

Segundo Año de Crecimiento y Germinación de las Especies de Maíz (*Zea mays, L*) y Frijol (*Phaseolus vulgaris, L*) en Suelos Contaminados por Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) en el Predio Primavera Ubicado en el Kilómetro 4, Vía Mocoa Pitalito.

Luisa Fernanda Bravo Tapia

Deisy Marisol López Díaz

Instituto Tecnológico del Putumayo

Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas

Ingeniería Forestal

Mocoa Putumayo

2020

Segundo Año de Crecimiento y Germinación de las Especies de Maíz (*Zea mays, L*) y Frijol (*Phaseolus vulgaris, L*) en Suelos Contaminados por Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) en el Predio Primavera Ubicado en el Kilómetro 4, Vía Mocoa Pitalito.

Luisa Fernanda Bravo Tapia

Deisy Marisol López Díaz

Tesis de Grado para optar al título de Ingeniera forestal

Asesor:

Pablo Emilio Moreno Ortega

Coasesor

Lilliana María Rodríguez Andrade

Instituto Tecnológico del Putumayo

Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas

Ingeniería Forestal

Mocoa Putumayo

2020

Hoja de responsabilidad

Nosotros, Luisa Fernanda Bravo Tapia y Deisy Marisol López Díaz, somos responsables de las ideas, procesos y resultados expuestos en este Trabajo de Grado y el Patrimonio intelectual del mismo pertenecen al Instituto Tecnológico del Putumayo.

Luisa Bravo

Marisol López D.

LUISA FERNANDA BRAVO TAPIA
C.C. No. 1.124.862.927. de Mocoa (P)

DEISY MARISOL LOPEZ DIAZ
C.C. No. 1.124.316.166 de Colon (P)

Acta de aprobación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Dedicatoria

Desde lo más profundo de nuestros corazones dedicamos este gran logro a Dios, por habernos acompañado en cada una de nuestras travesías, dificultades y sobre todo en los momentos de alegría y triunfo; por darnos la fuerza para no desfallecer y por ser el precursor de nuestro propio éxito.

A mi familia, y en especial a nuestros padres Claudia Marcela Díaz, José Antonio López y Edith Bellanir Bravo, quienes han sido nuestro apoyo y nos han acompañado constantemente en el transcurso de nuestra vida, y con su esfuerzo, amor y dedicación nos han ayudado a cumplir esta gran etapa.

Agradecimientos

Agradecemos la culminación de esta etapa de nuestra vida a Dios, por ser nuestro guía, apoyo y compañero en los momentos de angustia y alegría, por darnos sabiduría, paciencia, constancia y sobre todo por la fe y las bendiciones que nos depara cada día.

A nuestras familias por brindarnos apoyo incondicional, por la excelente educación que nos impartieron desde casa y por el gran ejemplo que nos han enseñado día a día ayudando a forjar nuestro proceso profesional, familiar y humano.

A nuestro asesor Pablo Emilio Moreno por su esfuerzo, dedicación y acompañamiento en todo el desarrollo de este estudio; por la responsabilidad proporcionada y por haberse ganado nuestra apreciación, cariño y admiración por su labor como docente.

A la docente Liliana Rodríguez por ser la precursora principal en este proceso de investigación, por su apoyo y acompañamiento en la construcción, ejecución y culminación del proyecto y sobre todo por la bella amistad forjada durante nuestro proceso de formación.

A mi amiga por apoyarme en los momentos de logros y dificultades, a ella, por mantener la constancia y la perseverancia y sobre todo por la bella amistad que este proceso de éxito nos hizo forjar.

Al Instituto Tecnológico del Putumayo por brindarnos las herramientas que hicieron posible este gran logro.

Resumen

En este trabajo se dan a conocer los posibles efectos que pueden producir los RAEE y sus posibles manifestaciones en la germinación y crecimiento de las especies de maíz (*Zea mays*,L) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L), basado en el establecimiento de un ensayo de simulación en el predio Primavera, ubicado en la vereda Pueblo Viejo del Municipio de Mocoa, Departamento del Putumayo a fin de poder evaluar en una área específica y manipulable las causas y posibles consecuencias que pueden surgir durante el desarrollo de la siembra y germinación de las plantas ya mencionadas y conocer los factores directos que retrasan estos dos factores. Esta visión permitió crear una perspectiva de análisis basada en el primer año de seguimiento ya realizado, por lo que va enfocada en la evaluación e incidencia de los RAEE frente a cultivos o plantas transitorias que se manejan en el sector agrícola, que por su rápido crecimiento y desarrollo permitió hacer el estudio de manera detallada y real con base a la presencia de contaminantes en su estructura foliar, tallo, estructura panicular, producción de biomasa, entre otros aspectos que permitieron conocer de forma minuciosa la incidencia de metales pesados en el desarrollo de las mismas.

Palabras clave: Germinación, ensayos de simulación, contaminantes, transitorios, estructura foliar, estructura panicular, biomasa, metales pesados.

Abstract

In this work, the possible effects that RAEE can produce and its possible manifestations in the germination and growth of the species of corn (*Zea mays*, L) and beans (*Phaseolus vulgaris* L) are disclosed, based on the establishment of a trial simulation in the Primavera property, located in the village of Pueblo Viejo in the Municipality of Mocoa, Putumayo Department in order to be able to evaluate in a specific and manipulable area the causes and possible consequences that may arise during the development of planting and germination of the plants already mentioned and know the direct factors that delay these two factors. This vision allowed creating an analysis perspective based on the first year of monitoring already carried out, so it is focused on the evaluation and incidence of WEEE against crops or transitory plants that are managed in the agricultural sector, which due to its rapid growth and development allowed the study to be carried out in a detailed and real way based on the presence of contaminants in its foliar structure, stem, panicular structure, biomass production, among other aspects that allowed to know in a minute way the incidence of heavy metals in the development of the same.

Keywords: Germination, simulation test, contaminants, transients, leaf structure, panicular structure, biomass, heavy metals.

Abreviaturas

RAEE: Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos

ONGs: Organizaciones no Gubernamentales

ITP: Instituto Tecnológico del Putumayo

Contenido

1.	Generalidades	15
1.1.	Título	15
1.2.	Planteamiento del Problema	15
1.2.1.	Formulación del Problema	15
1.2.2.	Descripción del Problema	15
1.3.	Objetivos.....	19
1.3.1.	Objetivo General	19
1.3.2.	Objetivos Específicos	19
1.4.	Justificación	19
2.	Marco de Referencia	24
2.1.	Marco Contextual	24
2.2.	Estado del Arte	24
2.3.	Marco Teórico	30
2.4.	Marco Legal.....	33
2.5.	Marco Conceptual.....	35
3.	Metodología	37
3.1.	Tipo de Investigación	37
3.2.	Línea de Investigación.....	37
3.3.	Sublínea de Investigación.....	37

3.4. Técnicas y Herramientas de Recolección de Información	38
4. Análisis de Resultados	50
4.1. Resultados de Siembra.....	50
4.2. Comparativo entre testigo limpio y parcela contaminada	60
5. Cronograma de Actividades	65
6. Presupuesto.....	66
Conclusiones	68
Recomendaciones.....	70
Bibliografía	72

Lista de graficas

Grafica 1. Porcentaje de germinación de las semillas de maíz ((Z. mays, L).....	51
Grafica 2. Promedio del numero de individuos de siembra por parcela	52
Grafica 3. Promedio total de siembra de semillas de maíz (Z. mays,L) durante los cuatro periodos de siembra.	52
Grafica 4. Área foliar total correspondiente a las plantas de maíz (Z. mays,L).....	54
Grafica 5. Porcentaje de cenizas correspondiente a las muestras de maíz (Z. mays,L).....	57
Grafica 6. Biomasa total correspondiente a las muestras de maíz (Z. mays,L) recolectadas.	59
Grafica 7. Índice de crecimiento del testigo limpio vs parcelas contaminadas de las plantas de maíz (Z. mays,L).....	60
Grafica 8. Contenido de humedad del testigo limpio vs parcelas contaminadas con plantas de maíz (Z. mays,L).....	62
Grafica 9. Contenido de cenizas de testigo limpio vs parcelas contaminadas con base a las plantas de maíz (Z. mays,L).....	63
Grafica 10. Biomasa total del testigo limpio vs parcelas contaminadas con base a las plantas de maíz (Z. mays,L)	64

Lista de tablas

Tabla 1. Antecedentes correspondientes a investigaciones ya realizadas sobre investigación con RAEE	24
Tabla 2. Normatividad Legal	33

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Limpieza del terreno	39
Ilustración 2. Área deshierbada	39
Ilustración 3. Delimitación de parcelas en el área contaminada.....	40
Ilustración 4. Demarcación de los puntos de siembra en cada parcela.....	40
Ilustración 5. Índice de germinación de las plantas de maíz (Z. mays, L).	41
Ilustración 6. Evaluación de plantas germinadas de maíz (Z. mays, L) en la parcela testigo vs parcelas contaminadas	41
Ilustración 7. Medición de crecimiento a los 15 días de germinación del maíz.....	43
Ilustración 8. Medición de crecimiento a los 20 días de germinación del maíz.....	43
Ilustración 9. Preparación de Muestras para análisis.....	44
Ilustración 10. Preparación de Muestras en crisoles.....	44
Ilustración 11. Selección de muestras de maíz (Z. mays, L)	45
Ilustración 12. Pesaje de las muestras de maíz (Z. mays, L).....	45
Ilustración 13. Muestras de maíz (Z. mays, L) sometidas a horno.....	47
Ilustración 14. Muestras de maíz (Z. mays, L) sometidas al desecador después de retirarlas del horno	47
Ilustración 15. Secado de las muestras de Z. mays, L) después de ser sometidas al horno Mufla	49
Ilustración 16. Pesaje de las cenizas de Z. mays, L)	49

1. Generalidades

1.1. Título

Segundo año de crecimiento y germinación de las especies de maíz (*Zea mays, L*) y frijol (*Phaseolus vulgaris, L*) en suelos contaminados por residuos de aparatos eléctricos y electrónico (RAEEs) en el predio primavera ubicado en el kilómetro 4, vía Mocoa Pitalito.

