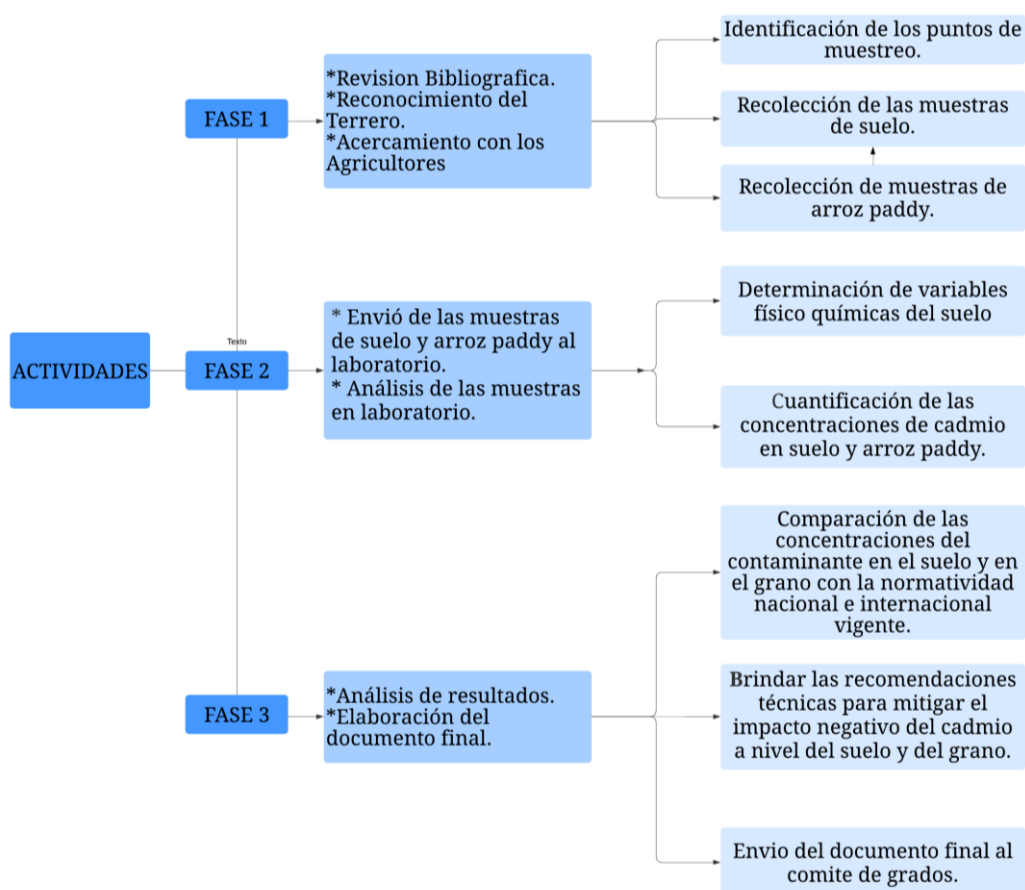


Figura 2. Diagrama Metodológico. Elaborado por Jara & Rueda, 2020

8.1 Fases Metodológicas.

8.1.1 Fase 1. Revisión bibliográfica, reconocimiento del terreno y acercamiento con los agricultores de la región.

A través de la revisión de información secundaria, tal como artículos científicos e informes técnicos, se identificaron registros de presencia de metales pesados en Granada Meta, pero los valores de referencia no superan los límites de cuantificación. Asimismo, se pudo identificar las características del suelo, climatológicas y productivas del área de estudio (municipio de Granada, Meta y la vereda Canaguaro).

Una vez se identificó la zona de estudio, se realiza el acercamiento con los agricultores para darles a conocer los objetivos del proyecto y se establecieron las áreas de muestreo en dos predios (fincas) de la vereda Canaguaro, que se relacionan en la Tabla 3, En cada uno de los predios se analizaron condiciones en pre-siembra, pos-cosecha y sobre el arroz paddy.

Tabla 3. Estaciones de muestreo Vereda Canaguaro-Granada

Est.	Descripción	Coordenadas
1	Pedio 1	3°26'10.12 N 73°45'27.70" O
2	Pedio 2	3°26'46.85" N 73°45'40.94"O

Nota: puntos de muestreo: Elaborado por Jara & Rueda, 2020.

Así mismo, se realizó el reconocimiento en campo de las actividades desarrolladas en los predios ubicados en cercanía al cultivo de arroz, tales como sistemas de riego, residuos sólidos de uso agrícola.

8.1.1.1 Recolección de Muestras del suelo

La toma de muestras de suelo para la determinación de las variables físico químicas y de concentración Cadmio se hizo teniendo en cuenta los lineamientos de la guía de muestreo de suelos del IDEAM (Instituto de Hidrología, 2019). En cada uno de los muestreos se tomaron las submuestras de suelo a una profundidad entre 0 y 40 cm, haciendo uso de un palín, estas submuestras se mezclaron en un balde metálico limpio y seco, luego se tomó la muestra total de suelo (1 kg), se empacó en una bolsa plástica resellable, se rotuló y posteriormente, se envió al laboratorio donde se le realizó el análisis.

8.1.2.1 Tamaño y toma de la muestra

Se tomaron submuestras de suelo cada 100 metros y se completaron 1000 metros lineales, cada submuestra obtenida de 100 gramos de suelo, se tomó y se completó una muestra total y homogénea de 1 kg de suelo, este procedimiento se repitió en cada una de las áreas cultivadas de las fincas que se escogieron para la realización de este estudio y para la recolección de la muestra de suelo a la cual se le realizó el análisis físico-químico y de concentraciones de cadmio.

Tabla 4. Muestras de suelo por predio

Predio	Muestra	Tipo	Cantidad
Predio 1	M 1	Pre-siembra	1 kg
	M 2	Post-cosecha	1 kg
	M 3	Análisis Suelo Convencional	1 kg
Predio 2	M 4	Pre-siembra	1 kg
	M 5	Post-cosecha	1 kg
	M 6	Análisis Suelo Convencional	1 kg

Nota: Muestras de suelo por predio. Elaborado por Jara & Rueda, 2020.

8.1.1.2 Recolección Muestras de Arroz Paddy

Para las muestras de arroz paddy y según el lineamiento del laboratorio acreditado por el ICA, el volumen debe ser de 1 kg. Las muestras de arroz fueron tomadas de la tolva de almacenamiento de la combinada (máquina utilizada para el corte y recolección del arroz, a través de recorridos lineales sobre los predios). Se tomaron de este contenedor porque las cosechas que se dan en los Predios de estudio (1 y 2) son a granel. Las muestras se tomaron y se empacaron en bolsas de papel, debidamente rotuladas (Fecha, Remitente, Responsable, Departamento, Municipio, Tipo de análisis a realizar, Finca y Observaciones) y se enviaron al laboratorio para análisis mediante la técnica ICP-OES.

Tabla 5. Muestras de Arroz paddy por predio.

Predio 1	Cantidad	Predio 2	Cantidad
Muestra 1	1 kg	Muestra 2	1 kg

Nota: Muestras de Arroz paddy por predio. Elaborado por Jara & Rueda, 2020.

8.1.2 Fase 2 Envío de las muestras al laboratorio y análisis de las muestras en el laboratorio.

8.1.2.2 Variables del suelo con presencia de Cadmio

La medición de las variables del suelo con relación la presencia de los metales pesados en este caso el Cadmio se realizó Ex situ; por tanto, las muestras de suelo fueron debidamente empacadas en bolsas resellables, rotuladas (Fecha, Remitente, Responsable, Departamento, Municipio, Tipo de análisis a realizar, Finca y Observaciones) con formatos suministrados vía correo electrónico por el laboratorio y posteriormente enviadas al mismo.

Tabla 6. Clasificación de las variables del suelo y del metal pesado Cadmio.

Variables del suelo				Contaminante
Ph	Materia Orgánica	CICE	Textura	Cadmio
Unidades de pH	%	meq/100g	Adimensional	µg/kg

Nota: Variables del suelo y metal. Elaborado por Jara & Rueda, 2020.

Los análisis fueron desarrollados en el laboratorio Agrilab (Servicios Ambientales y Agrícolas), certificado y reconocido por el ICA (Instituto Colombiano Agropecuario) como laboratorio de control de calidad de fertilizantes y acondicionadores de suelos de uso agrícola, según la resolución ICA 00127 del 2014. En el caso particular de la determinación de Cadmio tanto para suelo como para el arroz paddy, el laboratorio utilizó la técnica ICP-OES (El plasma de acoplamiento inductivo (ICP) con una fuente de ionización de un espectrofotómetro de emisión óptico (OES). técnica elegida gracias a las múltiples ventajas que posee como la determinación simultánea de una gran variedad de elementos, como también el de tener un rango de detección amplio el cual se encuentra entre 0,1 -100 µg/L).

Para la determinación de las variables Fisicoquímicas del suelo tenidas en cuenta en este estudio se utilizaron las técnicas que se relacionan en la siguiente tabla.

Tabla 7. Técnicas utilizadas para la determinación de variables físico-químicas.

Variable	Extractante /Técnica/Referencia
pH	Pasta de saturación / conductímetro /USDA Salinity Laboratory
C.I.C.E (Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva)	Calculo
Materia Orgánica	Calculo
Textura	Análisis directo / Metodo Bouyoucos
Sodio Intercambiable (Na)	Sin. Acetato de Amonio / EAA / NTC 5349
Fosforo (P)	Sin. Bray II / Colorimetrico /NTC 5350
Zinc (Zn)	Sin. Acida Mehlich / EAA / NTC 5526
Magnesio Intercambiable (Mg)	Sin. Acetato de Amonio / EAA / NTC 5349
Cobre (Cu)	Sin. Acida Mehlich / EAA / NTC 5526
Hierro (Fe)	Sin. Acida Mehlich / EAA / NTC 5526
Potasio Intercambiable (K)	Sin. Acetato de Amonio / EAA / NTC 5349
Manganeso (Mn)	Sin. Acida Mehlich / EAA / NTC 5526

Nota: Técnicas utilizadas para la determinación de variables físico-químicas. Elaborado por Jara & Rueda, 2020.

Tabla 8. Contaminante del Arroz Paddy

Contaminante
Cadmio
µg/kg

Nota: Contaminante del Arroz paddy. Elaborado por Jara & Rueda, 2020.

Al igual que en el caso del suelo, las muestras del arroz paddy tomadas en los predios de estudio fueron empacadas, rotuladas y posteriormente remitidas al laboratorio Agrilab (Servicios Ambientales y Agrícolas), para la determinación del Cadmio mediante la técnica ICP-OES.

8.1.3 Fase 3. Análisis de los Resultados y elaboración del documento final.

8.1.3.1 Análisis de Resultados.

Los análisis se hicieron teniendo en cuenta los resultados de laboratorio, comparando la relación entre las variables físico químicas (pH, contenido de materia orgánica, CICE y

textura) de los suelos en estudio, con las concentraciones de Cadmio tanto en la matriz ambiental como en el arroz.

Se realizó una comparación simple directa de los niveles de concentración en las muestras con las concentraciones máximas recomendadas por la normatividad relacionada y con las dosis seleccionadas de estudios toxicológicos del metal pesado.

Finalmente, la información de los predios permitió el planteamiento de recomendaciones técnicas desde la perspectiva de la ingeniería ambiental para mitigar el impacto negativo del Cadmio en el suelo y en el arroz paddy.

Cabe resaltar que la problemática será posteriormente socializada con la industria molinera, para que tengan en cuenta dentro de sus procesos agroindustriales la remoción del Cadmio de los insumos, así como, el tratamiento de los suelos para la disminución de este material en la matriz ambiental.

9. Resultados

9.1 Resultados edafológicos de la muestra en los 2 predios.

9.1.1 Resultados edafológicos de la muestra en los 2 predios.

A partir de un análisis de suelo convencional se lograron determinar los valores de las siguientes variables: Textura, pH, % de materia orgánica y CICE del suelo en los dos predios en estudio.

Tabla 9. Variables fisicoquímicas del suelo.

Parámetros	Predio 1	Predio 2	Unidad
Ph	5,63	4,87	pH Units
Materia Orgánica	2,28	1,00	%
CICE	3,59	3,70	Meq/100g
Textura	Franco Arcillo Arenoso	Franco Arcillo Arenoso	Adimensional

Nota. Resultados fisicoquímicos obtenidos del laboratorio AGRILAB para ambos predios. Por Jara & Rueda, 2020.

Como se observa en la Tabla 9 el rango del pH de los suelos en estudio oscilan entre 4,87 – 5.63, con un promedio de 5,25 comprendiendo que son suelos ácidos, niveles muy similares a los obtenidos por (Pulido., 2015), en suelos agrícolas en el municipio de Fuente de Oro- Meta donde la media fue de 4,6 estas condiciones de acidez de los suelos de uso agrícola de la región del Ariari son propicios para que elementos como el Cadmio se solubilicen y puedan ser absorbidos por las plantas y acumulados en sus tejidos; ya que en todos los suelos la dinámica del Cadmio está fuertemente correlacionada por el pH, pues el Cadmio aumenta su disponibilidad en condiciones ácidas (McBride, 1994).