1.2. Planteamiento del Problema

1.2.1. Formulación del Problema

¿Qué efectos produce un suelo contaminado con RAEE en la germinación y desarrollo de las especies maíz (*Z. mays, L*) y frijol (*P vulgaris L.*), en el Predio Primavera ubicado en el kilómetro 4, vía Mocoa Pitalito del Municipio de Mocoa Departamento del Putumayo?

1.2.2. Descripción del Problema

“En el Municipio de Mocoa, Departamento del Putumayo existe un consumo incontrolado de aparatos eléctricos y electrónicos, los cuales representan uno de los mayores contaminantes para el medio ambiente por su composición y por el tiempo de descomposición tan prologando que estos presentan”. (Bienestar Familiar , 2018). La creciente demanda que se está presentando en la industria de tecnologías, han generado una mayor tendencia consumista en la sociedad que implica el deseo de tener acceso a nuevos dispositivos, resaltando que los componentes presentes en los dispositivos electrónicos resultan nocivos tanto para el medio ambiente como para el ser humano y que a su vez generan un sin número de problemáticas de carácter contaminante y a su vez peligroso para la sociedad.

Solo en 2014 se estima que se generaron en el territorio nacional 252 mil toneladas de este tipo de residuos, una cantidad con la que se podrían cargar 7.200 tracto mulas que puestas en línea recta ocuparían los 115 kilómetros. A esto se suma que a pesar de que en el país diversas empresas están certificadas en el manejo de basura electrónica, en la actualidad solo existen cuatro rellenos sanitarios con celdas de seguridad para verter los residuos que finalmente no pueden ser procesados. (Republica, 2019)

No obstante, esta gran problemática permite evidenciar que las personas utilizan más aparatos eléctricos y electrónicos de los que se produce, lo cual se debe a muchas razones entre las que se destaca su valor de utilidad, el manejo que se les da o la exposición a factores externos (agua, altas temperaturas o al aire libre, etc.). Esto implica mayor inversión, mayor consumo, producción, demanda hacia los mercados internos y externos y por ende mayor contaminación en los diferentes tipos de ecosistemas que circundan en la región como en el país.

El director ejecutivo de EcoCómputo explicó que “en el medio ambiente estas sustancias también producen estragos, las plantas absorben con mucha facilidad el arsénico, lo cual estando cerca de cultivos provoca contaminación de los alimentos. El plomo es un elemento químico particularmente peligroso, y se puede acumular en organismos individuales, pero también entra en las cadenas alimenticias cuando es absorbido por el suelo. (colombia, 2002)

Las plantas pueden ser sensibles a la presencia de contaminantes y a su vez pueden sufrir daños significativos que se verán influenciados por la especie a la que pertenecen, su constitución morfológica y fisiológica, estos parámetros representan gran relevancia en la germinación y crecimiento de las plantas ya que puede provocar retraso de crecimiento longitudinal como

diametral, la disminución de la población y por ende su producción. Entre las consecuencias más adversas por la presencia de elementos químicos contaminantes como es el caso de los RAEE, se destacan la degeneración de los tejidos de las hojas, decoloraciones por déficit de clorofila y en grados mayores la parálisis en el crecimiento de las plantas. (Hidalgo, 2009).

Los contaminantes presentes en el suelo y en el agua, pueden incluir metales pesados que ejercen efectos adversos en las etapas de imbibición, germinación y crecimiento, de las plantas, alterando el proceso normal de desarrollo. (Selva, 2018) Sus efectos, sobre las plantas dependerán del tiempo de exposición. Por ello, se requiere verificar si la presencia de los elementos químicos tiene efectos negativos sobre las plantas. (Posada, 2007)

Sin embargo, no hay datos precisos que determinen los niveles de afectación en la germinación, desarrollo y crecimiento de las especies *Z. mays*, *L* y *P. vulgaris* que permitan medir la incidencia de la contaminación generada por RAEE en estos procesos naturales. Gestionar mejor los residuos electrónicos para mitigar los daños ambientales es una tarea conjunta en la que intervienen Estado, ciudadanos y empresarios.

No obstante en esta situación se recalca que las plantas de frijol y maíz sembradas durante el primer año presentaron serias afectaciones tales como diferencia en el porcentaje de germinación para las plantas de maíz; en el caso de las plantas de frijol estas presentaron una inhibición a la presencia de los contaminantes en el suelo, disminución en el contenido de materia seca, carencia de nutrientes en el área foliar en el plantas de maíz provocando que la planta no se desarrolle debidamente durante el proceso de germinación y crecimiento, por lo cual se creó la necesidad de realizar una investigación más exhaustiva consistente en un segundo año de seguimiento y

evaluación y así poder determinar las principales problemáticas efecto de la descomposición de los RAEE que pudieron ser la causa de tales manifestaciones; dentro de las agravaciones más comunes que se presentaron en las plantas evaluadas fueron la disminución de la tolerancia, marchitamiento, mortandad, decoloraciones, etc., estas pueden ejercer sus consecuencias, las cuales pueden reflejarse en tiempos de exposición indeterminados dependiendo de la naturaleza y composición del contaminante que las plantas hayan absorbido y el grado de afectación que puede generar al estar expuesto a medios no controlables por el ser humano.

La situación anterior genero la necesidad de hacer un estudio experimental que permitió determinar cómo puede influir la contaminación con RAEE en las plantas vegetales, ya que se ha evidenciado que en el sector de producción agrícola y zonas productivas las especies vegetales han sido influenciadas por la presencia de metales pesados provenientes de los RAEE, convirtiendo a muchas zonas agrícolas en zonas improductivas.

Cabe mencionar que la propiedad que se destinó al ensayo de simulación, es una zona de propiedad privada que pertenece a uno de los asesores de la investigación, ya que los estudios que se realizaron con EMMAS no fueron viabilizados y no se recibió respuesta alguna y por consiguiente no determinaron otro lugar para dicho proceso; de igual forma, el predio en el que actualmente se hizo la investigación cuenta con todos los permisos suministrados por Corpoamazonia. También se menciona que esta entidad no otorgo los permisos para contaminar otras áreas , por lo que fue necesario desarrollar las investigaciones en este predio privado y que actualmente ya se encuentra contaminado con residuos eléctricos y electrónicos, lo que permitió determinar si los efectos que se presentaron durante el primer año de evaluación , vuelven a repacer en un segundo año de contaminación, ya que pueden presentarse diferencias significativas en cuanto al tiempo de descomposición, lo que pudo generar modificaciones en las plantas ya

mencionadas; este estudio implica un aumento de residuos eléctricos que coadyube a que las manifestaciones varíen entre las dos especies por el tiempo de exposición y por el grado del mismo.

1.3.Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Estudiar el crecimiento y desarrollo de las especies *Z. mays, L* y *P. vulgaris,L*, utilizando ensayos en una parcela contaminada por residuos eléctricos y electrónicos sepultados, localizada en el Predio Primavera ubicado en el kilómetro 4 ,vía Mocoa, -Pitalito.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el impacto que genera la contaminación por RAEE a las especies de *Z. mays, L* y *P. vulgaris,L*
- Medir el porcentaje de germinación y desarrollo de las especies vegetales en función del área foliar y producción de biomasa.
- Comparar el comportamiento de las especies *Z. mays, L* y *P. vulgaris,L* , en suelos contaminado por RAEE sepultados en el Predio Primavera ubicado en el kilómetro 4, vía Mocoa Pitalito.

1.4.Justificación

Actualmente existen muchas normas vigentes destinadas a la protección del entorno; sin embargo, la prioridad se enfoca en las causas principales que producen la contaminación, de ahí el presente estudio va enfocado en conocer la influencia y posibles soluciones que mediante una investigación exhaustiva se puede brindar a la sociedad. Esto debe partir de la normativa que

plantea el estado en cuanto al manejo de los RAEE y sus derivados, por tal motivo, dentro de las normas más aplicadas y actualizadas se tiene la Ley 1672 del 2013 ("por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), y se dictan otras disposiciones") y el decreto 284 del 15 de febrero del 2018 (Por el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015, Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con la Gestión Integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos - RAEE y se dictan otras disposiciones). Esto permite conocer la gestión en el manejo de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, para de esta forma poder establecer investigaciones que permitan conocer la influencia sobre ciertos tipos de especies vegetales, que en este caso aplicaría a las especies de *Z mays*, *L* y *P vulgaris*, *L*.

Se ha visto la necesidad mediante la cual el ser humano a partir de estrategias sostenibles garantice el cuidado del medio ambiente, la protección y conservación de los recursos naturales con el apoyo de organizaciones gubernamentales, ONG, y empresas privadas que busquen invertir en el patrimonio del país. La naturaleza es la encargada de condicionar la forma de vida de los seres humanos con base a la disponibilidad de bienes y servicios ecosistémicos que puede atribuir, siempre y cuando se mantenga y coadyuve a la protección de los mismos, para de esta forma enfrentar a las sociedades presentes y futuras a una forma de vida acoplada a la necesidades y disponibilidad de lo que ofrece el planeta y de la capacidad de aprovechamiento normal por parte de las comunidades y especialmente de las circunstancias tanto positivas o negativas que pueden aparecer por el uso racional o irracional de los recursos naturales y por consiguiente del medio ambiente.

Los aparatos eléctricos y electrónicos son elementos que se manipulan diariamente por los ciudadanos y el funcionamiento de su estructura implica el uso de corriente eléctrica, campos

electromagnéticos y gran variedad de componentes de alta peligrosidad, ya que pueden generar diversas reacciones tanto físicas como químicas, por lo que no pueden estar en contacto directo con los seres humanos y el medio ambiente.

La falta de concientización por parte de las personas implica que estos aparatos sean desechados cuando ya no generan utilidad alguna convirtiéndolos de esta forma en residuos eléctricos y electrónicos, que sin un previo manejo y manipulación provocan riesgos de carácter permanente y letal para los seres vivos; es importante que se apliquen medidas estrictas de manejo para lograr evitar daños severos y nocivos a los recursos de los cuales dependen toda la población mundial.

En las últimas décadas los estudios de calidad de los sistemas acuáticos continentales (ríos, lagos, embalses, etc) han tenido un creciente interés por aspectos como: el incremento de la población en sus riberas, el creciente grado de industrialización, los aportes de los sectores agrícolas, ganaderos y mineros. La importancia que tiene el estudio de metales pesados en diferentes matrices es por la elevada toxicidad, la alta persistencia y rápida acumulación por los organismos vivos, sus efectos no se detectan fácilmente a corto plazo. La toxicidad de estos metales pesados es proporcional a la facilidad de ser absorbidos por los seres vivos. (Cobela, 2008)

Los residuos generados por los aparatos eléctricos y electrónicos que no han tenido disposición adecuada se han convertido en una fuente significativa de contaminación debido a sus características peligrosas este fenómeno contribuye innegablemente al incremento de los residuos influyendo así en la contaminación y el uso inadecuado de los recursos naturales; entre los aparatos

eléctricos que más generan contaminación sin un previo manejo, son los equipos de frío (frigoríficos, congeladores, equipos de aire acondicionado), los televisores y monitores de ordenador y las lámparas (fluorescentes, compactas, de bajo consumo, etc.).

En Colombia hasta la fecha no se ha establecido una norma específica que aborde todos los temas relacionados con la disposición o tratamiento de los residuos de aparatos RAEE, simplemente existen normas en cuanto a residuos peligrosos, pero de manera dispersa y sin fuerza para establecer con obligatoriedad tratamiento alguno. (Amaya, 2009)

El Departamento del Putumayo posee una gran diversidad florística y faunística por lo que hace parte de la gran planicie amazónica región con un alto endemismo y biodiversidad en especies como mariposas, aves , reptiles y primates, bosques primarios, secundarios y de galería que permiten garantizar el equilibrio ecosistémicos entre las diferentes zonas de vida que la conforman, y que si son expuestos a la contaminación por RAEE puede provocar graves afecciones a la salud humana, animal y vegetal de los seres vivos involucrados.

Esto genera la necesidad de crear alternativas que ayuden a mitigar los impactos ambientales y sociales que ocasiona el aumento continuo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), a causa del poco conocimiento y manejo suministrado a las personas ha conllevado a depositar estos residuos a rellenos sanitarios donde son abandonados sin recibir un tratamiento adecuado para evitar la contaminación. Es por esto que la mayoría de los componentes (plomo, mercurio, berilio, etc.) que se desprenden de estos materiales se liberan a la atmosfera, otra parte se infiltra en los suelos y otra parte es absorbida por las plantas provocando graves daños a los

ecosistemas, reservorios de agua, suelo y aire, ya su vez implica la inversión de miles de millones de recursos económicos en el intento de recuperar parte de los recursos naturales perdidos.

Con lo mencionado anteriormente, se busca dar solución a la problemática ambiental que se está presentando en el proceso de germinación y crecimiento de las plantas, por lo que se ha visto factible desarrollar ensayos con residuos contaminantes en un predio ubicado en el kilómetro 6 en la vereda Pueblo Viejo vía a Pitalito del Municipio de Mocoa, Departamento del Putumayo; Con el propósito de poder evaluar el comportamiento en la germinación, desarrollo y crecimiento de las especies *Z. mays*, *L* y *P.vulgaris,L* que nos permita obtener datos para adelantar un posible tratamiento y manejo contra estos residuos para que la mayoría de las empresas pongan en marcha estrategias de prevención y cuidado de la naturaleza y sus valores ambientales.

Impacto Social y Ambiental

Según El director ejecutivo de Eco Cómputo explicó que “en el medio ambiente estas sustancias también producen estragos, las plantas absorben con mucha facilidad el arsénico, lo cual estando cerca de cultivos provoca contaminación de los alimentos. El plomo es un elemento químico particularmente peligroso, y se puede acumular en organismos individuales, pero también entra en las cadenas alimenticias cuando es absorbido por el suelo”. (Ministerio de Medio Ambiente , 2017).

Debido a esto, desde el campo de la ingeniería forestal y con la implementación de esta propuesta, se pretende mejorar la calidad humana, la salud y el bienestar de todas las personas mediante una estrategia que reduzca el consumo de alimentos contaminados y la exposición a

estos; de igual forma se busca identificar y evaluar los contaminantes más comunes que sirvan de prioridad para el establecimiento de las estrategias de remediación y control.

No obstante, cabe aclarar que los residuos eléctricos y electrónicos producen efectos negativos adversos sobre todo en aquellos lugares abiertos, rellenos sanitarios, comunidades rurales, causando la pérdida de aguas subterráneas, pozos, parte de la vegetación forestal y por ende de la fauna silvestre. Es importante que con esta propuesta se genere una perspectiva más amplia sobre la importancia de cuidar los recursos naturales evitando su exposición a agentes de contaminación.

2. Marco de Referencia

2.1. Marco Contextual

La vereda Pueblo Viejo del Municipio de Mocoa, se encuentra ubicada en Departamento del Putumayo, limitando al oeste de Nueva Esperanza y Anamú y al noreste de San Antonio con unas coordenadas de 1°10'49,21" N y 76°38'56,37" W; con humedad relativa de 85%, temperatura promedio de 24°, y precipitación promedio anual de 4135mm al año. Pueblo Viejo tiene una altitud de 848 metros. (Reordenación Territorial, 2019).

2.2. Estado del Arte

Tabla 1. Antecedentes correspondientes a investigaciones ya realizadas sobre investigación con RAEE

Proyecto	Datos editoriales	Metodología	Discusión
Fitorremediación in situ para la recuperación de suelos contaminados por metales pesados	JOHANNA KATERIN CORDERO CASALLAS. 2015	FASE Recopilación revisión documentación información secundaria FASE	I y este tipo de metales se acumulan en las plantas fitorremediadoras y así poder disminuir su concentración en el suelo a

Proyecto	Datos editoriales	Metodología	Discusión
(plomo y cadmio) y evaluación de selenio en la finca Furatena alta en el municipio de Útica (Cundinamarca)		Ubicación y reconocimiento de zona de estudio. Toma de muestra de suelo inicial. Caracterización inicial de las muestras de suelos FASE III Tomas de muestreo en la zona de estudio y Medición FASE IV Evaluación y análisis de resultados	niveles admisibles de tal forma de que el suelo ya no se encuentre contaminado y que en el material vegetal ya no se encuentren concentraciones que represente una amenaza para la salud de los animales y humana, ni para los acuíferos.
Evaluación de la toxicidad de suelo durante y después de un proceso de biorremediación de hidrocarburos aromáticos policíclicos HAPs	Pablo Ismael Fernández de Córdoba, Jorge Felipe Humbser Lucero. Universidad politécnica Salesiana, Marzo del 2014.	Determinación de la actividad enzimática ureasa. Determinación de la actividad enzimática catalasa. Evaluación de la toxicidad de los suelos mediante ensayos con semillas. Bioensayos con semillas.	Los resultados obtenidos del estudio realizado en los bioensayos con semillas, muestra que el T2, fue el tratamiento que obtuvo los valores más elevados en la mayoría de los parámetros medidos tanto por semilla como por factor de germinación. Tan solo fue inferior en 2 factores (Radícula – Trigo y Biomasa – maíz) donde el testigo prueba y el T1 resultó con el valor más alto respectivamente. Sin embargo, esta diferencia numérica existente con el T2 no pudo ser reflejada estadísticamente en donde se muestra que no es significativa.

Proyecto	Datos editoriales	Metodología	Discusión
POTENCIAL FITO REMEDIADOR DE DOS ESPECIES ORNAMENTALES COMO ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO DE SUELOS CONTAMINADOS CON METALES PESADOS	Herney Mauricio Pajoy Muñoz. Universidad Nacional de Colombia. 2017.	Investigación experimental de campo y descriptiva. Instalación de parcelas con plantas ornamentales de <i>Barquito</i> y <i>Penisetum</i> ; tomando muestras vegetales azar por cada parcela.	Las especies <i>Pennisetum setaceum</i> y <i>Tradescantia pálida</i> se clasifican como metalofitas, las cuales son especies vegetales capaces de tolerar y adaptarse a Sitios que presentan altas concentraciones de metales pesados. Tales como Pb, Ni, Cr, Cd
CAPACIDAD DE SEIS ESPECIES VEGETALES PARA ACUMULAR PLOMO EN SUELOS CONTAMINADOS	Artículo Científico. Revista Fitotecnia Mexicana. Juan Carlos Rodríguez, Humberto Rodríguez Fuentes, Gerardo de Lira Reyes, Jesús Martínez de la Cerda Y José Luis Lara Mireles. 2006.	Utilizaron plantas vegetales distribuyéndolas en tres grupos: el primero lo integran las especies <i>Cenchrus ciliaris</i> , <i>Helianthus annuus</i> y <i>Ricinus communis</i> , las cuales son comunes en la ciudad de Monterrey, N. L., fueron elegidas por ser plantas adaptadas en la zona y se desconoce su capacidad de acumular Pb. Un segundo grupo consistió de dos especies cultivadas: <i>Nicotiana tabacum</i> y <i>Sorghum sudanense</i> ; la primera ha sido ampliamente evaluada en trabajos de investigación relacionados con la absorción y acumulación de metales pesados	Las seis especies vegetales ensayadas variaron en su Capacidad de acumular plomo. El orden de tales capacidades en el tratamiento de Pb kg de suelo, fueron: <i>N. tabacum</i> en la materia seca total y en la parte aérea, respectivamente) > <i>R. communis</i> > <i>C. ciliaris</i> > <i>S. sudanense</i> > <i>B. campestris</i> > <i>H. annuus</i> . Determinando que Basados en la literatura especializada, ninguna de las seis especies se puede clasificar como “hiperacumuladora” de plomo.