Otra variable importante por examinar es el contenido de materia orgánica (M.O), cuyos niveles se encuentran en un rango entre 1,00 – 2,28 %, lo que significa que son relativamente bajos. Por ende, la concentración de materia orgánica influye directamente en el contenido de Cadmio, ya que cuanto más elevada es la concentración de materia

orgánica, mayor es la fijación del Cadmio en el suelo, lo que significa que al fijarse el Cadmio en el suelo se reduce su movilidad, traduciéndose esto en una menor biodisponibilidad del Cadmio impidiendo así que este sea absorbido por las plantas.

Con respecto a la variable de Capacidad de Intercambio Catiónico Efectivo (CICE), se encuentra en un rango entre 3,59 – 3,7 y un promedio de 3,6 lo que significa que tiene niveles muy bajos, para esta variable si existe una diferencia significativa con respecto a los niveles hallados por, en el cual el promedio de la CICE fue de 16,3 meq /100g lo que le da una categoría de moderadamente bajo, característica que sin duda tiene una estrecha relación con la movilización de metales pesados en el suelo como el Cadmio. (Pulido., 2015)

Por otro lado, esta variable también se puede relacionar con la materia orgánica y la textura del suelo, ya que la capacidad que tiene la matriz para retener y liberar iones positivos, es debido a su contenido en arcillas y materia orgánica. Las arcillas y la M.O. poseen cargas eléctricas predominantemente negativas, por lo que suelos con mayores concentraciones de arcillas exhiben capacidades de intercambio catiónico mayores y también, a mayor contenido de materia orgánica en un suelo aumenta su Capacidad de Intercambio Catiónico Efectivo.

Retomando con el pH, también, tiene relación con el CICE, ya que la carga de algunos de los componentes del suelo que contribuyen a la CICE se ve afectada por el pH del suelo. Estos componentes tienen grupos funcionales OH^- en sus superficies. El grupo OH^- puede liberar o absorber protones. Los grupos de OH^- están presentes en las superficies de arcilla caolinita, hidróxidos (principalmente Al e hidróxidos de Fe) y materia orgánica. Es decir, todos estos elementos tienen influencia en las concentraciones de Cadmio y se correlacionan entre sí (FAO, 2020).

Sin duda las características físico químicas de los suelos en estudio, propician el escenario perfecto para que las plantas absorban el Cadmio presente y lo acumulen en sus tejidos. La composición de la materia orgánica y la fase mineral del suelo, al igual que el pH, tienen efectos significativos en la absorción de Cd por parte de las plantas.

Por otro lado, estos niveles de pH y M.O. son característicos para suelos de tipo oxisol muy presentes en la región del Ariari en el departamento del Meta, como lo corrobora el

estudio realizado por pulido en el año 2015 quien encontró un promedio de materia orgánica de 2,7 % nivel relativamente bajo. (Pulido., 2015)

Otro factor determinante en la absorción del Cadmio es la textura. Este suelo en particular al ser franco arenoso (en los dos predios) corresponde a una mezcla que tiene mayor cantidad de arena y menor proporción de arcilla. Se caracterizan por tener un pH ácido, característica que puede generar problemas de crecimiento en las plantas, ya que favorece la concentración de algunos metales tóxicos, siendo en este caso el Cadmio.

9.1.2 Comparativa de las concentraciones de Cd

Tal como se observa en la Tabla 8 la concentración del Cadmio en el grano de arroz Paddy es significativamente mayor a la reportada en el suelo, tanto en la Pre siembra como en la Pos siembra valores que se exceden muy por encima de la normatividad, teniendo en cuenta el valor máximo encontrado. Entre estos dos últimos las diferencias son inferiores (0,081mg/kg), lo que indica que la transición del cultivo, no modifica de forma considerable la presencia del metal en el suelo.

Tabla 10. Promedio, mínimo y máximo.

	Cd en suelo Pre siembra (mg/kg)	Cd en suelo Pos siembra (mg/kg)	Cd en Arroz paddy (mg/kg)	pH	M.O %	CICE %
Promedio	0,72	0,68	24,60	5,25	1,64	3,65
Mínimo	0,715	0,555	10,40	4,87	1,00	3,56
Máximo	0,723	0,804	38,80	5,63	2,28	3,7

Nota: Realizada con Excel a partir de los resultados de laboratorio. Por Jara & Rueda, 2020.

9.1.3 Relación de los elementos químicos evaluados en los 2 predios de estudio.

Para realizar un análisis detallado de la relación que existe entre la biodisponibilidad del Cadmio con las características físico químicas del suelo, que para el caso de la altillanura colombiana es necesario describir de una manera muy somera las principales características de los oxisoles.

“El concepto oxisol también responde a la denominación latosol de otras clasificaciones, lo que indica suelos meteorizados en los cuales la carencia de nutrientes intercambiables se fusiona con la falta de minerales meteorizables- Los oxisoles bien drenados son aquellos que tienen una saturación de bases por debajo del 50% y, además, en los cuales sus horizontes experimentan periodos de sequía que varían entre uno y cuatro meses al año, es por esto que el potencial agrícola de estos suelos es muy bajo y es necesario aportes considerables de abonos orgánicos y químicos” (FAO, 1965).

Estos abonos, modifican las características del suelo y aportan en muchos casos además de macro y micronutrientes, otros componentes no deseados, como es el caso de los metales pesados. Si bien, el presente proyecto se centra en el problema del Cadmio, a continuación, como parte del análisis global de suelos, se presentan elementos constitutivos del suelo de los dos predios de estudio.

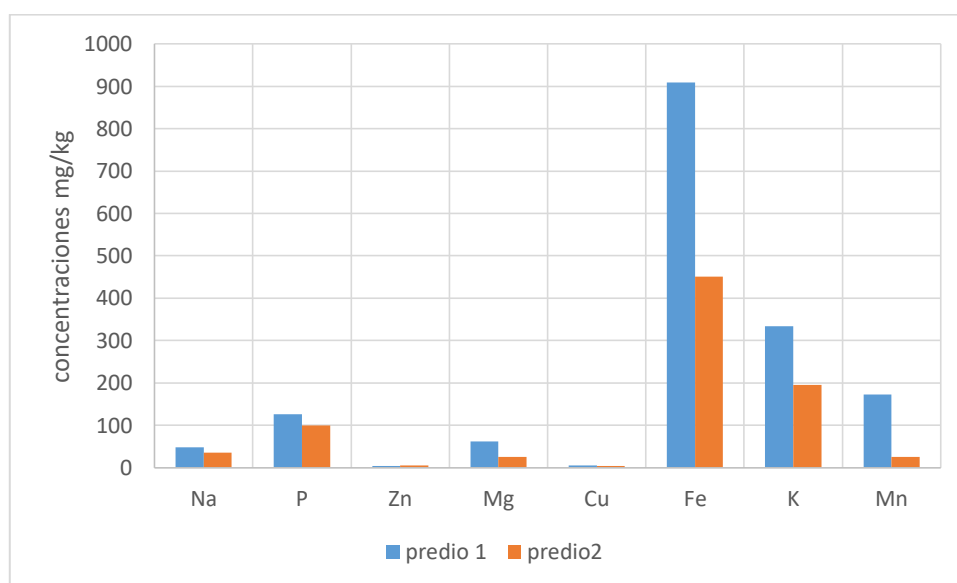


Figura 3. Elementos del suelo en los dos predios evaluados. Elaborado por Jara & Rueda, 2020

En la Figura 3, se observa un comportamiento similar en ambos predios con una excepción del hierro (Fe) con una alta concentración de 909 mg/kg en el predio 1, con respecto al predio 2 con 451 mg/kg. Por otro lado, se presentan altas concentraciones de Calcio (Ca), aportado principalmente por factores antrópicos como las enmiendas con cal realizadas por los agricultores con el fin de corregir acidez, cuyo propósito es regular las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo para la fijación de nitrógeno. Altos

contenidos Ca reducen la acidez en el suelo lo que directamente genera disminución de la biodisponibilidad de Cd debido que ambos metales son de naturaleza competitiva.

Se observa en la Figura 3 que el Potasio (K) es el tercer elemento con mayor concentración, con un valor para el Predio 1 de 334 mg/kg y en el Predio 2 de 196 mg/kg. En el caso del Fósforo (P), según Kirkham (2006) el fósforo y el Cadmio son metales antagónicos, lo que quiere decir que a mayor concentración de fósforo se disminuye la disponibilidad de Cadmio. El P naturalmente se encuentra en los suelos, pero con la fertilización se busca suplir la necesidad de fósforo inorgánico.

Un caso particular es el Manganeseo ya que su concentración es diferente en gran proporción entre los 2 Predios, con un valor de 173 mg/kg y 25,7 para el predio uno y dos, respectivamente. Este micro elemento esencial para las plantas, cuya disponibilidad está relacionada con el pH y la materia orgánica. A pH bajo o cercanos a 6,0 el Mn aumenta su solubilidad, dejándolo disponibles para las plantas, en este caso para el arroz cultivado en estos predios, que presentan un $pH < 7$.

En la Tabla 11 se observa el aporte del Cadmio (Cd), Cobre (Cu) y Zinc (Zn) por diferentes fuentes de distribución que llegan a suelos agrícolas, lo que implica que gran parte es el proceso de abonado donde se centra mayores concentraciones que posteriormente llegan al cultivo.

Tabla 11. Aportes estimados de metales pesados agregados a suelos agrícolas por diferentes fuentes.

Metal pesado	Fertilizantes fosfatados	Fertilizantes nitrogenados	Estiércol
Cd	0,10 – 170	0,05 - 8,50	0,30 - 0,80
Cu	1 – 300	1 -15	2 – 60
Zn	50-1450	1 – 42	15 -250

Nota: Aportes de las diferentes fuentes de metales pesados agregados a suelos agrícolas (mg/kg). (Rueda, Rodriguez,& Madriñan, 2011)

9.1.4 Niveles de Cadmio en el suelo de cultivo de arroz en la Pre y Pos siembra.

La concentración de Cadmio en suelo del cultivo de arroz en la Pre y Pos siembra obtenidos de las muestra y determinados por el Laboratorio AGRILAB, se evidencian a continuación en la Figura 4.

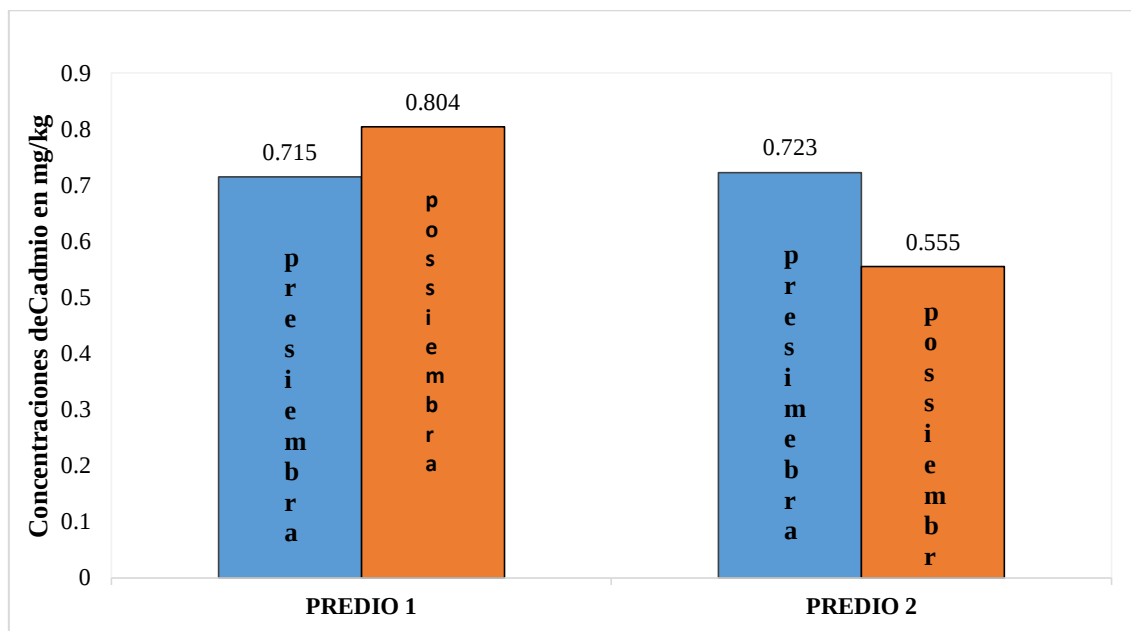


Figura 4. Cadmio total en suelo en mg/kg. Elaborado por Jara & Rueda, 2020

Como se observa en la Figura anterior, se relacionan los valores de Cadmio Pre y Pos siembra obtenidos a partir del análisis de las muestras de suelo de cultivos de arroz en los predios de estudio en la vereda Canaguaro en el municipio de Granada- Meta. Los niveles de Cadmio para el Predio 1, en la Pre siembra fueron de 0,715 mg/kg y Pos siembra de 0,804 mg/kg con respecto al Predio 2, en Pre siembra fueron de 0,723 mg/kg y Pos siembra de 0,555 mg/kg, lo que representa un aumento de 0,089 mg/kg de Cd para el predio 1, este aumento presentado se puede inferir con relación a factores como proceso de abonado que podría deberse a un alto volumen de fertilizante usado, causando una posible sobredosis lo que representaría el contenidos de Cd en la Pos siembra.