Proyecto	Datos editoriales	Metodología	Discusión
FITOEXTRACCIÓN DE PLOMO Y CADMIO EN SUELOS CONTAMINADOS USANDO QUELITE (<i>Amaranthus hybridus L.</i>) Y MICORRIZAS.	Revista Scielo.Chapingo Mexico 2009. H. G. Ortiz-Cano1; R. Trejo-Calzada; R. D. Valdez-Cepeda; J. G. Arreola-Ávila1; A. Flores-Hernández; B. López-Ariza.	Realizaron dos experimentos en macetas contaminadas con Pb y Cd se realizaron dentro del invernadero de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo, (URUZA-UACH) en Bermejillo, Durango.	Dentro de las especies vegetales seleccionadas, se determinó que la planta de <i>A. hybridus L.</i> tiene la capacidad de concentrar en sus tejidos plomo y cadmio al crecer en suelos contaminados conforme aumenta la edad de la planta independientemente de la agregación de micorrizas (<i>Entrophospora columbiana</i> , <i>Glomus intraradices</i> , <i>G. etunicatum</i> , <i>G. clarum</i>), lo que hace que esta especie represente un potencial para la remediación de suelos contaminados con esos metales pesados
APLICACION DE LA FITORREMIACION EN SUELOS CONTAMINADOS POR METALES PESADOS UTILIZANDO <i>Helianthus annuus L.</i> EN LA ESTACION EXPERIMENTAL EL MANTARO	Universidad Nacional del Centro del Perú .2012. PEÑA RIVERA FLOR DE MARIA; BELTRAN LÁZARO MOISES ENRIQUE .	El ensayo se llevó a cabo en parcelas de cultivo en la Estación Experimental arraigado por el canal CIMIR. Las semillas de <i>Helianthus annuus L.</i> que se utilizaron han sido seleccionadas, por sus características de resistencia a las enfermedades y mayor rendimiento Se instalaron 6 semillas por golpe en el suelo, entre planta y planta.	Determinaron mediante un coeficiente de fitoextracción de metales pesados por el <i>Helianthus annuus L</i> indicando que es una planta acumuladora de metales pesados y metaloides. Su absorción de contaminantes acumulativos fue mayor en las raíces seguidas por las hojas, tallos, flores y semillas.

Proyecto	Datos editoriales	Metodología	Discusión
Transferencia de metales de suelo a planta en áreas mineras: Ejemplos de los Andes peruanos y de la Cordillera Prelitoral Catalana.	Paola Andrea Durán Cuevas. Universidad de Barcelona. Tesis Doctoral. 2011.	Se tomó muestras de 2kg de suelo entre los que se consideraron: cobertura vegetal, color del suelo y textura, síntomas de fitotoxicidad, distancia de la mina y dirección predominante del viento. La selección de estas plantas se basó en la que tuviera alta cantidad de biomasa, 2) distribución amplia en la zona de la cual proceden y 3) que posean bajos requerimientos de nutrientes y 4) no presencia de síntomas de fitotoxicidad, características esenciales para su uso en fitorremediación	Según los resultados del estudio correspondiente a la mina Carolina, determinaron que los suelos presentan altos contenidos en metales pesados y que las plantas <i>Bidens triplinervia</i> , <i>Senecio sp</i> , <i>Sonchus oleraceus</i> , <i>Baccharis latifolia</i> , <i>Plantago orbignyana</i> y <i>Lepidium bipinnatifidum</i> son capaces de crecer en suelos con un alto contenido de metales pesados y tienen la habilidad de acumularlos en sus tejidos. Finalmente concluyeron que la planta <i>Bidens triplinervia</i> acumula elevadas cantidades de metales pesados, especialmente Pb,mg y Zn por exclusión en la raíz.

La tabla 1 muestra la información correspondiente a los antecedentes relacionados con el estudio de investigación.

Después de elaborar el estado del arte se puede encontrar que los estudios de los RAEE especialmente en Colombia, Perú, México y España, entre otras evidencian que los hábitats en los que se desarrollan las plantas deben tener condiciones adecuadas para su desarrollo y óptimo crecimiento.

Una de las limitaciones en cuanto a los referentes de información radica en que es mayor la demanda de productos eléctricos y electrónicos que se fabrican que la utilidad que se le da a los

mismos, esto en gran parte influenciado por la calidad de la mercancía y su vida útil que puede ser el resultado de una garantía de calidad o por el contrario un problema para el mismo usuario.

Según GREENPEACE (2011) el promedio de vida útil de una computadora de escritorio es de 5 años y de un portátil de 3 años, así mismo se cree que el promedio la vida útil de un teléfono celular es de 24 meses, de una lavadora es de 10 años, las baterías se dañan a los 18 meses de ser compradas, una bombilla dura mil horas pudiendo durar 1500 horas. El documental "Comprar, tirar, comprar" dirigido por Cosima Dannoritzer en él se revela como la obsolescencia programada es el motor de la economía moderna ya que se basa en la reducción deliberada de la vida de un producto para incrementar su consumo, mejorando la venta de productos y servicios. En dicho documental la directora realiza una narración histórica de como las empresas reducen de manera deliberada la vida útil de un producto para incrementar su consumo (la llamada "obsolescencia programada) porque, como ya publicaba en 1928 una influyente revista de publicidad norteamericana, "un artículo que no se desgasta es una tragedia para los negocios". (Ortiz, 2008).

Con base a lo anterior se puede decir que la mayor parte de los residuos eléctricos y electrónicos presentan un largo periodo de descomposición por lo que sus componentes pueden permanecer por mucho tiempo en el suelo y en la atmósfera generando impactos adversos y nocivos para la salud de los seres vivos; por otro lado, su uso ha mejorado la economía del país como de sus alrededores por el alto nivel competitivo que estos productos generan en el mercado y por las estrategias impartidas por las empresas directamente productoras.

2.3.Marco Teórico

Podemos definir los (RAEE) como aquellos aparatos eléctricos y electrónicos, sus materiales, componentes, consumibles y subconjuntos que los componen, procedentes tanto de hogares particulares como de usos profesionales, a partir del momento en que pasan a ser residuos. Se entenderá por RAEE de hogares particulares los que proceden de domicilios particulares y de fuentes comerciales, industriales, institucionales y de otro tipo que, por su naturaleza y cantidad, son similares a los procedentes de hogares particulares. Estos residuos tendrán la consideración de residuos domésticos, según la definición del artículo 3.de la Ley 22/2011 que trata de residuos y suelos contaminados.

Las especies de maíz (*Z. mays, L*) y frijol (*P. vulgaris,L*) desempeñan un papel importante dentro de un sistema productivo actuando como pioneras en el proceso de aportación de nitrógeno al suelo y al resto de la vegetación contribuyendo al enriquecimiento de nutrientes a suelos que han sido degradados por agentes contaminantes como los (RAEE).

El suelo es un componente ambiental que por su origen, formación y evolución no puede ser aislado del entorno que lo circunda, representando, en la mayoría de ecosistemas terrestres, el medio físico-químico en el que se desarrolla la vida. Es frágil, de difícil y larga recuperación, y de extensión limitada. Por ello, un uso inadecuado del mismo puede contribuir a la degradación de este recurso natural no renovable a corto plazo. (Fernandez, 2012)

Es un dato muy importante que se debe tener en cuenta al momento de realizar la siembra, ya que de eso depende la germinación y adaptación de las especies y los requerimientos que exijan durante su desarrollo. Por otro lado, el suelo es el primer factor a tener en cuenta durante la siembra

ya que la mayor parte de los requerimientos nutricionales de las plantas provienen de este y de las condiciones que el suelo pueda proporcionar de acuerdo a su capacidad y utilidad a través del tiempo y la influencia de los factores climáticos.

Por otro lado, los suelos contaminados han generado a través del tiempo un sin número de afectaciones a las personas, animales y plantas; no obstante, cabe mencionar que una vez las sustancias contaminantes se encuentran en el suelo, los procesos para su extracción y aislamiento son difíciles y a largo plazo lo que provoca que el contaminante se vaya expandiendo en la superficie afectada y por acción de diversos factores implica que llegue a otras zonas circundantes.

Dentro de este proceso investigativo, los frijoles cumplen un papel importante ya que su evolución y posterior desarrollo depende de las afectaciones que los RAEE

Pueden provocar en su proceso, para lo cual es necesario conocer sus requerimientos nutricionales y fisiología en base a estudios ya realizados.

Los frijoles (*Phaseolus* sp.) pertenecen a la familia de las leguminosas (Leguminosae o Fabaceae), usualmente se cultiva en suelos no muy salinos, con índice medio de lluvias y en lugares donde el sol alcance a radiar la parte foliar y el tallo de la planta. Aunque el suelo debe presentar un buen drenaje y rico en materia orgánica en suelos fuertemente arcillosos, muy calizos y demasiado salinos y con vegetación deficientemente, el frijol es muy sensible a los encharcamientos de tal manera que un riego excesivo puede ser suficiente para dañar el cultivo, quedando la planta de color pajizo y achaparrada mientras si el drenaje no es bueno se forma un cúmulo o montecito y se siembra en su parte superior y si se encuentra el suelo muy ácido se puede agregar cal, el frijol se destaca por tener la capacidad de fijar

nitrógeno al suelo donde se está cultivando; por lo tanto, es ideal cultivar frijol en rotación de cultivos para adicionar beneficios a las demás planta aunque hay que tener en cuenta que existen algunas sustancias toxicas en los frijoles que se deben tener en cuenta a la hora de consumo , pero estas sustancias a la hora de la cocción se destruyen totalmente las toxinas negativas y traen beneficios al ser humano. (Marin, 2018).

La importancia de analizar los ensayos en suelos contaminados con RAEE de las plantas de maíz y frijol va más allá de los fines investigativos, esta radica en que los pequeños productores hagan un aprovechamiento sostenible de las especies y contribuyan a la conservación y protección del hábitat en el que se desarrollan. Teniendo en cuenta lo anterior, se ha incentivado esta investigación a fin de poder conocer y evaluar químicamente la materia que compone los nutrientes o por el contrario la ausencia de estos en un contexto general que permita recolectar información fehaciente que conlleve al equilibrio de las plantas y por ende del suelo y que contribuya a disminuir el consumo de estos aparatos por parte de la sociedad en general.

Para la realización del presente estudio se tiene en cuenta dos temas importantes, la identificación y la caracterización de las plantas durante su proceso de desarrollo y crecimiento, para poder garantizar la calidad de los alimentos; sin embargo, el motivo principal es medir la influencia de los RAEE en estas plantas y así dar a conocer los efectos que generan las malas acciones humanas.

La composición de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, (RAEE) es muy diversa y puede contener más de 1.000 sustancias diferentes, que caen bajo las

categorías de “no peligrosas” y “peligrosas”. Los elementos potencialmente peligrosos pueden representar un 3 % de la composición total de los RAEE. (Lozano, 2018)

Según Greenpeace, los RAEE pueden provocar muchos daños adversos debido a la gran cantidad de sustancias contaminantes que lo componen y por consiguiente las reacciones que estas liberan al tener contacto con medios externos, en otros términos, sus componentes pueden afectar directa o indirectamente constituyendo un riesgo para la salud humana el ambiente como puede ser el contacto de la piel, la inhalación de partículas finas y gruesas o la ingestión de polvo o alimentos contaminados.

Los RAEE y sus componentes en cantidades que superan los umbrales de las normas relacionadas con los residuos peligrosos de los diferentes países, se clasifican como tales cuando tienen presencia de elementos como: plomo, mercurio, berilio, arsénico, cadmio, selenio, cromo hexavalente, sustancias halogenadas, clorofluocarbonos, bifenilos policlorados, policloruros de vinilo, retardantes de llama, entre otros. (Merchán, 2018)

El manejo inadecuado de los RAEE implica la liberación de sustancias peligrosas principalmente en el suelo, a su vez conduce a la bioacumulación y a la contaminación ambiental generalizada, la composición de estos residuos varía ampliamente según cada tipo de aparato y puede contener tanto materiales recuperables convertibles en potenciales recursos como también sustancias peligrosas que requieren de un manejo adecuado.

2.4.Marco Legal

Tabla 2. *Normatividad Legal*

NORMA	DESCRIPCIÓN
Constitución política de Colombia de 1991	Presenta 17 artículos específicos, relacionados con la protección, conservación, control y mejoramiento de los recursos naturales: 49, 67, 79, 80, 81, 82, 88, 95, 277, 313, 317, 330, 331 y 334. (Constitucion Politica de Colombia , 1991)
Ley 23 de 1973	Tiene como prioridad la prevención y control de la contaminación del medio ambiente, mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales; determinando también como bienes contaminables el aire, el Agua y el suelo. (Congreso de la Republica, 1973)
Decreto 2811 de 1974	El código nacional de los recursos naturales renovables y no renovables y de protección del medio ambiente; en donde se regula el manejo de los RNR y sus elementos. En este decreto se presenta el articulo 3 habla sobre la regulación de suelo y subsuelo como recurso natural renovable, en el artículo 8 se habla de la degradación de suelos como factor de deterioro del ambiente la defensa del ambiente y en los artículos desde el 182-186 y 324-326 se dan especificaciones sobre el uso y la Conservación del suelo. (Ministerio de Ambiente , 1974)
Decreto 4741 de 2005	En el artículo 19 habla de la responsabilidad acerca de la contaminación y remediación de sitios. (Fenavi, 2005)
Ley 99 de 1993	En esta ley se habla sobre el daño ambiental que puede afectar el funcionamiento de los ecosistemas o la renovabilidad del recurso o la salud y bienestar de las Personas. (Ministerio de Medio Ambiente, 1993)
ISO 5264	La calidad del suelo y como se determina el pH en muestras de suelo, el método referenciado en esta norma es el potenciométrico y puede ser aplicada en campos relacionados Con la agricultura, medio ambiente y recursos naturales.
ISO 4113	Establece el diseño de programas de muestreo con el propósito de caracterizar y controlar la calidad del suelo. (Icontec, 2018)
Decreto 4741	Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral Plan Post-consumo. (Ministerio de Medio ambiente y desarrollo rural , 2005)
Resolución 1512 de 2010	Establece los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Computadores y/o Periféricos y se adoptan otras disposiciones, en dicha norma se establece como obligación de los productores. (Ministerio de Ambiente, vivienda y Desarrollo Territorial , 2010)

La tabla 2 muestra la información normativa que rige esta investigación

2.5.Marco Conceptual

Suelo: Parte externa de la corteza terrestre que es asiento de la vida, formada por la transformación de los minerales y la materia orgánica muerta. Es el componente físico del planeta y se considera como materia no consolidada compuesta por microorganismos, tierra, agua, materia orgánica e inorgánica que se considera de gran importancia para la producción, es decir este se considera un recurso natural renovable que necesita de un buen manejo y cuidado para poder ser explotado de manera ecológicamente aprovechable.

RAEE: Se refiere a residuos eléctricos y electrónicos dañados, descartados u obsoletos aparatos que consumen electricidad. Incluye una amplia gama de aparatos como computadores, equipos electrónicos de consumo, celulares y electrodomésticos que ya no son utilizados por sus usuarios.

Contaminación: Desde el punto de vista ambiental se refiere a todo agente físico, químico o biológico que pueda alterar la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas modificando por tanto las condiciones del medio ambiente. Esta contaminación después de generada puede ser nocivo para la salud, el bienestar y la seguridad del ser humano y para la vida vegetal o animal. Además, es el agregado de materiales y energías residuales al entorno que provocan directa o indirectamente una pérdida reversible o irreversible de la condición normal de los ecosistemas y de sus componentes en general, traducida en consecuencias sanitarias, estéticas, recreacionales, económicas y ecológicas negativas e indeseables.

Suelo contaminado: Es el tipo de suelo que se encuentra afectado por agentes o sustancias químicas o físicas de tipo sólido, líquido y gaseoso que pueden provenir por acciones de tipo naturales o antrópicas que afectan la biota ya que pueden limitar el crecimiento de plantas y

perturbar la biota edáfica; y causar graves consecuencias a la salud humana y animal. Dentro de las sustancias o agentes de tipo químico podemos encontrar los hidrocarburos, metales pesados, entre otros; y los de tipo físico como lo son el ingreso al medio de residuos tanto sólidos como líquidos que necesitan de su remoción para la recuperación de suelos contaminados.

Toxicidad: Grado de efecto tóxico de una sustancia para organismos vivos. Es una medida que permite identificar lo nocivo que puede ser una sustancia al tener contacto con el medio ambiente entre ellos cuerpos vegetales, animales y el ser humano. La toxicidad de un elemento depende de factores como el tiempo de exposición, la cantidad de exposiciones y la vía de administración; y esto causa riesgo para el bienestar de las especies y los ecosistemas.

Absorción: Proceso por el cual una sustancia (absorbido) es tomada e incorporada en otra sustancia. Es el proceso por el cual una sustancia puede atravesar los tejidos o células vegetales y depende del material vegetal que se emplee y de su capacidad de desarrollar este mecanismo.

Tolerancia: Es la menor sensibilidad que puede tener un agente al suministrarle una sustancia produciendo menos efectos sobre dicho, refiriéndose al igual a la forma que cada organismo se adapta a el uso repetitivo de una determinada sustancia que puede ser toxica pero que no produce efectos de importancia.

Germinación: Es el proceso mediante el cual un embrión se desarrolla hasta convertirse en una planta.

Residuos: Es cualquier objeto, material, sustancia, elemento o producto que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos.

Residuo peligroso: Es aquel residuo que, en función de sus características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y patogenicidad, puede presentar riesgo a la salud pública o causar efectos adversos al medio ambiente.

3. Metodología

3.1. Tipo de Investigación

La presente propuesta está enmarcada en el diseño de investigación exploratorio descriptivo; un estudio exploratorio busca complementar un estudio que carece de investigación, por lo cual se basa en la premisa de recopilar información de suma importancia y de carácter científico que permita ayudar a resolver un problema en cuestión. No obstante, este estudio se compone de la combinación de los paradigmas cualitativo que se encarga de las características más afines de los fenómenos evaluados y posteriormente generaliza los resultados y cuantitativo que se fundamenta en la estadística y análisis de datos numéricos que se generan del desarrollo del proceso de dicho fenómeno que permitirán determinar el grado de crecimiento y germinación de las especies *Z. mays*, *L* y *P. vulgaris*, *L*. De igual forma el enfoque descriptivo, se desarrollará con la descripción de las características fisiológicas de las especies trabajadas, su comportamiento y adaptabilidad en un espacio contaminado por RAEE. (Sampieri, 2014)

3.2. Línea de Investigación

Reordenación Territorial

3.3. Sublínea de Investigación

Ordenación Forestal

Muestra

Plantas de maíz (*Z. mays*, L), caracterizada por ser una gramínea de fácil desarrollo y producción anual con inflorescencia monoica; sus hojas son largas y de gran tamaño y su desarrollo puede alcanzar hasta los cuatro metros de altura. La cantidad utilizada durante el proceso evaluativo, fue aproximadamente un kilo de semillas de maíz certificado para garantizar su germinación.

Plantas de frijol (*P. vulgaris*), caracterizada por presentar una producción anual, presenta un tallo pubescente cuando alcanza la etapa de madurez y su fruto viene distribuido en forma de vaina compuesta por 5 a 6 granos o semillas. Durante este proceso se utilizó un kilo de semilla de frijol, para el previo estudio.

3.4. Técnicas y Herramientas de Recolección de Información

Revisión Bibliográfica

Para establecer la evaluación de crecimiento y germinación se realizó una revisión bibliográfica del tema, analizando los procesos de desarrollo de las plantas y el comportamiento de las especies escogidas realizados por varios autores a nivel nacional.

Preparación del Terreno

En esta etapa se hizo la adecuación del predio para convertirlo en una parcela manejable que permita una buena germinación, desarrollo óptimo y disponibilidad de nutrientes garantizando un desarrollo sostenible, y siguiendo técnicas de agricultura ecológica tales como:

- Adecuación del terreno: Tras determinar las características necesarias para la puesta en marcha del proyecto, se preparó la tierra, se eliminaron las malas hierbas y se preparó la zona de siembra.
- Preparación de la tierra: Se preparó la tierra con los elementos necesarios que sean más sostenibles y aproveche de mejor manera el agua, se hizo la labranza del terreno a unos 20 o 25 cm de profundidad utilizando herramientas de labranza, desmoronar la tierra y así facilitar la posterior siembra. Tiene una superficie total en campo de 12 metros por 10 Metros para un total de 120m², establecido en dos tratamientos: testigo limpio y contaminado con RAEE.