Es necesario señalar que este contaminante puede llegar al suelo por medio del uso excesivo de agroquímicos principalmente fertilizantes fosfatados y nitrogenados en los

que se incluyen los nitratos de amonio (NH_4NO_3) y de sodio (NaNO_3); la urea ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$); el fosfato de amonio ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$).

Además de los parámetros más mencionados que afectan la disponibilidad del Cd en el suelo agrícolas, también se encuentra la precipitación con deposición atmosférica; la cual aporta los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas, pero además puede contener residuos de metales pesados en forma de impurezas lo que puede generar que elementos como el Cadmio quede disponible en el suelo y sea absorbido por las plantas.

Otras fuentes de este elemento pueden ser aguas de riego provenientes de áreas con altos niveles de Cadmio, estiércol de animales y compost. En el caso del predio 2, se evidencia una disminución de 0,168 mg/kg Cd de la Pre siembra respecto a la Pos siembra, se sugiere que, al ser un terreno distinto, la influencia de la mano de obra en el proceso de abonado al reducir las dosis de los insumos aplicados al suelo, haya implicado una menor presencia de Cadmio así como, que en el de crecimiento de las plantas de arroz, haya absorbido en sus tejidos ocasionando esta disminución.

Cabe resaltar que estos niveles de concentración de Cadmio en el suelo de ambos predios están dentro de los estándares normativos Internacionales como el Real Decreto 1013 de 1990 normativa española (Ver Tabla 12), el cual establece un valor límite para Cadmio en suelos de 1 mg/kg correlacionado con un pH inferior a 7 -como sucede en ambos predios de estudio. Este estudio es comparable con los valores hallados en un estudio similar realizado por (Orozco, 2019), en suelos de cultivo de arroz en dos predios ubicados en la vereda rincón de Pompeya en el municipio de Villavicencio donde se obtuvieron niveles de Cadmio de 0,12 mg/kg y 0,13 mg/kg en los predios “El castaño” y “Entre Caños”, respectivamente.

Tabla 12. Valores límites permisible para Cadmio según el pH.

Parámetro	Valor límite permisible para Cd	
	Suelos con pH < 7	Suelos con pH > 7
Cadmio (mg/kg)	1	3,0

Nota. Límites permisibles de cd disponible en el suelo. Fuente del Real Decreto 1310/1990, España.

9.1 Concentraciones de Cadmio en arroz y su comparación con la normatividad colombiana

El análisis de Cadmio (Cd) total presente en el arroz Paddy en ambos predios de estudio se visualiza en la siguiente Figura 5.

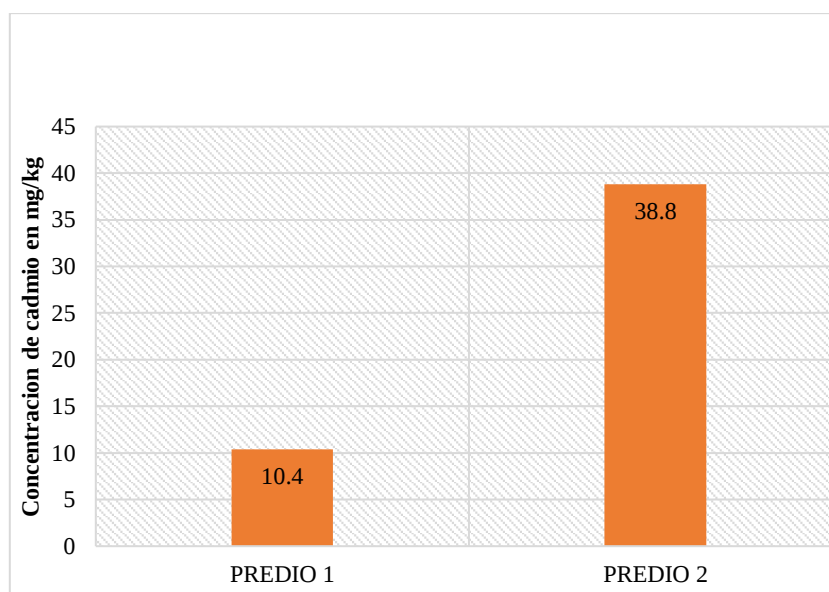


Figura 5 . Concentraciones de Cadmio total en Arroz Paddy. Elaborado por Jara & Rueda, 2020

Tabla 13. Límite admisible Cd en el arroz en Colombia.

Límite admisible de Cd (mg/kg)

Resolución 4506 del 2013

0,20 mg/kg peso fresco

Nota: Normativa colombiana en la Resolución 4506 de 2013 del Ministerio de Salud. Elaborado Por Jara & Rueda, 2020.

Como se observa en la Figura 5 y en la Tabla 12, los niveles de Cadmio obtenidos a partir de las muestras analizadas en los Predios 1 y 2 con valores de 10,4 mg/kg y 38,8 mg/kg, respectivamente. En el caso del Predio 2 representa un valor más alto respecto al Predio 1, se podría inferir que este comportamiento en la concentración de Cd en el arroz, pudo ser absorbido por los tejidos de las plantas ya que correlacionando con la menor cantidad que se presentó en el suelo del predio 2, en el cual se vio reflejado en aumento de Cd en el arroz.

Contrastando los valores con la normatividad sobrepasan de manera considerable los límites máximos permisibles dispuestos en la Resolución 4506 del 2013. En cuanto al Codex Alimentario de la FAO (como estándar internacional), el cual tiene como límite máximo permisible 0,4 mg/kg, el arroz de los predios lo superan en un 1036% para el Predio 1 y en un 3780% para el Predio 2, lo que deja entrever que el consumo puede tener impacto significativo en la salud humana.

En tal sentido, el ente regulador en el caso de Colombia, INVIMA debe ser más estricto con esta situación, ya que esta problemática es recurrente puesto que un estudio similar realizado por (Orozco, 2019), en un predio denominado “entre caños” se encontró una concentración de Cadmio en arroz de 0,81 mg/kg la cual también está por fuera de los estándares nacionales e internacionales, cabe resaltar que el arroz mencionado en este estudio ya ha sufrido por un proceso previo de descascarado.

Por concentraciones de Cadmio como las halladas en este estudio es que los científicos aseguran que los alimentos principalmente cereales como el arroz y el trigo son la principal fuente de exposición para la mayoría de los seres humanos. En la mayoría de áreas no contaminadas la ingesta diaria promedio de Cd contenido en alimentos se encuentra en un rango de 10 – 40 µg y en áreas contaminadas la ingesta puede alcanzar varios cientos de µg al día, si se compara con otras fuentes de Cd como el consumo de tabaco la ingesta de este metal en áreas no contaminadas puede igualar los niveles ingeridos por medio de los alimentos (Méndez, 2009).

Cabe destacar que las concentraciones de Cd a nivel del grano están estrechamente ligadas a las características físico químicas de los suelos como el contenido de M.O, el pH, la CICE y la textura, que en el presente estudio tienen condiciones que crean el escenario ideal para facilitar la movilidad y la biodisponibilidad del Cadmio, lo que ocasiona que la planta lo absorba por medio de su sistema radicular y lo acumule en sus tejidos.

Lo anterior se aprecia en el predio 2, el cual experimentó una reducción en sus niveles de Cd en el suelo después de la cosecha, lo que demuestra que en este caso las plantas absorbieron el compuesto y lo acumularon en sus tejidos, ya que el nivel de Cd en el arroz cosechado en ese predio fue mayor con respecto a los del arroz cosechado en el predio 1.

Por otro lado, malas prácticas agrícolas como la quema arraigada en los campesinos como medida para eliminar malezas pueden influir de manera significativa en esta problemática (Ver Figura 6), ya que afecta la micro biota presente en el suelo, lo que

inhibe el metabolismo microbiano retardando la descomposición de elementos tóxicos como el Cadmio.



Figura 6. Práctica de quema en cultivo. Elaborado por Jara & Rueda, 2020

9.3 Medidas de control, prevención y mitigación para la contaminación por Cadmio en el suelo cultivado y en el grano de Arroz cosechado.

Teniendo en cuenta que las concentraciones de Cadmio halladas en el arroz Paddy fueron de 10,4 mg/kg y 38,8 mg/kg para los predios 1 y 2 respectivamente, sobrepasan de manera considerable los niveles establecidos en la normatividad nacional e internacional y en congruencia con los planteamientos del proyecto, se formulan desde la perspectiva de la ingeniería ambiental, medidas que ayuden a reducir estos niveles de contaminación, teniendo en cuenta los factores que intervienen en el proceso productivo del arroz y sus protagonistas (agricultores, industria, y consumidores). A continuación, se presentan las medidas y recomendaciones.

9.3.1 Fitorremediación

Actualmente existen un sin número de estudios los cuales tienden a resolver problemáticas de contaminación en matrices como suelo y agua mediante procesos basados en el uso de plantas con capacidad de absorber y acumular metales pesados a este proceso se le denomina fitorremediación el cual tiene como objetivo remover,

inmovilizar, degradar o transferir compuestos de naturaleza orgánica, inorgánica y radioactiva ya que algunos resultan tóxicos para el suelo.

Esta técnica cuenta con grandes beneficios, el uso de especies vegetales capaces de tolerar altas concentraciones de metales pesados en el suelo permite que las actividades encaminadas a la restauración sean menos invasivas y no generen efectos secundarios nocivos, esto se traduce en un menor impacto ambiental además de tener la ventaja de poderse realizar in situ sin representar riesgos para el personal que lo practica (Delgadillo, 2011).

La fitorremediación es una técnica basada en el uso de plantas u hongos con el fin de remover, detener o transformar un contaminante, esta técnica ventajas como el bajo costo en su implementación además de que se puede dar de dos maneras, la directa en donde las plantas u hongos actúan directamente sobre el compuesto contaminante o de manera indirecta donde estos son utilizados para estimular la actividad metabólica de los microorganismos en la rizosfera (Delgadillo, 2011).

Cabe resaltar que esta técnica no es simplemente trasplantar especies vegetales en suelos contaminados y dejar que estas actúen por si solas, se debe garantizar el riego y la fertilización de estas para lograr un crecimiento óptimo además es adecuado utilizarla en este caso ya que este tipo de técnica de biorremediación es aplicable cuando el contaminante se encuentra cerca de la superficie del suelo, también cuando el área a descontaminar no representa un riesgo de emergencia ya que se requiere del establecimiento de cobertura vegetal abundante (González, 2005).

Para el caso de los cultivos de arroz se recomienda la rotación de cultivos en los suelos agrícolas esto con el fin de evitar la alteración de las condiciones del suelo y minimizar los procesos de degradación que generan el establecimiento prolongado de monocultivos, para esto se recomienda la utilización de especies como el plátano (*Musa paradisiaca*), yuca (*Manihot esculenta*), maíz (*Zea mays*), ya que al ser especies que se cultivan de forma muy común en la zona son fáciles de adquirir lo que se traduce en un bajo costo además la rotación de cultivos puede evitar que los niveles de Cadmio presentes en estos suelos aumenten y sobrepasen los niveles establecidos por la normatividad internacional.

A continuación, se presentan en la tabla 14, algunas plantas utilizadas en los procesos asociados a la fitorremediación y los contaminantes susceptibles de eliminar.

Tabla 14. Plantas utilizadas al proceso de fitorremediación.

Proceso	Contaminante	Planta
Fitoextracción. Consiste en extraer los contaminantes del suelo y su posterior acumulación en los tejidos de las plantas (Raíces, tallos, hojas)	Metales pesados	Pastos, plantas freáticas (Sauces y álamos)
Rizodegradacion En este proceso los contaminantes se desintegran gracias a la actividad metabólica de los microorganismos asociados a las raíces de las plantas.	Compuestos orgánicos biodegradables (BTEX, HTP, HAP, PCB, pesticidas) metales, compuestos hidrofóbicos, radionucleótidos	Pastos, plantas freáticas, plantas acuáticas emergentes y subemergentes
Fitoestabilizacion Este proceso utiliza las plantas para contener los contaminantes en el suelo con el fin de reducir la movilidad de los contaminantes.	Metales pesados, compuestos hidrofóbicos	Pastos y plantas freáticas
Fitodegradacion Este método conlleva procesos metabólicos, de absorción y descomposición de contaminantes, los compuestos que son degradados son usados como nutrientes por las plantas y acumulado en sus tejidos.	Herbicidas, compuestos alifáticos clorinados, compuestos aromáticos, residuos de aminio y nutrientes	Pastos, plantas freáticas, leguminosas (Alfalfa y trébol)
Fitovolatilizacion Consiste en la absorción de los compuestos y su posterior liberación a la atmosfera por medio de la transpiración	Metales (selenio, arsénico, mercurio, compuestos orgánicos volátiles.	Plantas de humedales (Juncos, canas, espadañas)

Nota: Plantas para proceso fitorremediación con relación a los contaminantes a eliminar adaptado de Martínez, Casallas.