Ilustración 1. *Limpieza del terreno*



Ilustración 2. *Área deshierbada*

- Delimitación de las subparcelas: La delimitación interior de las subparcelas se efectuó mediante un modelo experimental de división en dos bloques, de tal forma que el terreno sea utilizado de forma equitativa y que a su vez permitiera evaluar el tratamiento en diferentes niveles de influencia. Dentro de estos se establecieron surcos con distancias de siembra de aproximadamente un metro los cuales serán distribuidos en hileras.



Ilustración 3. *Delimitación de parcelas en el área contaminada*



Ilustración 4. *Demarcación de los puntos de siembra en cada parcela*

Siembra de las semillas

La siembra es una actividad agrícola que consiste en colocar la semilla en el Suelo. Se denomina así al hecho de poner o esparcir semillas en la tierra con el fin de que germinen y emerjan nuevas plantas. Para la siembra se tuvo en cuenta el tamaño de la semilla, para saber la profundidad de la siembra, las necesidades de espacio, agua y aire de la planta, para establecer correctamente la distancia entre plantas. Las semillas tuvieron una distancia de 10cm de separación. Este sistema se utilizó en los cultivos de *Z. mays*, *L* y *P. vulgaris*.

Posteriormente se realizó la alineación y marcación de los puntos donde se ubicaron las respectivas semillas, luego se procedió a realizar la apertura de hoyos cuyas dimensiones fueron de aproximadamente 2cm (ancho, largo y profundidad) para que las semillas queden bien establecidas; esta actividad se realizó con el mayor cuidado posible para minimizar el daño del material.

Evaluación de la germinación

Este proceso evaluativo se realizó para cada una de las variables cuantitativas y cualitativas, seguidas de una comparación múltiple de medidas y de acuerdo al resultado que se obtuvo se procedió a encontrar las respectivas diferencias existentes entre el crecimiento y la germinación de las especies de *Z. mays, L*) y *P.vulgaris, L*.



Ilustración 5. Índice de germinación de las plantas de *Z. mays, L*.



Ilustración 6. Evaluación de plantas germinadas de *Z. mays, L* en la parcela testigo vs parcelas contaminadas

Las variables a evaluadas fueron:

- El crecimiento (altura o diámetro)
- Área foliar

- Rendimiento por planta
- Producción de biomasa

Se realizaron mediciones consecutivas que permitieron determinar cambios en el tamaño, en la morfología, fisiología y todos aquellos fenómenos cuantificables y detectables que puedan presentar las especies implementadas.

Modelo estadístico propuesto

Para el cumplimiento de las actividades que llevo a cabo en campo se seleccionaron las semillas de *Z. mays*, *L* y *P. vulgares*, para luego ser sumergidas en un recipiente durante aproximadamente una hora con el fin de asegurar un mejor porcentaje de germinación, así como plantas más fuertes.

En la respectiva siembra se utilizó el método manual que consiste en colocar la semilla en la cama de siembra con la mano en las cuales se estableció surcos con distancias de aproximadamente 1mts distribuidos en hileras, las semillas fueron sembradas a una distancia de 10cm de separación.

Posteriormente se procedió a realizar la apertura de hoyos y con ello la siembra de las semillas, donde se adicionaron tres granos por hoyo para cada especie manejada, dejando un periodo de tiempo durante el proceso de germinación que se desarrolló aproximadamente durante 15 días, luego se evaluó la cantidad de plántulas propagadas y muertas existente en cada uno de los tratamientos que se llevó a cabo durante tres meses consecutivos, lo cual se realizó mediante un respectivo conteo y de esta manera recolectar datos necesarios para poder evaluar las variables mencionadas.

Índice de Crecimiento

El análisis matemático de crecimiento usa medidas directas tales como masa seca total de la planta, área foliar total y tiempo. Para este proceso se realizó evaluaciones fisiológicas del estado de desarrollo del cultivo y se tomaron muestras a diferentes intervalos de muestreo para la biomasa fresca y seca durante un tiempo prolongado de tres meses consecutivos. Para cada análisis se seleccionó de la parcela experimental plantas de maíz y frijol al azar.

Las evaluaciones que se realizaron fueron:

Altura de la planta

Para la medición se tuvo en cuenta el crecimiento rápido de la planta y los entrenudos inferiores del tallo lo cual se estableció con un instrumento de medición (Metro o cinta métrica).



Ilustración 7. *Medición de crecimiento a los 15 días de germinación del maíz.*



Ilustración 8. *Medición de crecimiento a los 20 días de germinación del maíz.*

Biomasa total

Se determinó la biomasa de hojas, tallos y raíz fraccionados para cada órgano. Para determinar la biomasa seca o peso seco de las plantas muestreadas, se secaron en el horno a 70 °C durante 24 horas. Se sumaron las biomásas (masas secas) de tallos y hojas para determinar la biomasa de la parte aérea expresada en la planta.



Ilustración 9. *Preparacion de Muestras para análisis.*



Ilustración 10. *Preparacion de Muestras en crisoles.*

Área Foliar

Para esta determinación se tomaron muestras al azar de las plantulas de frijol y maíz sembradas en la parcela contaminada. Para ello se aplicará la siguiente formula.

Ecuación 1. Índice de Área Foliar

$$IAF = \left(\frac{(\text{Área Foliar})(\text{Densidad Población})}{\text{Área Sembrada}} \right)$$

Contenido de Humedad

Para los factores de Contenido de humedad y materia seca, se utilizó el método de Secado horno y para la ceniza el método de Interacción mufla. La técnica a utilizada fue la Gravimétrica.

Ecuación 2. Porcentaje de Humedad:

$$\% \text{Humedad} = \frac{\text{peso muestra húmeda} - \text{peso muestra seca}}{\text{peso muestra húmeda}} \times 100$$

Peso muestra Húmeda



Ilustración 11. Selección de muestras de maíz (*Z. mays*, L)

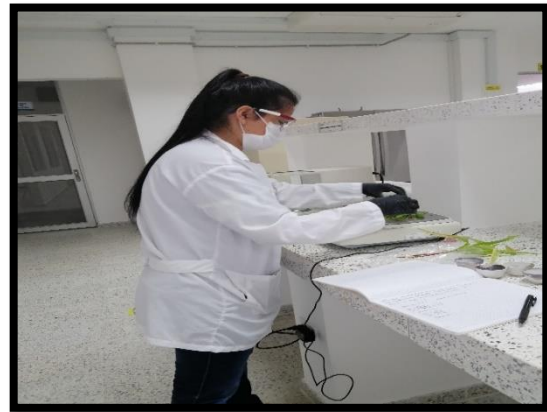


Ilustración 12. Pesaje de las muestras de maíz (*Z. mays*, L)

Materia Seca

Canseco (como se citó en Virina, 2011) menciona que El contenido de MS se determina por la extracción del agua contenida en las plantas al estado fresco o verde. Por lo tanto, el valor de MS total o parcial corresponde a la cantidad de muestra residual que se obtiene luego de eliminar total

o parcialmente el agua presente en la muestra, mediante un secado a un tiempo y temperatura determinada.

Para este procedimiento se utilizó 5 gramos no destinada al análisis, la cual se colocó a 70° hasta un peso constante durante (24 h), en este proceso se perdió el contenido de humedad de las plantas debido a la volatilización producida por el calor del horno. Se determinó el peso antes y después de la desecación y se calculó el porcentaje de materia seca, es un método GRAVIMETRICO.

Materiales

- Horno (temperatura máxima >70°C)
- Balanza analítica (presión: 0.0001g)
- Crisoles en porcelana
- Desecador
- Espátula, pinza, lapiceros, formulario

Procedimiento

- Desecar crisoles a 70°C durante 30 minutos
- Colocarlos en un desecador durante 10 minutos
- Pesar un crisol anotar su número y su peso (T= tara)
- Colorar rápidamente el número de 5 a 8°c de materia en crisol con una espátula y anotar el peso (T+ MF= Tara + materia fresca)
- Colorar los crisoles a 70°C durante 24 h
- Sacar los crisoles con una pinza del horno colocarlos en un desecador y esperar 10 minutos.

- Abrir el desecador, pesar rápidamente los crisoles y anotar el peso (T+ MS= Tara + materia seca)
- Calcular el porcentaje de materia seca

Para lograr dicho procedimiento es necesario tener en cuenta la siguientes formulas

$$\% \text{ peso humo fresco Muestra (gr)} = \frac{[(\text{peso crisol} + \text{MF}) - \text{peso crisol vacío}]}{\text{vacío}} \times 100$$

$$\% \text{ peso seco Muestra (gr)} = \frac{[(\text{peso crisol} + \text{MS}) - \text{peso crisol vacío}]}{\text{vacío}} \times 100$$

Ecuacion 3. Porcentaje de Humedad.

$$\% \text{Hum.muestra} = \frac{(\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco})}{\text{Peso húmedo}} \times 100$$

Peso Húmedo



Ilustración 13. Muestras de *Z. mays*, L sometidas a horno



Ilustración 14. Muestras de *Z. mays*,) sometidas al desecador después de retirarlas del horno

Cenizas

Según (Southgate, 2003)“considera la ceniza como el contenido de minerales totales o material inorgánico en la muestra”. Es la parte que queda después de la eliminación del agua y de los componentes orgánicos por combustión, aunque parte de la ceniza sea de origen orgánico; para esta práctica se ejecutó directamente después de la determinación del contenido en materia seca pues, se necesitara también desecar las muestras en crisoles de porcelana antes de quemarlas en la mufla.

Materiales

- Mufla (hasta 600°c)
- Balanza analítica
- Desecador
- Crisoles en porcelana
- Formulario, lapiceros
- Horno

Procedimiento

- Colocaremos los crisoles con la materia seca, (es decir después de la desecación 70°C), en una mufla a 550-600°C durante un mínimo de seis horas.
- Se apagará la mufla, abriremos la puerta y esperaremos diez minutos.
- Colocaremos los crisoles con una pinza en un desecador
- Dejaremos enfriar durante al menos una hora
- Abriremos con precaución el grifo hasta el equilibrio del aire, pesar los crisoles y anotar el peso (T+CT)

Con la siguiente formula calcularemos el contenido de cenizas totales

Ecuación 4. Porcentaje de cenizas totales

$$\% \text{Cenizas totales} = \frac{[(\text{Peso}_{\text{total}} + \text{cenizas}) - \text{Peso}_{\text{crisol}_{\text{vacío}}}] \times 100}{\text{Peso muestra seca}}$$

Peso muestra seca



Ilustración 15. Secado de las muestras de *Z. mays, L*) después de ser sometidas al horno Mufla



Ilustración 16. Pesaje de las cenizas de *Z. mays, L*)

Observación directa

Se seleccionó por cada tratamiento y repetición tres muestras vegetales al azar necesarias que posteriormente fueron llevadas al laboratorio para su análisis respectivo.