Por consiguiente, el uso de plantas como los pastos, plantas acuáticas, leguminosas, plantas de humedales pueden resultar de gran beneficio para minimizar el efecto negativo del Cadmio ya que estas lo extraen del suelo por medio de sus raíces y lo acumulan en sus partes aéreas (ramas, hojas y frutos) al ser especies que no son destinadas para la alimentación de animales ni seres humanos no representan riesgo de introducir el Cadmio en la cadena trófica.

Por otro lado, un equipo de microbiólogos conformado por microbiólogos de la universidad de Barcelona ha introducido un gen de ratón en el genoma de una bacteria el cual confiere unión a metales pesados.

Estos investigadores han publicado en una revista científica un trabajo en el cual ellos demuestran como la bacteria *Ralstonia eutropha* MTB, es capaz de inmovilizar iones de Cadmio y consigue que las plantas no sean dañadas por los efectos tóxicos de este metal, sentando el precedente de ser la primera bacteria capaz de luchar contra el Cadmio. Esta bacteria capaz de eliminar Cadmio abre las puertas para crear nuevos microorganismos con capacidad para inmovilizar metales pesados, contaminantes que no se pueden eliminar mediante otros procedimientos, este equipo investigador considera que esta bacteria no genera efectos nocivos en el medio ambiente ya que este es un microorganismo natural que se encuentra comúnmente en el suelo ya que el gen que se introdujo en su genoma procede de un mamífero el cual se conoce su ausencia de toxicidad (Calvo, 2000).

Técnicas como la mencionada en el texto anterior puede resultar muy beneficiosa si se lograra implementar en los cultivos de arroz ya que el uso de microorganismos en este caso bacterias, podría disminuir las concentraciones de Cadmio en el suelo pero sobre todo lograr inmovilizarlo y con esto impedir que las plantas de arroz lo absorban y lo acumulen en los granos, esta técnica seria adecuada utilizarla durante el periodo en el que el cultivo este en desarrollo ya que en esta etapa donde se suministran los fertilizantes los cuales se asume son la fuente por donde entra el Cadmio al suelo, posteriormente a la planta para por ultimo alojarse en el grano.

9.3.2 Compostaje

Esta técnica consiste en producir abonos orgánicos utilizando elementos susceptibles de degradarse como residuos de cocina, heces de animales, cal, ceniza entre otros, para luego

ser introducidos en el suelo con el objetivo de mejorar sus condiciones con el fin de mejorar productividad de los cultivos que en él se establezcan, esta técnica alberga dos objetivos fundamentales en la remediación de suelos; la primera es potencializar la capacidad degradadora de los microorganismos y; la segunda, la de producir un compost capaz de restaurar el suelo.

La capacidad degradadora de los microorganismos es un asunto importante a tener en cuenta en este estudio y, es por esto que se recomienda el uso del compostaje como medida para reducir los niveles de contaminación en el suelo, pero, sobre todo para impedir que el Cadmio se almacene en el grano de arroz.

Las bacterias y hongos son los principales protagonistas a la hora de degradar contaminantes, por un lado las bacterias representan una mayor diversidad en el suelo y su rápida reproducción y su capacidad de estar en todos los ambientes vivos, las ubican como una importante alternativa de recuperación del suelo. Por otro lado, están los hongos, que tienen la característica de invadir el suelo y así, ampliar su superficie de exploración y acción; los hongos al establecerse en la superficie radicular de las plantas ayudan a que estas crezcan aun en las condiciones de estrés que le generan los suelos contaminados con plaguicidas y metales pesados compuestos muy presentes en los suelos cultivados con arroz (González, 2005).

Para el caso de estudio del suelo de los predios de estudio, compost es una técnica viable ya que el uso de abonos orgánicos en los cultivos genera un beneficio tanto en la recuperación del suelo como en la productividad del cultivo, estimulan la actividad metabólica de los microorganismos presentes en los horizontes más superficiales del suelo, minimizando el riesgo de que aumenten los niveles de Cadmio gracias a los procesos de degradación de los cuales son protagonistas,

Esta es una técnica que la mayoría de los campesinos de la zona conocen y en tal sentido, se espera que estén prestos a implementar en sus procesos de producción, por el bajo costo y las posibilidades de un aumentar la productividad de sus cultivos (Martínez, 2018).

9.3.3 Uso de Enmiendas

Por otra parte, la utilización de materiales destinados al aumento del pH puede resultar exitosos en la inmovilización del Cadmio para que este no sea absorbido por las plantas, para esto es recomendable utilizar enmiendas como el carbonato de calcio, mezclas de óxidos de hierro con materiales orgánicos además de micro elementos como el zinc. Dentro del cultivo de arroz la corrección del pH hace parte de una de las técnicas más utilizadas por los agricultores la dificultad radica en que estos utilizan principalmente cal dolomita cuyo componente principal es el carbonato de calcio lo que puede jugar un papel importante en la remediación de suelos de uso agrícola como los estudiados en este caso.

Conclusiones

Las concentraciones de Cadmio en los predios objeto de estudio, son significativamente bajos para el caso del suelo, sin embargo, las características edafológicas fisicoquímicas (pH, materia orgánica y CICE), favorecen la disponibilidad para la absorción. situación que se ve reflejada en las concentraciones halladas en el material vegetal que exceden la normatividad nacional en 10,2 mg/kg en el caso del predio 1 y 38,6 mg/kg en el predio 2 y en 10,0 mg/kg y 38,4 mg/kg para los predios 1 y 2 respectivamente con relación a la normatividad internacional.

Comparativamente el predio 2 experimentó una reducción del 30% en los niveles de Cd en el suelo después de la cosecha, en relación al predio 1 que por el contrario para el predio 2 aumento en un 12,4% su concentración, esto sugiere que en el predio 2 las plantas absorbieron el Cadmio y lo acumularon en sus tejidos, y que las características fisicoquímicas y de textura del predio 2 favoreció la disponibilidad, siendo esta postura coherente con los niveles reportados en el arroz cosechado en el predio 2 que supero en 28,4 mg/kg los niveles reportados en el arroz cosechado en el predio 1.

Las principales estrategias documentadas para hacer frente al problema de la presencia de Cd en suelos y cultivos de consumo humano , se orientan a la inmovilización del metal a la aplicación de complejos que impidan la absorción a través de los rizomas, considerando factores como costo, características del suelo, necesidades de capacitación al personal, se sugieren en su orden para los predios en estudio las siguientes estrategias (i) incremento del pH (con enmiendas que contengan iones o sales de Zn) (Smilde et al., 1992; Oliver et al., 1994; Welch et al., 1999, Cakmak et al., 2000; Fontes et al., 2000). (ii) la biorremediación para reducir la presencia del metal a través de plantas nativas hiperacumuladoras (Robinson et al., 2000). Con poca posibilidad de ingreso a la cadena trófica; y, (iii) el uso de microorganismos especializados que a través de su actividad metabólica transforman el Cd en compuestos menos tóxicos y de menor absorción por parte de la planta, esta actividad se realiza principalmente en los horizontes más superficiales del suelo y tienen como escenario el sistema radicular de las plantas (Perronnet, 2000).

Recomendaciones

Desarrollar estudios que incorporen tomas de muestras de otras partes del tejido foliar de las plantas de arroz (hojas o tallo), para analizar fisiológicamente el comportamiento del Cd en la planta y las zonas de mayor potencial de acumulación.

Adicional a esto, implementar experimentos para probar la eficiencia y pertinencia del uso de las técnicas o estrategias biotecnológicas, de fitorremediación o enmiendas, para la disminución del Cd presente en suelo y asimilable por el sistema radicular del arroz.

Ampliar los horizontes de estudio a otros metales pesados en el suelo como mercurio (Hg), arsénico (As) y Plomo (Pb), que por ser parte activa de insumos agrícolas utilizados previo a las regulaciones actuales, es necesario identificar su presencia.

Recomendar a la industria molinera que realice análisis de metales pesados en cada uno de los subproductos derivados del arroz (cascarilla y tamo de arroz) con el fin de evitar que estos se encuentren contaminados con altas dosis de Cadmio y puedan generar contaminación en los lugares de disposición, para el caso de la cascarilla o logren entrar a la cadena trófica en el caso de la harina de arroz la cual es utilizada para la alimentación de bovinos.

Sugerir a la industria molinera que implemente programas de educación ambiental entre sus proveedores para que mejoren sus prácticas agrícolas y de esta manera reducir la contaminación por Cadmio en los cultivos de arroz.

Por último, se les recomienda a entidades como Fedearroz realizar monitoreos a los principales agroquímicos utilizados en la producción de arroz con el fin de cuantificar las concentraciones de metales pesados que estos puedan contener y con esto establecer medidas que minimicen el efecto negativo de estos en el suelo y en los granos de arroz

Referencias

- [Const]., C. P. (7 de Julio de 1991). *Constitución política de Colombia*. Recuperado el 15 de Septiembre de 2018, de Obtenido de: <http://wsp.presidencia.gov.co/Normativa/Documents/Constitucion-Politica-Colombia.pdf>
- Arrocero, F. N. (MAYO de 2017). *Fedearroz*. Recuperado el 30 de 10 de 2018, de Censo Nacional arrocero 2016: http://www.fedearroz.com.co/doc_economia/Libro%20Censo%20General.pdf
- Asamblea. (1991). *Constitución política de Colombia*. Bogotá, Colombia: Asamblea. Recuperado el 10 de Noviembre de 2018, de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4125>
- Azevedo, R. &. (2012). Phytotoxicity of mercury in plants: a review. *Journal of Botany*, 26(6). Recuperado el 25 de 10 de 2018, de Recuperado el 25 de 10 de 2018, de: [http://www.revistaboletinbiologica.com.ar/pdfs/N26/traduccion26\(daniel\).pdf](http://www.revistaboletinbiologica.com.ar/pdfs/N26/traduccion26(daniel).pdf)
- Barrio, N. V. (Junio de 2017). Trabajo Fin de Grado Título: Metales pesados en suelos y sus efectos sobre la salud. *Trabajo Fin de Grado Título: Metales pesados en suelos y sus efectos sobre la salud*. Facultad de Farmacia Universidad Complutense, Madrid, España. Recuperado el 25 de Junio de 2019, de Recuperado el 25 de Junio de 2019, de: <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/NOELIA%20BARRIO%20VEGA.pdf>
- Barrón, G. S. (Junio de 2016). *Ecotoxicología del Cadmio*. Recuperado el 25 de Octubre de 2018, de <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/GARA%20SANCHEZ%20BARRON.pdf>
- Buchet, J. P. (1990). Renal effects of cadmium body burden of the general population. *The Lancet*, 336(8717), 699-702. Obtenido de Recuperado de: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PII0140-6736\(90\)92201-R/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PII0140-6736(90)92201-R/fulltext)
- Buenfil, R. M.-C. (2007). Determinación de metales pesados (As, Cd, Hg y Pb) presentes en el río Hondo, Quintana Roo. *VI Congreso Internacional y XII Nacional de Ciencias Ambientales, Chihuahua, México*, 435-439. Obtenido de Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/3719/371941284004.pdf>
- Calvo, A. (30 de Mayo de 2000). *BIOTECNOLOGÍA Adsorción de metales pesados Una bacteria con un gen de ratón limpia el cadmio en suelos contaminados*. Obtenido de https://elpais.com/diario/2000/05/31/futuro/959724002_850215.html
- Campos, C. N. (1990). La contaminación por metales pesados en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. *Caldasia. Revista Unal*, 231-243. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/35544>

- Castro, H. (1998). *Fundamentos para el Conocimiento y Manejo de Suelos Agrícolas: Manual Técnico*. Recuperado el 5 de NOVIEMBRE de 2018, de <https://catalogo.unillanos.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=32581>
- Crosara, A. (18 de Abril de 2012). *El Suelo y Los Problemas Ambientales*. Recuperado el 19 de Marzo de 2019 , de <https://es.slideshare.net/YennyPaolaAlarcon/suelos-y-problemas-ambientales>
- Dalurzo, H. C. (2001). Indicadores químicos y biológicos de calidad de suelos en Oxisoles de Misiones. *UNNE-Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*. Recuperado el 5 de noviembre de 2018, de <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2001/5-Agrarias/A-073.pdf>
- Delgadillo, A. G. (2011). Fitorremediación: Una Alternativa Para Disminuir la Contaminación. *scielo*, 14(2), 597–612. Obtenido de Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000200002
- Dexter, A. (2004). Soil physical quality: Part II. Friability, tillage, tilth and hard-setting. *Science Direct, Geoderma*, 120 (3-4): 215225. Recuperado el 05 de Noviembre de 2018, de Recuperado el 05 de Noviembre de 2018 , de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706103002908>
- Domínguez, B. E. (2018). *Evaluación de la capacidad bioindicadora de la contaminación de suelos por oxido de mercurio en tres especies de plantas ornamentales. Trabajo de Grado* . Universidad Santo Tomás., Villavicencio. Recuperado el 20 de OCTUBRE de 2018, de Recuperado el 20 de OCTUBRE de 2018, de <http://repository.usta.edu.co/handle/11634/12078>
- FAO. (1965). *Reconociemiento edafologico de los llanos orientales colombia*. Obtenido de Recuperado de: <http://www.fao.org/3/27262s/27262s.pdf>
- FAO. (2020). *Clasificacion de Suelos*. Obtenido de <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>
- Flores, E. &. (1997). Distribution of Trace Elements in Egg Samples Collected Near Coal Power Plants. (D. Smith, Ed.) *Revista de calidad ambiental*, 26(3), 744-748. Obtenido de 10.2134 / jeq1997.00472425002600030021x
- Galán, E. &. (2008). Contaminación de suelos por metales pesados. *Revista de la sociedad española de mineralogía*, 10, 48-60. Obtenido de Recuperado de: http://www.ehu.eus/sem/macla_pdf/macla10/Macla10_48.pdf
- García, P. E. (2012). Los efectos del cadmio en la salud. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*, 17(3), 199-205. Obtenido de Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/473/47324564010.pdf>
- González, C. M. (2005). Recuperación de suelos contaminados con metales pesados utilizando plantas y microorganismos rizosféricos. *Terra Latinoamericana*, 23(1), 29-37. Obtenido de Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57323104>

- Holmgren, G. M. (01 de abril de 1993). *Cadmio, plomo, zinc, cobre y níquel en suelos agrícolas de los Estados Unidos de América*. American Society of Agronomy. Obtenido de Servicio de Conservación de Suelos, Lincoln, NE.: <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2134/jeq1993.00472425002200020015x>
- Instituto de Hidrología, M. y. (01 de 2019). *Resolución 0062. (2019). Por la cual se adoptan los protocolos de muestreo y análisis de laboratorio para la caracterización fisicoquímica de los residuos o desechos peligrosos en el país*. Recuperado el 05 de Noviembre de 2018, de Recuperado el 05 de Noviembre de 2018, http://www.ideam.gov.co/documents/51310/56882/Parte_1_Resolucion_0062_de_2007.pdf/6cd3555a-2bfc-403a-83ae-5f4fde24e5dc
- Irene, O. B. (2006). Técnicas de Recuperación de Suelos Contaminados. *Universidad de Alcalá, Madrid*.
- José Alejandro Martínez Sepúlveda , Miguel Reinaldo Casallas. (2018). *Contaminación y remediación de suelos en Colombia*. Bogotá: Universidad EAN.
- Laboratorio de Técnicas Instrumentales UVA. (10 de 02 de 2020). *Laboratorio de Técnicas Instrumentales UVA*. Obtenido de Laboratorio de Técnicas Instrumentales Uva: Obtenido de Laboratorio de Técnicas Instrumentales Uva:<http://laboratoriotecnicasinstrumentales.es/analisis-quimicos/espectroscopia-de-plasma-icp-oes>
- López, C. E. (2014). *Alternativas de disposición para la fitorremediación de suelos contaminados por actividades mineras*. Corporación Universitaria La Sallista, Caldas (Antioquia). Recuperado el 20 de Octubre de 2018, de Recuperado de :http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1131/1/Fitorremediacion_suelos_contaminados_actividades_mineras.pdf
- Madeddu, R. (2005). Estudio de la influencia del cadmio sobre el medioambiente y el organismo humano: perspectivas experimentales, epidemiológicas y morfofuncionales en el hombre y en los animales de experimentación. *Estudio de la influencia del cadmio sobre el medioambiente y el organismo humano: perspectivas experimentales, epidemiológicas y morfofuncionales en el hombre y en los animales de experimentación*. Universidad de Granada , Granada, España. Obtenido de Recuperado de: <https://hera.ugr.es/tesisugr/15518231.pdf>
- Mancera, R. N.-L. (2006). Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia. *Acta biológica colombiana*, 11(1), 11(1), 3-23. Obtenido de Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/29142/1/27140-100723-1-PB.pdf>
- Marcano, T. H. (28 de 02 de 2020). *Academia* . Obtenido de Academia : [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/LA_CONTAMINACION_CON_CADMIO_EN_SUELOS_AG%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/LA_CONTAMINACION_CON_CADMIO_EN_SUELOS_AG%20(1).pdf)
- Marcano., T. H. (2011). La Contaminación con Cadmio en Suelos Agrícolas. *La Contaminación con Cadmio en Suelos Agrícolas*. Universidad Central de

- Venezuela, Maracay. Obtenido de Obtenido de:
http://190.169.94.12/ojs/index.php/rev_venes/article/view/1112/1040
- Martínez, S. J. (2018). *Contaminación y remediación de suelos en Colombia: aplicación a la minería de oro*. Universidad EAN, Bogotá D.C. Obtenido de <http://editorial.universidadean.edu.co/acceso-abierto/contaminacion-y-remediacion-de-suelos-en-colombia.pdf>
- McBride, M. B. (1994). *Environmental Chemistry Of Soil*. Obtenido de Recuperado de:
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/35536696/Enviromental_soil.pdf?1415805263=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEnviromental_soil.pdf&Expires=1595019970&Signature=DIycGuSeO7pRXqcIHpcawNGD7Hvu1QJgLa1Zyp5B9hWh4lNPu0lKyvxU1n
- McGrath, S. P. (2000). Long-term changes in the extractability and bioavailability of zinc and cadmium after sludge application. *Journal of Environmental Quality*, 29(3), 875-883. Obtenido de Obtenido de:
<https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/jeq2000.00472425002900030025x>
- Media, C. (04 de 10 de 2019). *Region Orinoquia.com*. Obtenido de Obtenido de:
<https://regionorinoquia.com/agricultura-de-la-region-orinoquia/>
- Méndez, J. P. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1), 29-44. Obtenido de Obtenido de:
<https://www.redalyc.org/pdf/939/93911243003.pdf>
- Mendez, S. F. (2006). Potencialidad de contenido de cadmio en los granos del arroz cultivado en Colombia. *Potencialidad de contenido de cadmio en los granos del arroz cultivado en Colombia*. Universidad de lo Andes, Bogotá. Obtenido de Obtenido de:
<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/9387/u279388.pdf?sequence=1>
- Méndez., L. B. (2007). Estudio Preliminar de los Niveles de Cadmio en Arroz, Fríjoles y Lentejas Distribuidos en Supermercados de Bogotá y Plazas de Manizales. *Fitotecnia Colombiana*, 7(2), 40-47. Obtenido de Obtenido de:
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54140932/ESTUDIO_PRELIMINAR_DE_LOS_NIVELES_DE_CAD20170814-2983-s9bkz3.pdf?1502737112=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DESTUDIO_PRELIMINAR_DE_LOS_NIVELES_DE_CAD.pdf&Expires=1595021636&Sign
- Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (10 de 03 de 2019). *Ministerio de Medio Ambiente*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2018, de Decreto 2811 de 1974:

- http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Decreto_2811_de_1974.pdf
- Ministers, N. C. (2003). *Cadmium Review*. Dinamarca: Nordic. Obtenido de Recuperado de: https://www.who.int/ifcs/documents/forums/forum5/nmr_cadmium.pdf
- Moreno, G. M. (2003). Toxicología Ambiental: Evaluación de riesgo para la salud humana. *McGraw-Hill Interamericana*.
- Nava, R. C.-A. (2011). Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). *Arch Neurociencia*, 16(3), 140-141. Obtenido de Recuperado de: <https://www.medigraphic.com/pdfs/arcneu/ane-2011/ane113f.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas. (2 de 05 de 2018). *La contaminación de los suelos está contaminando nuestro futuro*. Recuperado el 25 de 06 de 2019, de <http://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1126977/>
- Orozco, P. A. (2019). Análisis comparativo de los niveles de cadmio en suelo aquíc dystropepts, fluventic dystropepts y una pradera con pastura en reposo en la vereda rincón de pompeya, Villavicencio, Meta. *Análisis comparativo de los niveles de cadmio en suelo aquíc dystropepts, fluventic dystropepts y una pradera con pastura en reposo en la vereda rincón de pompeya, Villavicencio, Meta*. Universidad Santo Tomás, Villavicencio. Obtenido de Obtenido de: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/21743>
- Pardo, M. T. (1995). Cadmium sorption by two acid soils as affected by clearing and cultivation. *Communications in soil science and plant analysis*, 26(1-2), 289-302. Obtenido de Recuperado de: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00103629509369297>
- Perla Esmeralda Pérez García, M. I. (2012). Los efectos del cadmio en la salud. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*, 17(3), 200-201.
- Perronnet, K. S. (2000). Availability of cadmium and zinc accumulated in the leaves of *Thlaspi caerulescens* incorporated into soil. *Plant and Soil*, 257-263., 227((1-2)). Obtenido de Obtenido de: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1026583317702>
- Pulido. (2017). Análisis de estudios en metales pesados en zonas agrícolas de Colombia. *Orinoquia*, 21(1), 83-93. Obtenido de Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7051738>
- Pulido., J. G. (2015). Contenido de metales pesados en suelos agrícolas de la región del Ariari. *Departamento del Meta*, 19(1), 118-122. Obtenido de Obtenido de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5441176>
- Region Orinoquia.com. (04 de 10 de 2019). *Region Orinoquia.com*. Obtenido de <https://regionorinoquia.com/agricultura-de-la-region-orinoquia/>
- Reyes, Y. V. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Ingeniería Investigación y Desarrollo: I2+ D*,

- 16(2), 66-77. Obtenido de Obtenido de:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6096110>
- Rice, E. W. (2012). Standard methods for the examination of water and wastewater. *American Public Health Association, Washington, DC*, 541. Obtenido de Obtenido de:
https://www.academia.edu/38769108/Standard_Methods_For_the_Examination_of_Water_and_Wastewater_23nd_edition
- Roqueme, J. P. (2016). Metales pesados en suelos agrícolas del valle medio y bajo del río Sinú, departamento de Córdoba. *Instituto Nacional de Ecología*. Obtenido de Obtenido de: http://mca.edu.co/wp-content/uploads/2019/09/m2014_16.pdf
- Rueda, G., Rodríguez, J., & Madriñán, R. (07 de Octubre de 2011). *Metodologías para establecer valores de referencia de metales pesados en suelos agrícolas: perspectivas para Colombia*. Obtenido de https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/rt/prINTERfriendly/28821/29120
- Sánchez, L. E. (Junio de 2018). Trabajo Fin de Grado Papel del Suelo en la Toxicidad del Cadmio. *Trabajo Fin de Grado Papel del Suelo en la Toxicidad del Cadmio*. Universidad Complutense, Madrid, España. Recuperado el 25 de Junio de 2019, de Recuperado de:
<http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/ELENA%20SANCHEZ%20LEON.pdf>
- Silbergerd, E. K. (1998). *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Toxicología*. España: Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo / Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo INSHT / Ministerio de Empleo y Seguridad Soc. Obtenido de Recuperado de:
<https://www.virtualpro.co/biblioteca/enciclopedia-de-salud-y-seguridad-en-el-trabajo-toxicologia>
- Sofia, O. (2006). *Apunte de Morfología, Fenología, Ecofisiología*. Recuperado el 25 de Octubre de 2018 , de <http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/academico/Apuntes-MORFOLOGIA.pdf>
- Sombroek, W. (1996). Evaluación de los recursos de la tierra y la función de sus indicadores. 219. Obtenido de Recuperado de:
<http://www.fao.org/3/w4745s/w4745s03.htm>
- Thangavel, P. &. (2004). Phytoextraction: role of hyperaccumulators in metal contaminated soils. *Proceedings-Indian National Science Academy Part B*, 70(1), 109-130.
- Universidad de Burgos. (20 de 02 de 2020). *Universidad de Burgos*. Obtenido de Universidad de Burgos: <https://www.ubu.es/parque-cientifico-tecnologico/servicios-cientifico-tecnicos/espectrometria/espectrometria-de-masas-de-plasma-icp-oes>

Yarto, M. G. (2004). La Contaminación por Mercurio en México. (72), 21-34. Recuperado el 01 de 07 de 2019, de Recuperado el 01 de 07 de 2019 , de <http://www.redalyc.org/pdf/539/53907202.pdf>

ANEXOS

Registros resultados de laboratorio de concentración de cadmio en suelo y arroz paddy.