Toma de datos

Esta actividad se ejecutó durante el periodo de siembra de manera continua, luego de quince (15) días de germinación de las especies *Z. mays, L* y *P vulgaris, L* donde se desarrolló tres tomas de datos pertinentes que permitan desarrollar la investigación.

Para cada toma de datos se realizó la medición respectiva evaluando tres plántulas por surco, para un total de 9 plantas seleccionadas al azar por parcela, esta toma de datos se realizó en los dos tratamientos: testigo limpio y contaminado por RAEE, de esta forma se logró obtener el porcentaje

promedio de la germinación, desarrollo y crecimiento de las especies. Dentro de las variables que se evaluaron en cada especie fueron: Altura de la plántula, número de hojas, largo y ancho de las hojas y área foliar y producción de biomasa.

Recolección de muestras

Se recolecto las muestras de *Z. mays* y *P vulgaris, L* para ser llevadas a laboratorio para el desarrollo de la investigación.

Evaluación de las muestras en laboratorio

Se analizaron las muestras recolectadas durante el proceso de investigación a fin de determinar la influencia de los RAEE en el proceso de germinación, crecimiento y desarrollo de las especies estudiadas.

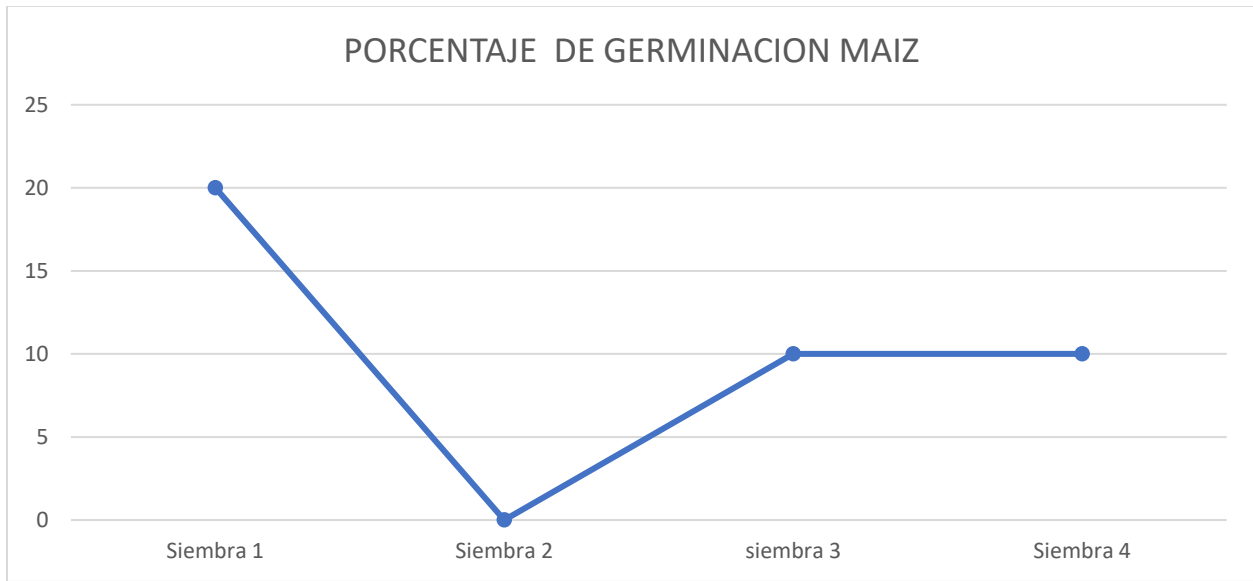
4. Análisis de Resultados

4.1.Resultados de Siembra

Dentro de este proceso evaluativo, la siembra es considerada un factor importante de evaluación, el cual permitió conocer la incidencia de los RAEE en el crecimiento y germinación de plantas de maíz y frijol. Es importante mencionar que las siguientes gráficas permiten dar a conocer la fluctuación de crecimiento, humedad y contenido de cenizas en cada parcela por incidencia de la variación natural en cada una de las repeticiones ejecutadas; repeticiones que permitieron determinar el promedio de influencia de los RAEE en la germinación y crecimiento de maíz y frijol.

Por otro lado, se determinó, que, de las semillas de frijol establecidas, no se obtuvo ningún porcentaje de germinación y por ende crecimiento, lo cual conllevó a hacer una sola evaluación de las plantas de maíz.

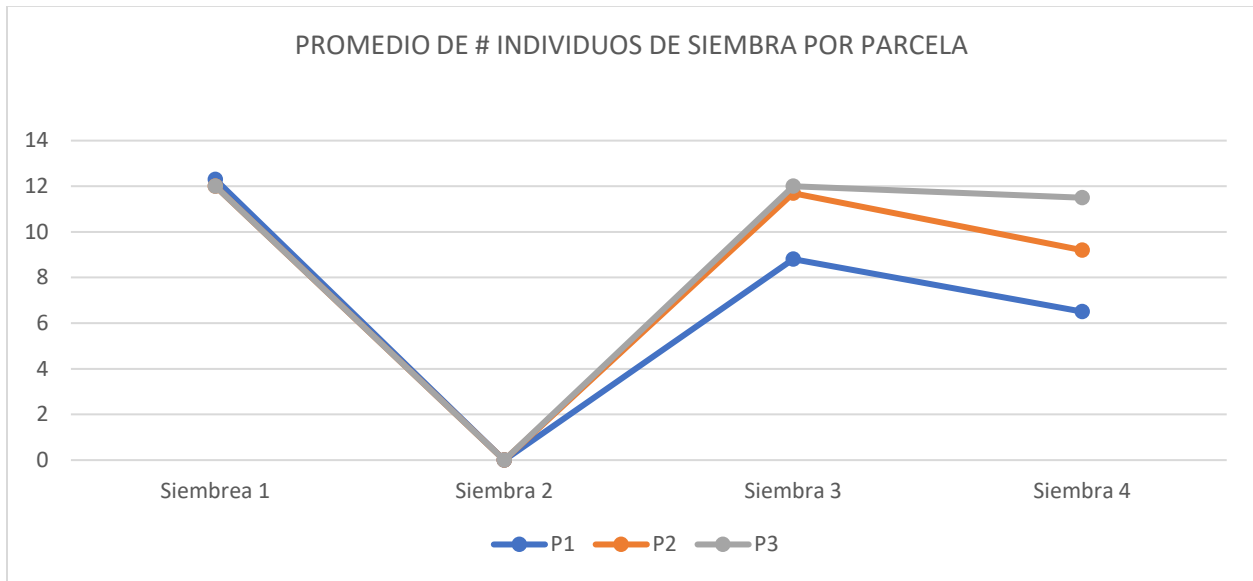
Grafica 1. Porcentaje de germinación de las semillas de maíz ((*Z. mays*, L)



La grafica número 1 representa el porcentaje de germinación durante los cuatro periodos de siembra de las semillas de maíz, puesto que de las semillas de frijol no se obtuvo un resultado exitoso durante todo este proceso, lo que indica que no todas las especies se pueden adaptar a un ambiente contaminado por sustancias provenientes de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Como demuestran los resultados, la primera siembra arrojó el mayor número de individuos germinados (54 individuos), es decir un 20 % del total de semillas establecidas, de los cuales solo se logró tomar 18 muestras para ser evaluadas, ya que el resto de individuos se perdieron por diversos factores como: presencia de animales (gallinas), factores climáticos, presencia de insectos, etc. Durante la segunda siembra no se obtuvo un índice de germinación por las extremas condiciones climáticas que incluyen variación de lluvias y verano. Finalmente, en la tercera y cuarta siembra, se mantuvo un índice constante de germinación correspondiente a un 10

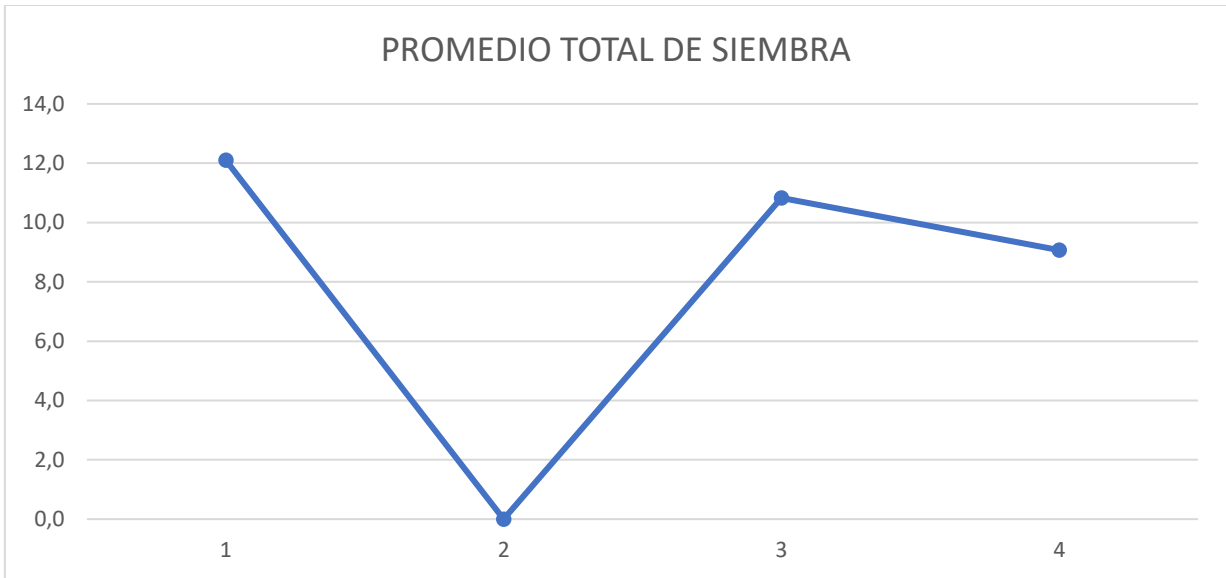
% del total inicial, de las cuales se tomaron 18 muestras por cada siembra, el resto de individuos se perdieron por la presencia permanente de los RAEE y por la rápida acción de las lluvias y la falta de disponibilidad de los laboratorios para agilizar el proceso de análisis de las muestras.