 INFORME DE RESULTADOS ÁREA DE ANÁLISIS DE SUELOS				
N° Informe	03444-V1-2020	N° Laboratorio	ASU-00890-2020	
Información del Cliente				
Remitente	DEICY ALEJANDRA RUEDA CUELLAR		Responsable	SRA. DEICY ALEJANDRA RUEDA CUELLAR
Propietario	SRA. DEICY ALEJANDRA RUEDA CUELLAR		Email contacto	deisyrueda@usantotomas.edu.co
Fecha Ingreso	22-01-2020		Fecha Emisión	18-02-2020
Información de la Muestra Enviada por el Cliente				
Cultivo/Variedad	NO_ESPECIFICADO - NO ESPECIFICADO		Lote / Bloque	1 - PREDIO
Municipio/Departamento/Finca	GRANADA - META	N.S.	Contrato N°	COT 2019 - 1645
Información adicional	NINGUNA		Condiciones recepción	CONFORME
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO				
Variable	Expresión/Sigla	Resultados	Unidades	Extractante/Técnica/Referencia
Cadmio Total	Cd	804	ug/kg	MVH Ác. Nitrógeno EPA 3051 A / EAA-HG / EPA 200.9
Observaciones a los resultados:			Convenciones:	
NINGUNO			N.R. No registra / N.A. No Aplica / Sin. Solución / N.S. No Suministrada / N.D. No Detectado / MVH Mineralización Vía Húmeda / M.I. Muestra Insuficiente EAA Espectroscopía de Absorción Atómica / EAA Espectroscopía de Emisión Atómica	

---- Fin del Reporte de Resultados Analíticos ----

Autorizado por:



 Teresa Cocco
 Subgerencia Técnica - Química - PQ 2155

Revisado por:



 Adriana Navarro
 Coordinador de Área-Lic. en Química-

---- Fin del Informe ----

Notas:

- El presente informe registra fielmente los resultados de las variables solicitadas por el cliente y corresponden exclusivamente a la muestra enviada y analizada en las fechas indicadas.
- El informe solo tiene validez si está firmado por el personal autorizado por AGRILAB LABORATORIOS S.A.S.
- El presente informe no puede ser reproducido parcial o totalmente, salvo autorización expresa por parte del laboratorio AGRILAB S.A.S.
- La fecha de ejecución de los ensayos, corresponde al periodo comprendido entre la fecha de ingreso y la fecha de emisión del presente informe de resultados.
- AGRILAB LABORATORIOS S.A.S. no presta los servicios de muestreo en campo, por lo tanto la idoneidad y representatividad de la muestra analizada y por ende de sus resultados, es responsabilidad del remitente de la misma.
- En el caso de análisis subcontratados, AGRILAB LABORATORIOS S.A.S. es responsable frente al cliente del trabajo realizado por el subcontratista, siempre y cuando este haya sido aprobado y contratado por el laboratorio y aceptado por el cliente.
- La verificación de resultados mediante ensayos de laboratorio, se realizará máximo 15 días hábiles luego de emitido el presente informe de resultados, siempre y cuando las condiciones de estabilidad del análisis en la muestra permitan su reproducibilidad.
- En Agrilab estamos interesados en la satisfacción de nuestros clientes. Para conocer sus Peticiones, Quejas, Reclamos o Sugerencias (PQRS) sobre los resultados emitidos y/o los servicios prestados, hemos dispuesto el siguiente correo electrónico: serviciocliente@agrilab.com.co, por favor comuníquese con nosotros a través de este medio y con gusto le brindaremos una respuesta clara y oportuna a su solicitud.

 CIENCIA Y TECNOLOGÍA AL SERVICIO DEL SECTOR AGRÍCOLA E INDUSTRIAL
 Calle 79B N° 70-16 Bogotá, D.C. PBX: 745 4697 - 223 1999
 Para quejas, Reclamos y Sugerencias comuníquese al E-mail: serviciocliente@agrilab.com.co
www.agrilab.com.co



INFORME DE RESULTADOS
ÁREA DE ANÁLISIS DE SUELOS

N° Informe	03443-V1-2020		N° Laboratorio	ASU-00891-2020
Información del Cliente				
Remitente	DEICY ALEJANDRA RUEDA CUELLAR		Responsable	SRA. DEICY ALEJANDRA RUEDA CUELLAR
Propietario	SRA. DEICY ALEJANDRA RUEDA CUELLAR		Email contacto	deisyrueda@usantotomas.edu.co
Fecha Ingreso	22-01-2020		Fecha Emisión	18-02-2020
Información de la Muestra Enviada por el Cliente				
Cultivo/Variedad	NO_ESPECIFICADO - NO ESPECIFICADO		Lote / Bloque	2 - PREDIO
Municipio/Departamento/Finca	GRANADA - META	N.S.	Contrato N°	COT 2019 - 1645
Información adicional	NINGUNA		Condiciones recepción	CONFORME
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO				
Variable	Expresión/Sigla	Resultados	Unidades	Extractante/Técnica/Referencia
Cadmio Total	Cd	555	ug/kg	MVH Ác. Nitrilo EPA 3051 A / EAA-HG / EPA 200.9
Observaciones a los resultados:			Convenciones:	
NINGUNO			N.R. No registra / N.A. No Aplica / Sin. Solución / N.S. No Suministrada / N.D. No Detectado / MVH Mineralización Via Húmeda / M.I. Muestra Insuficiente EAA Espectroscopia de Absorción Atómica / EAA Espectroscopia de Emisión Atómica	

---- Fin del Reporte de Resultados Analíticos ----

Autorizado por:

Teresa del C. Cocco

Teresa Cocco
Subgerencia Técnica - Química - PQ 2155

Revisado por:

Adriana Navarro

Adriana Navarro
Coordinador de Área-Lic. en Química-

---- Fin del Informe ----

Notas:

1. El presente informe registra fielmente los resultados de las variables solicitadas por el cliente y corresponden exclusivamente a la muestra enviada y analizada en las fechas indicadas.
2. El informe solo tiene validez si está firmado por el personal autorizado por AGRILAB LABORATORIOS S.A.S.
3. El presente informe no puede ser reproducido parcial o totalmente, salvo autorización expresa por parte del laboratorio AGRILAB S.A.S.
4. La fecha de ejecución de los ensayos, corresponde al periodo comprendido entre la fecha de ingreso y la fecha de emisión del presente informe de resultados.
5. AGRILAB LABORATORIOS S.A.S. no presta los servicios de muestreo en campo, por lo tanto la idoneidad y representatividad de la muestra analizada y por ende de sus resultados, es responsabilidad del remitente de la misma.
6. En el caso de análisis subcontratados, AGRILAB LABORATORIOS S.A.S. es responsable frente al cliente del trabajo realizado por el subcontratista, siempre y cuando este haya sido aprobado y contratado por el laboratorio y aceptado por el cliente.
7. La verificación de resultados mediante ensayos de laboratorio, se realizará máximo 15 días hábiles luego de emitido el presente informe de resultados, siempre y cuando las condiciones de estabilidad del análisis en la muestra permitan su reproducibilidad.
8. En Agrilab estamos interesados en la satisfacción de nuestros clientes. Para conocer sus Peticiones, Quejas, Reclamos o Sugerencias (PQRS) sobre los resultados emitidos y/o los servicios prestados, hemos dispuesto el siguiente correo electrónico: servicioalcliente@agrilab.com.co, por favor comuníquese con nosotros a través de este medio y con gusto le brindaremos una respuesta clara y oportuna a su solicitud.

CIENCIA Y TECNOLOGÍA AL SERVICIO DEL SECTOR AGRÍCOLA E INDUSTRIAL
Calle 79B N° 70-16 Bogotá, D.C. PBX: 745 4697 - 223 1999
Para quejas, Reclamos y Sugerencias comuníquese al E-mail: servicioalcliente@agrilab.com.co
www.agrilab.com.co



INFORME DE RESULTADOS

ÁREA DE ANÁLISIS DE SUELOS

N° Informe	03442-V1-2020	N° Laboratorio	ASU-00892-2020
Información del Cliente			
Remitente	DEICY ALEJANDRA RUEDA CUELLAR	Responsable	SRA. DEICY ALEJANDRA RUEDA CUELLAR
Propietario	SRA. DEICY ALEJANDRA RUEDA CUELLAR	Email contacto	deisyrueda@usantotomas.edu.co
Fecha Ingreso	22-01-2020	Fecha Emisión	18-02-2020
Información de la Muestra Enviada por el Cliente			
Cultivo/Variedad	NO_ESPECIFICADO - NO ESPECIFICADO	Lote / Bloque	1 TESTIGO - PREDIO
Municipio/Departamento/Finca	GRANADA - META N.S.	Contrato N°	COT 2019 - 1645
Información adicional	NINGUNA	Condiciones recepción	CONFORME
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO			
Variable	Expresión/Sigla	Resultados	Unidades
Cadmio Total	Cd	715	ug/kg
		Extractante/Técnica/Referencia	
		MVH Ác. Nitrato EPA 3051 A / EAA-HG / EPA 200.9	
Observaciones a los resultados:		Convenciones:	
NINGUNO		N.R. No registra / N.A. No Aplica / Sin. Solución / N.S. No Suministrada / N.D. No Detectado / MVH Mineralización Via Húmeda / M.I. Muestra Insuficiente EAA Espectroscopia de Absorción Atómica / EAA Espectroscopia de Emisión Atómica	

---- Fin del Reporte de Resultados Analíticos ----

Autorizado por:

Teresa Cocco

Teresa Cocco
Subgerencia Técnica - Química - PQ 2155

Revisado por:

Adriana Navarro

Coordinador de Área-Lic. en Química-

---- Fin del Informe ----

Notas:

1. El presente informe registra fielmente los resultados de las variables solicitadas por el cliente y corresponden exclusivamente a la muestra enviada y analizada en las fechas indicadas.
2. El informe solo tiene validez si está firmado por el personal autorizado por AGRILAB LABORATORIOS S.A.S.
3. El presente informe no puede ser reproducido parcial o totalmente, salvo autorización expresa por parte del laboratorio AGRILAB S.A.S.
4. La fecha de ejecución de los ensayos, corresponde al periodo comprendido entre la fecha de ingreso y la fecha de emisión del presente informe de resultados.
5. AGRILAB LABORATORIOS S.A.S. no presta los servicios de muestreo en campo, por lo tanto la idoneidad y representatividad de la muestra analizada y por ende de sus resultados, es responsabilidad del remitente de la misma.
6. En el caso de análisis subcontratados, AGRILAB LABORATORIOS S.A.S. es responsable frente al cliente del trabajo realizado por el subcontratista, siempre y cuando este haya sido aprobado y contratado por el laboratorio y aceptado por el cliente.
7. La verificación de resultados mediante ensayos de laboratorio, se realizará máximo 15 días hábiles luego de emitido el presente informe de resultados, siempre y cuando las condiciones de estabilidad del análisis en la muestra permitan su reproducibilidad.
8. En Agrilab estamos interesados en la satisfacción de nuestros clientes. Para conocer sus Peticiones, Quejas, Reclamos o Sugerencias (PQRS) sobre los resultados emitidos y/o los servicios prestados, hemos dispuesto el siguiente correo electrónico: serviciocliente@agrilab.com.co, por favor comuníquese con nosotros a través de este medio y con gusto le brindaremos una respuesta clara y oportuna a su solicitud.

CIENCIA Y TECNOLOGÍA AL SERVICIO DEL SECTOR AGRÍCOLA E INDUSTRIAL
 Calle 798 N° 70-16 Bogotá, D.C. PBX: 745 4697 - 223 1999
 Para quejas, Reclamos y Sugerencias comuníquese al E-mail: serviciocliente@agrilab.com.co
www.agrilab.com.co



INFORME DE RESULTADOS

ÁREA DE ANÁLISIS DE SUELOS

N° Informe	03441-V1-2020		N° Laboratorio	ASU-00893-2020
Información del Cliente				
Remitente	DEICY ALEJANDRA RUEDA CUELLAR		Responsable	SRA. DEICY ALEJANDRA RUEDA CUELLAR
Propietario	SRA. DEICY ALEJANDRA RUEDA CUELLAR		Email contacto	deisyrueda@usantotomas.edu.co
Fecha Ingreso	22-01-2020		Fecha Emisión	18-02-2020
Información de la Muestra Enviada por el Cliente				
Cultivo/Varietal	NO_ESPECIFICADO - NO ESPECIFICADO		Lote / Bloque	2 TESTIGO - PREDIO
Municipio/Departamento/Finca	GRANADA - META	N.S.	Contrato N°	COT 2019 - 1645
Información adicional	NINGUNA		Condiciones recepción	CONFORME
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO				
Variable	Expresión/Sigla	Resultados	Unidades	Extractante/Técnica/Referencia
Cadmio Total	Cd	723	ug/kg	MVH Ác. Nitrógeno EPA 3051 A / EAA-HG / EPA 200.9
Observaciones a los resultados:			Convenciones:	
NINGUNO			N.R. No registra / N.A. No Aplica / Sln. Solución / N.S. No Suministrada / N.D. No Detectado / MVH Mineralización Via Húmeda / M.I. Muestra Insuficiente EAA Espectroscopia de Absorción Atómica / EAA Espectroscopia de Emisión Atómica	

---- Fin del Reporte de Resultados Analíticos ----

Autorizado por:

Teresa Cocco
Subgerencia Técnica - Química - PQ 2155

Revisado por:

Adriana Navarro
Coordinador de Área-Lic. en Química-

---- Fin del Informe ----

Notas:

1. El presente informe registra fielmente los resultados de las variables solicitadas por el cliente y corresponden exclusivamente a la muestra enviada y analizada en las fechas indicadas.
2. El informe solo tiene validez si está firmado por el personal autorizado por AGRILAB LABORATORIOS S.A.S.
3. El presente informe no puede ser reproducido parcial o totalmente, salvo autorización expresa por parte del laboratorio AGRILAB S.A.S.
4. La fecha de ejecución de los ensayos, corresponde al periodo comprendido entre la fecha de ingreso y la fecha de emisión del presente informe de resultados.
5. AGRILAB LABORATORIOS S.A.S. no presta los servicios de muestreo en campo, por lo tanto la idoneidad y representatividad de la muestra analizada y por ende de sus resultados, es responsabilidad del remitente de la misma.
6. En el caso de análisis subcontratados, AGRILAB LABORATORIOS S.A.S. es responsable frente al cliente del trabajo realizado por el subcontratista, siempre y cuando este haya sido aprobado y contratado por el laboratorio y aceptado por el cliente.
7. La verificación de resultados mediante ensayos de laboratorio, se realizará máximo 15 días hábiles luego de emitido el presente informe de resultados, siempre y cuando las condiciones de estabilidad del análisis en la muestra permitan su reproducibilidad.
8. En Agrilab estamos interesados en la satisfacción de nuestros clientes. Para conocer sus Peticiones, Quejas, Reclamos o Sugerencias (PQRS) sobre los resultados emitidos y/o los servicios prestados, hemos dispuesto el siguiente correo electrónico: serviciocliente@agrilab.com.co, por favor comuníquese con nosotros a través de este medio y con gusto le brindaremos una respuesta clara y oportuna a su solicitud.

CIENCIA Y TECNOLOGÍA AL SERVICIO DEL SECTOR AGRÍCOLA E INDUSTRIAL
Calle 798 N° 70-16 Bogotá, D.C. PBX: 745 4697 - 223 1999
Para quejas, Reclamos y Sugerencias comuníquese al E-mail: serviciocliente@agrilab.com.co
www.agrilab.com.co



INFORME DE RESULTADOS

**ÁREA DE ANÁLISIS DE MATERIAL
VEGETAL**

N° Informe	02079-V1-2020		N° Laboratorio	AMV-00546-2020
Información del Cliente				
Remitente	DEICY ALEJANDRA RUEDA CUELLAR		Responsable	SRA. DEICY ALEJANDRA RUEDA CUELLAR
Propietario	SRA. DEICY ALEJANDRA RUEDA CUELLAR		Email contacto	deisyrueda@usantotomas.edu.co
Fecha Ingreso	22-01-2020		Fecha Emisión	05-02-2020
Información de la Muestra Enviada por el Cliente				
Cultivo/Variedad	ARROZ - NO ESPECIFICADO		Lote / Bloque	1 - PREDIO
Municipio/Departamento/Finca	GRANADA - META	N.S.	Contrato N°	COT 2019 - 1645
Información adicional	NINGUNA		Condiciones recepción	CONFORME
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO				
Variable	Expresión/Sigla	Resultados	Unidades	Extractante/Técnica/Referencia
Cadmio	Cd	10.4	mg/kg	MVH Agua Regia NTC 5167 / EAA-HG / EPA 200.9
Observaciones a los resultados:			Convenciones:	
NINGUNO			N.R. No registra / N.A. No Aplica / Sin. Solución / N.S. No Suministrada / N.D. No Detectado / MVH Mineralización Vía Húmeda / M.I. Muestra Insuficiente EAA Espectroscopía de Absorción Atómica / EAA Espectroscopía de Emisión Atómica	

---- Fin del Reporte de Resultados Analíticos ----

Autorizado por:

 Teresa Cocco
 Subgerencia Técnica - Química - PQ 2155

Revisado por:

 Paola Díaz
 Coordinador de Área-Química-PQ 3257

---- Fin del Informe ----

Notas:

1. El presente informe registra fielmente los resultados de las variables solicitadas por el cliente y corresponden exclusivamente a la muestra enviada y analizada en las fechas indicadas.
2. El informe solo tiene validez si está firmado por el personal autorizado por AGRILAB LABORATORIOS S.A.S.
3. El presente informe no puede ser reproducido parcial o totalmente, salvo autorización expresa por parte del laboratorio AGRILAB S.A.S.
4. La fecha de ejecución de los ensayos, corresponde al periodo comprendido entre la fecha de ingreso y la fecha de emisión del presente informe de resultados.
5. AGRILAB LABORATORIOS S.A.S. no presta los servicios de muestreo en campo, por lo tanto la idoneidad y representatividad de la muestra analizada y por ende de sus resultados, es responsabilidad del remitente de la misma.
6. En el caso de análisis subcontratados, AGRILAB LABORATORIOS S.A.S. es responsable frente al cliente del trabajo realizado por el subcontratista, siempre y cuando este haya sido aprobado y contratado por el laboratorio y aceptado por el cliente.
7. La verificación de resultados mediante ensayos de laboratorio, se realizará máximo 15 días hábiles luego de emitido el presente informe de resultados, siempre y cuando las condiciones de estabilidad del análisis en la muestra permitan su reproducibilidad.
8. En Agrilab estamos interesados en la satisfacción de nuestros clientes. Para conocer sus Peticiones, Quejas, Reclamos o Sugerencias (PQRS) sobre los resultados emitidos y/o los servicios prestados, hemos dispuesto el siguiente correo electrónico: serviciocliente@agrilab.com.co, por favor comuníquese con nosotros a través de este medio y con gusto le brindaremos una respuesta clara y oportuna a su solicitud.

CIENCIA Y TECNOLOGÍA AL SERVICIO DEL SECTOR AGRÍCOLA E INDUSTRIAL

Calle 79B N° 70-16 Bogotá, D.C. PBX: 745 4697 - 223 1999

Para quejas, Reclamos y Sugerencias comuníquese al E-mail: serviciocliente@agrilab.com.co



INFORME DE RESULTADOS

ÁREA DE ANÁLISIS DE MATERIAL VEGETAL

N° Informe	02078-V1-2020		N° Laboratorio	AMV-00547-2020	
Información del Cliente					
Remitente	DEICY ALEJANDRA RUEDA CUELLAR		Responsable	SRA. DEICY ALEJANDRA RUEDA CUELLAR	
Propietario	SRA. DEICY ALEJANDRA RUEDA CUELLAR		Email contacto	deisyrueda@usantotomas.edu.co	
Fecha Ingreso	22-01-2020		Fecha Emisión	05-02-2020	
Información de la Muestra Enviada por el Cliente					
Cultivo/Variedad	ARROZ - NO ESPECIFICADO		Lote / Bloque	2 - PREDIO	
Municipio/Departamento/Finca	GRANADA - META	N.S.	Contrato N°	COT 2019 - 1645	
Información adicional	NINGUNA		Condiciones recepción	CONFORME	
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO					
Variable	Expresión/Sigla	Resultados	Unidades	Extractante/Técnica/Referencia	
Cadmio	Cd	38.8	mg/kg	MVH Agua Regia NTC 5187 / EAA-HG / EPA 200.9	
Observaciones a los resultados:			Convenciones:		
NINGUNO			N.R. No registra / N.A. No Aplica / Sin. Solución / N.S. No Suministrada / N.D. No Detectado / MVH Mineralización Vía Húmeda / M.I. Muestra Insuficiente EAA Espectroscopia de Absorción Atómica / EAA Espectroscopia de Emisión Atómica		

---- Fin del Reporte de Resultados Analíticos ----

Autorizado por:

Teresa Cocco
Subgerencia Técnica - Química - PQ 2155

Revisado por:

Paola Díaz
Coordinador de Área-Química-PQ 3257

---- Fin del Informe ----

Notas:

1. El presente informe registra fielmente los resultados de las variables solicitadas por el cliente y corresponden exclusivamente a la muestra enviada y analizada en las fechas indicadas.
2. El informe solo tiene validez si está firmado por el personal autorizado por AGRILAB LABORATORIOS S.A.S.
3. El presente informe no puede ser reproducido parcial o totalmente, salvo autorización expresa por parte del laboratorio AGRILAB S.A.S.
4. La fecha de ejecución de los ensayos, corresponde al periodo comprendido entre la fecha de ingreso y la fecha de emisión del presente informe de resultados.
5. AGRILAB LABORATORIOS S.A.S. no presta los servicios de muestreo en campo, por lo tanto la idoneidad y representatividad de la muestra analizada y por ende de sus resultados, es responsabilidad del remitente de la misma.
6. En el caso de análisis subcontratados, AGRILAB LABORATORIOS S.A.S. es responsable frente al cliente del trabajo realizado por el subcontratista, siempre y cuando este haya sido aprobado y controlado por el laboratorio y aceptado por el cliente.
7. La verificación de resultados mediante ensayos de laboratorio, se realizará máximo 15 días hábiles luego de emitido el presente informe de resultados, siempre y cuando las condiciones de estabilidad del análisis en la muestra permitan su reproducibilidad.
8. En Agrilab estamos interesados en la satisfacción de nuestros clientes. Para conocer sus Peticiones, Quejas, Reclamos o Sugerencias (PQRS) sobre los resultados emitidos y/o los servicios prestados, hemos dispuesto el siguiente correo electrónico: serviciocliente@agrilab.com.co, por favor comuníquese con nosotros a través de este medio y con gusto le brindaremos una respuesta clara y oportuna a su solicitud.

CIENCIA Y TECNOLOGÍA AL SERVICIO DEL SECTOR AGRÍCOLA E INDUSTRIAL
Calle 79B N° 70-16 Bogotá, D.C. PBX: 745 4697 - 223 1999
Para quejas, Reclamos y Sugerencias comuníquese al E-mail: serviciocliente@agrilab.com.co
www.agrilab.com.co



INFORME DE RESULTADOS

ÁREA DE ANÁLISIS DE SUELOS



Informe N°	02220-V3-2020		N° de Laboratorio	ASU-00894-2020		
Información del Cliente						
Remitente	DEICY ALEJANDRA RUEDA CUELLAR		Responsable	SRA. DEICY ALEJANDRA RUEDA CUELLAR		
Propietario	SRA. DEICY ALEJANDRA RUEDA CUELLAR		email contacto	deisyrueda@usantotomas.edu.co		
Fecha Ingreso	22-01-2020		Fecha Emisión	10-02-2020		
Información de la Muestra enviada por el cliente						
Cultivo / Variedad	NO_ESPECIFICADO - NO ESPECIFICADO		Lote / Bloque	1 - PREDIO		
Municipio/Departamento/Finca	GRANADA - META	N.S.	N° Contrato	N.A.		
Información adicional	NINGUNA		Condiciones recepción	CONFORME		
ANÁLISIS CONVENCIONAL DE SUELO CAMPO						
Variable	Expresión / Sigla	Resultados	Unidades	Rango Medio		Extractante/Técnica/Referencia
pH	pH	5.63	pH_unit	N.R.	N.R.	Pasta de saturación / Conductimétrico / USDA Salinity Laboratory
Conductividad Eléctrica	CE	0.80	dS/m	N.R.	N.R.	Pasta de saturación / Conductimétrico / USDA Salinity Laboratory
Capacidad de Intercambio Catiónica Efectiva	CICE	3.59	meq/100g	N.R.	N.R.	Cálculo
Saturación de Humedad Media	N.A.	20.0	%	N.R.	N.R.	Pasta de saturación / Gravimétrico / USDA Salinity Laboratory
Carbono Orgánico Oxidable	COOx	1.32	%	N.R.	N.R.	Sin. Dicromato de Potasio / Colorimétrico / NTC 5403 Walkley-Black
Materia Orgánica	MO	2.28	%	N.R.	N.R.	Cálculo
Nitrógeno Total	N Total	0.110	%	N.R.	N.R.	Cálculo
Densidad Aparente	d.a.	1.40	g/cm3	N.R.	N.R.	Cálculo
Determinación de Textura						
Arcilla	Tex.	30.0		%		Análisis directo / Método de Bouyoucos
Arena	Tex.	60.0		%		Análisis directo / Método de Bouyoucos
Limo	Tex.	10.0		%		Análisis directo / Método de Bouyoucos
Textura	Tex.	Franco Arcillo Arenoso		Adimensional		Análisis directo / Método de Bouyoucos
Variable	Expresión	Resultado (mg/kg)	Resultado (meq/100g)	Rango medio		Extractante / Técnica / Referencia
Potasio Intercambiable	K	334	0.854	N.R.	N.R.	Sin. Acetato de Amonio / EEA / NTC 5349
Calcio Intercambiable	Ca	405	2.02	N.R.	N.R.	Sin. Acetato de Amonio / EAA / NTC 5349
Magnesio Intercambiable	Mg	62.0	0.510	N.R.	N.R.	Sin. Acetato de Amonio / EAA / NTC 5349
Sodio Intercambiable	Na	48.0	0.209	N.R.	N.R.	Sin. Acetato de Amonio / EEA / NTC 5349
Acidez Intercambiable	Ac. Inter.	No Aplica.	No Aplica.	N.R.	N.R.	Sin. KCl 1N / Volumétrico / NTC 5263
Hierro	Fe	909	N.A.	N.R.	N.R.	Sin. Ácida Mehlich 1 / EAA / NTC 5526
Manganeso	Mn	173	N.A.	N.R.	N.R.	Sin. Ácida Mehlich 1 / EAA / NTC 5526
Cobre	Cu	5.54	N.A.	N.R.	N.R.	Sin. Ácida Mehlich 1 / EAA / NTC 5526

Cadmio En Suelo y Cultivo De Arroz

Variable	Expresión	Resultado (mg/kg)	Resultado (meq/100g)	Rango medio		Extractante / Técnica / Referencia
Zinc	Zn	3.82	N.A.	N.R.	N.R.	Sin. Ácida Mehlich I / EAA / NTC 5526
Boro	B	0.434	N.A.	N.R.	N.R.	Sin. Fosfato Monobásico de Calcio / Colorimétrico / Método Interno
Fósforo	P	126	N.A.	N.R.	N.R.	Sin. Bray II / Colorimétrico / NTC 5350
Azufre	S	22.2	N.A.	N.R.	N.R.	Sin. Fosfato Monobásico de Calcio / Turbidimétrico / Método Interno
RELACIONES MATEMÁTICAS						
Variable	Expresión	Resultado		Unidades		Extractante / Técnica / Referencia
Saturación de Magnesio	Sat. Mg	14.2		%		Cálculo
Saturación de Sodio	Sat. Na	5.82		%		Cálculo
Saturación de Aluminio	Sat. Al	No Aplica.		%		Cálculo
Saturación de Potasio	Sat. K	23.8		%		Cálculo
Saturación de Calcio	Sat. Ca	56.3		%		Cálculo
Relación Calcio/Magnesio	Ca/Mg	3.96		Adimensional		Relación matemática
Relación Calcio/Potasio	Ca/K	2.37		Adimensional		Relación matemática
Relación Magnesio/Potasio	Mg/K	0.597		Adimensional		Relación matemática
Relación (Ca+Mg)/K	(Ca+Mg)/K	2.96		Adimensional		Relación matemática
Observaciones a los resultados:			Convenciones:			
Modificación a la V1 emitida el 07/02/2020 por corrección en el cálculo de materia orgánica.			N.R. No registra / N.A. No Aplica / Sin. Solución / N.S. No Suministrada / N.D.No Detectado MVH Mineralización Vía Húmeda / M.I. Muestra Insuficiente EAA Espectroscopia de Absorción Atómica / EAA Espectroscopia de Emisión Atómica			

---- Fin del Reporte de Resultados Analíticos ----

Autorizado por:



Teresa Cocco

Subgerencia Técnica - Química - PQ 2155

Revisado por:



Adriana Navarro

Coordinador de Área-Lic. en Química

---- Fin del Informe ----

Notas:

1. El presente informe registra fielmente los resultados de las variables solicitadas por el cliente y corresponden exclusivamente a la muestra enviada y analizada en las fechas indicadas.
2. El informe solo tiene validez si está firmado por el personal autorizado por AGRILAB LABORATORIOS S.A.S.
3. El presente informe no puede ser reproducido parcial o totalmente, salvo autorización expresa por parte del laboratorio AGRILAB S.A.S.
4. La fecha de ejecución de los ensayos, corresponde al periodo comprendido entre la fecha de ingreso y la fecha de emisión del presente informe de resultados.
5. AGRILAB LABORATORIOS S.A.S. no presta los servicios de muestreo en campo, por lo tanto la idoneidad y representatividad de la muestra analizada y por ende de sus resultados, es responsabilidad del remitente de la misma.
6. En el caso de análisis subcontratados, AGRILAB LABORATORIOS S.A.S. es responsable frente al cliente del trabajo realizado por el subcontratista, siempre y cuando este halla sido aprobado y contratado por el laboratorio y aceptado por el cliente.
7. La verificación de resultados mediante ensayos de laboratorio, se realizará máximo 15 días hábiles luego de emitido el presente informe de resultados, siempre y cuando las condiciones de estabilidad del analito en la muestra permitan su reproducibilidad.
8. Los valores de los Niveles Medios corresponden a los reportados en las siguientes referencias: "Fertilización de cultivos en clima frío (1998), Fertilización de cultivos en clima medio (1998) y Fertilización de cultivos en clima cálido, editados por Guerrero R. y publicados por Monómeros Colombo Venezolanos S.A." Su interpretación y aplicación es responsabilidad del profesional de campo responsable de la muestra.
9. En Agrilab estamos interesados en la satisfacción de nuestros clientes. Para conocer sus Peticiones, Quejas, Reclamos o Sugerencias (PQRS) sobre los resultados emitidos y/o los servicios prestados, hemos dispuesto el siguiente correo electrónico: servicioalcliente@agrilab.com.co, por favor comuníquese con nosotros a través de este medio y con gusto le brindaremos una respuesta clara y oportuna a su solicitud.

CIENCIA Y TECNOLOGÍA AL SERVICIO DEL SECTOR AGRÍCOLA E INDUSTRIAL

Calle 798 N° 70-16 Bogotá, D.C. PBX: 745 4697 - 223 1999

Para Peticiones, Quejas, Reclamos y Sugerencias comuníquese al E-mail: servicioalcliente@agrilab.com.co



INFORME DE RESULTADOS

ÁREA DE ANÁLISIS DE SUELOS



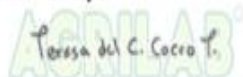
Informe N°	02219-V3-2020		N° de Laboratorio	ASU-00895-2020		
Información del Cliente						
Remitente	DEICY ALEJANDRA RUEDA CUELLAR		Responsable	SRA. DEICY ALEJANDRA RUEDA CUELLAR		
Propietario	SRA. DEICY ALEJANDRA RUEDA CUELLAR		email contacto	deisyrueda@usantotomas.edu.co		
Fecha Ingreso	22-01-2020		Fecha Emisión	10-02-2020		
Información de la Muestra enviada por el cliente						
Cultivo / Variedad	NO_ESPECIFICADO - NO ESPECIFICADO		Lote / Bloque	2 - PREDIO		
Municipio/Departamento/Finca	GRANADA - META	N.S.	N° Contrato	N.A.		
Información adicional	NINGUNA		Condiciones recepción	CONFORME		
ANÁLISIS CONVENCIONAL DE SUELO CAMPO						
Variable	Expresión / Sigla	Resultados	Unidades	Rango Medio		Extractante/Técnica/Referencia
pH	pH	4.87	pH_unit	N.R.	N.R.	Pasta de saturación / Conductimétrico / USDA Salinity Laboratory
Conductividad Eléctrica	CE	0.83	dS/m	N.R.	N.R.	Pasta de saturación / Conductimétrico / USDA Salinity Laboratory
Capacidad de Intercambio Catiónica Efectiva	CICE	3.70	meq/100g	N.R.	N.R.	Cálculo
Saturación de Humedad Media	N.A.	19.3	%	N.R.	N.R.	Pasta de saturación / Gravimétrico / USDA Salinity Laboratory
Carbono Orgánico Oxidable	COOx	0.582	%	N.R.	N.R.	Sh. Dicromato de Potasio / Colorimétrico / NTC 5403 Walkley-Black
Materia Orgánica	MO	1.00	%	N.R.	N.R.	Cálculo
Nitrógeno Total	N Total	0.049	%	N.R.	N.R.	Cálculo
Densidad Aparente	d.a.	1.26	g/cm3	N.R.	N.R.	Cálculo
Determinación de Textura						
Arcilla	Tex.	28.0			%	Análisis directo / Método de Bouyoucos
Arena	Tex.	68.0			%	Análisis directo / Método de Bouyoucos
Limo	Tex.	4.00			%	Análisis directo / Método de Bouyoucos
Textura	Tex.	Franco Arcillo Arenoso		Adimensional		Análisis directo / Método de Bouyoucos
Variable	Expresión	Resultado (mg/kg)	Resultado (meq/100g)	Rango medio		Extractante / Técnica / Referencia
Potasio Intercambiable	K	196	0.502	N.R.	N.R.	Sin. Acetato de Amonio / EEA / NTC 5349
Calcio Intercambiable	Ca	453	2.26	N.R.	N.R.	Sin. Acetato de Amonio / EAA / NTC 5349
Magnesio Intercambiable	Mg	72.0	0.592	N.R.	N.R.	Sin. Acetato de Amonio / EAA / NTC 5349
Sodio Intercambiable	Na	36.0	0.157	N.R.	N.R.	Sin. Acetato de Amonio / EEA / NTC 5349
Acidez Intercambiable	Ac. Inter.	16.9	0.188	N.R.	N.R.	Sin. KCl 1N / Volumétrico / NTC 5263
Hierro	Fe	451	N.A.	N.R.	N.R.	Sin. Ácido Mehlich I / EAA / NTC 5526
Manganeso	Mn	25.7	N.A.	N.R.	N.R.	Sin. Ácido Mehlich I / EAA / NTC 5526
Cobre	Cu	4.41	N.A.	N.R.	N.R.	Sin. Ácido Mehlich I / EAA / NTC 5526

Cadmio En Suelo y Cultivo De Arroz

Variable	Expresión	Resultado (mg/kg)	Resultado (meq/100g)	Rango medio		Extractante / Técnica / Referencia
Zinc	Zn	5.65	N.A.	N.R.	N.R.	Sin. Ácida Mehlich I / EAA / NTC 5526
Boro	B	0.434	N.A.	N.R.	N.R.	Sin. Fosfato Monobásico de Calcio / Colorimétrico / Método Interno
Fósforo	P	100	N.A.	N.R.	N.R.	Sin. Bray II / Colorimétrico / NTC 5350
Azufre	S	9.66	N.A.	N.R.	N.R.	Sin. Fosfato Monobásico de Calcio / Turbidimétrico / Método Interno
RELACIONES MATEMÁTICAS						
Variable	Expresión	Resultado		Unidades	Extractante / Técnica / Referencia	
Saturación de Magnesio	Sat. Mg	16.0		%	Cálculo	
Saturación de Sodio	Sat. Na	4.24		%	Cálculo	
Saturación de Aluminio	Sat. Al	5.08		%	Cálculo	
Saturación de Potasio	Sat. K	13.6		%	Cálculo	
Saturación de Calcio	Sat. Ca	61.1		%	Cálculo	
Relación Calcio/Magnesio	Ca/Mg	3.82		Adimensional	Relación matemática	
Relación Calcio/Potasio	Ca/K	4.50		Adimensional	Relación matemática	
Relación Magnesio/Potasio	Mg/K	1.18		Adimensional	Relación matemática	
Relación (Ca+Mg)/K	(Ca+Mg)/K	5.68		Adimensional	Relación matemática	
Observaciones a los resultados:			Convenciones:			
Modificación a la V1 emitida el 07/02/2020 por corrección en el cálculo de materia orgánica.			N.R. No registra / N.A. No Aplica / Sin. Solución / N.S. No Suministrada / N.D.No Detectado / MVH Mineralización Vía Húmeda / M.I. Muestra Insuficiente / EAA Espectroscopia de Absorción Atómica / EAA Espectroscopia de Emisión Atómica			

---- Fin del Reporte de Resultados Analíticos ----

Autorizado por:



Teresa Cocco
Subgerencia Técnica - Química - PQ 2155

Revisado por:



Adriana Navarro
Coordinador de Área-Lic. en Química

---- Fin del Informe ----

Notas:

1. El presente informe registra fielmente los resultados de las variables solicitadas por el cliente y corresponden exclusivamente a la muestra enviada y analizada en las fechas indicadas.
2. El informe solo tiene validez si está firmado por el personal autorizado por AGRILAB LABORATORIOS S.A.S.
3. El presente informe no puede ser reproducido parcial o totalmente, salvo autorización expresa por parte del laboratorio AGRILAB S.A.S.
4. La fecha de ejecución de los ensayos, corresponde al periodo comprendido entre la fecha de ingreso y la fecha de emisión del presente informe de resultados.
5. AGRILAB LABORATORIOS S.A.S. no presta los servicios de muestreo en campo, por lo tanto la idoneidad y representatividad de la muestra analizada y por ende de sus resultados, es responsabilidad del remitente de la misma.
6. En el caso de análisis subcontratados, AGRILAB LABORATORIOS S.A.S. es responsable frente al cliente del trabajo realizado por el subcontratista, siempre y cuando este halla sido aprobado y contratado por el laboratorio y aceptado por el cliente.
7. La verificación de resultados mediante ensayos de laboratorio, se realizará máximo 15 días hábiles luego de emitido el presente informe de resultados, siempre y cuando las condiciones de estabilidad del analito en la muestra permitan su reproducibilidad.
8. Los valores de los Niveles Medios corresponden a los reportados en las siguientes referencias: "Fertilización de cultivos en clima frío (1996), Fertilización de cultivos en clima medio (1995) y Fertilización de cultivos en clima cálido, editados por Guerrero R. y publicados por Mondreros Colombo Venezolanos S.A." Su interpretación y aplicación es responsabilidad del profesional de campo responsable de la muestra.
9. En Agrilab estamos interesados en la satisfacción de nuestros clientes. Para conocer sus Peticiones, Quejas, Reclamos o Sugerencias (PQRS) sobre los resultados emitidos y/o los servicios prestados, hemos dispuesto el siguiente correo electrónico: servicioalcliente@agrilab.com.co, por favor comuníquese con nosotros a través de este medio y con gusto le brindaremos una respuesta clara y oportuna a su solicitud.

CIENCIA Y TECNOLOGÍA AL SERVICIO DEL SECTOR AGRÍCOLA E INDUSTRIAL

Calle 79B N° 70-16 Bogotá, D.C. PBX: 745 4697 - 223 1999

Para Peticiones, Quejas, Reclamos y Sugerencias comuníquese al E-mail: servicioalcliente@agrilab.com.co
www.agrilab.com.co