Grafica 2. Promedio del número de individuos de siembra por parcela



Se logró determinar que, durante las cuatro repeticiones de siembra realizadas, el crecimiento vario en un porcentaje mínimo; comparando la siembra 1, 3 y 4, los valores indican que la diferencia de crecimiento no fluctúa demasiado a excepción de la siembra 2 donde no se presente ningún tipo de crecimiento. Es importante mencionar que la siembra 2 fue totalmente negativa debido a las permanentes lluvias que se presentaron durante esta siembra, lo que produjo ahogamiento y pudrición de las semillas y por ende mortandad del embrión de la misma, lo que causo que ninguna de las semillas sembradas germinara.

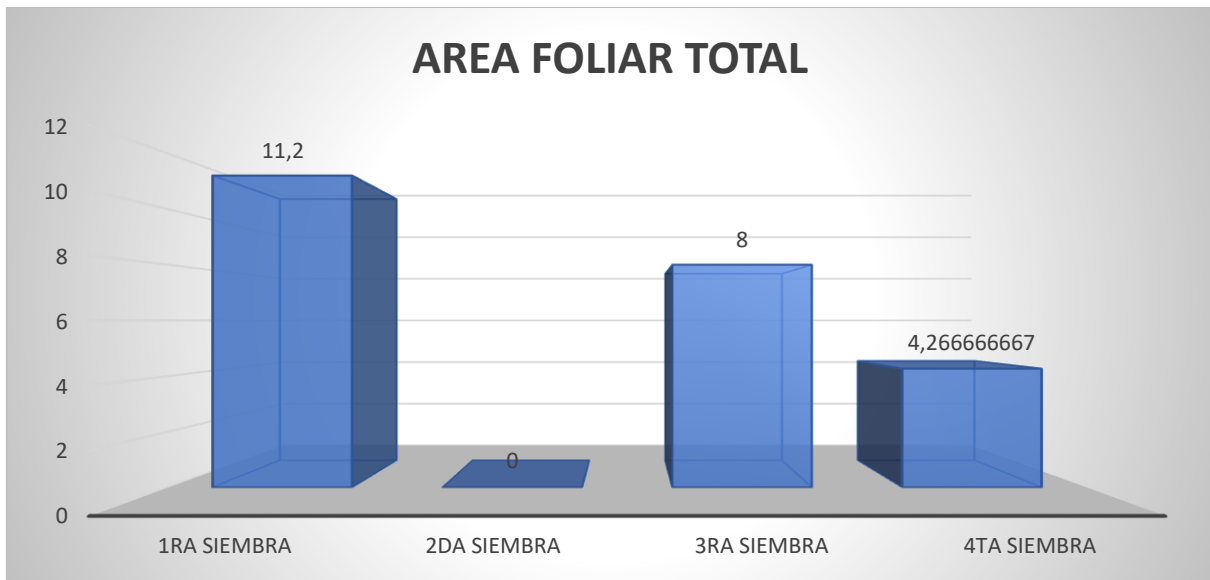
Grafica 3. Promedio total de siembra de semillas de maíz (*Z. mays*, L) durante los cuatro periodos de siembra.



La grafica anterior representó el promedio total de siembra en todas las parcelas, de la que se puede interpretar que efectivamente durante la primera siembra se obtuvo el mayor número de individuos, esto se debe a la poca incidencia de los RAEE y al tiempo de exposición, lo que permitió que germinaran más individuos en esta etapa. No obstante, en la segunda siembra no se evidencia una germinación exitosa, debido al periodo de lluvias que se presentaron durante esta etapa; el agua provoco encharcamiento en toda la parcela y permaneció inundada por varias semanas, lo que genero la pudrición de las semillas y por ende la mortandad total del 100 % de las semillas sembradas. Durante el crecimiento de la siembra 3 y 4 no se observó una diferencia significativa, la variación de crecimiento fue mínima; sin embargo, las dos últimas siembras en relación a las dos primeras, demuestran que entre mayor tiempo de exposición tengan los RAEE en el suelo, mayor será la afectación a las plantas que se dispusieron en el total de las parcelas trabajadas. El desarrollo vegetal de las plantas *Z. mays*, *L* y *P. vulgaris*, estuvo condicionado por diversos compuestos derivados de la descomposición de los RAEE por lo que se puede interpretar que las diferencias de crecimiento se alternaron durante la etapa de vida de las mismas desde la siembra, el desarrollo del embrión hasta el crecimiento de las plántulas mencionadas.

Es importante mencionar que las gráficas representadas corresponden al crecimiento de las plantas de maíz (*Z. mays, L*), ya que fueron las únicas que se adaptaron al ambiente contaminado por RAEE en la parcela de simulación para la previa evaluación; este estudio permitió determinar que las semillas de frijol (*P. vulgaris*) que también fueron evaluadas, no germinaron exitosamente y de un 100% de siembra realizada, solo logro germinar un 3%, lo que indica que todas las parcelas del área contaminada si generaron una influencia directa debido al desprendimiento de los compuestos contaminantes. De las cuatro siembras realizadas, se logró tener éxito en la primera siembra de germinación, pero con un índice muy bajo que no permitió la recolección previa de muestras para su estudio, sin embargo en las tres siembras restantes no se logró obtener un éxito de siembra y posterior crecimiento de las semillas de frijol , por lo que su evaluación se determina en el hecho de que las plantas de frijol presentaron fragilidad, falta de resistencia y adaptabilidad; otro factor influyente en la falta de germinación es la disposición del terreno, ya que según estudios, para que haya una buen crecimiento se requiere de terrenos planos y ondulados con poca pendiente, baja humedad y buen drenaje; caso contrario al que se presenta en el área de simulación, ya que esta dispone de mucha pendiente y escaso nivel de drenaje, por lo que en la siembra de ambas especies el índice de germinación fue muy bajo.

Grafica 4. *Área foliar total correspondiente a las plantas de maíz (Z. mays, L).*

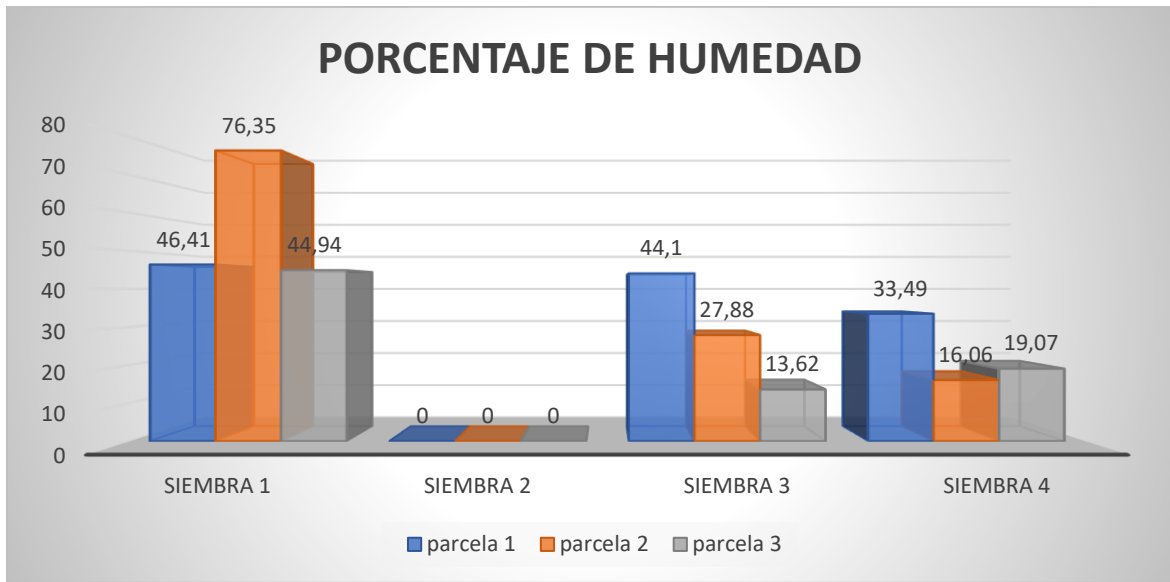


Como se evidencia en la gráfica 4, las plantas de *Z. mays, L* presentaron un mayor índice de área foliar durante la primera siembra, lo que se alude a que estas plantas aprovecharon la disponibilidad de nutrientes, agua y sol, esto se atribuye al resultado de la división del área de las hojas del cultivo evaluado. Se puede afirmar que el porcentaje de área foliar es inversamente proporcional a las repeticiones de siembra, es decir, mientras se aumenta el número de repeticiones de siembra, el índice de área foliar disminuye progresivamente lo que se alude en la disminución de la capacidad fotosintética de las plantas y por ende su rendimiento. Esto se puede deber a la presencia continua de elementos desprendidos de los RAEE, lo que indica que al ser absorbido por la planta limita la capacidad de la misma, lo que conlleva a notar deterioro en sus órganos vegetales principalmente en las hojas, las cuales son fundamentales para el proceso de la fotosíntesis.

Este análisis permitió conocer la incidencia de la luz solar sobre el cultivo, lo que demuestra que, por la variación climática presentada durante los cuatro periodos de siembra, las hojas de las plantas de maíz presentaban varias afectaciones como debilidad y las más importantes manchas de color blanco, marchitamiento y necrosis.

Se denota que la diferencia de disminución del área foliar fluctúa en un 3%, lo que indicia que el número de individuos que crecieron satisfactoriamente también fue mínimo por estar sometidas a un ambiente contaminado, lo que produjo que el nivel de captación de luz bajo.

Grafica 5. Porcentaje de Humedad de *Z. mays*, L

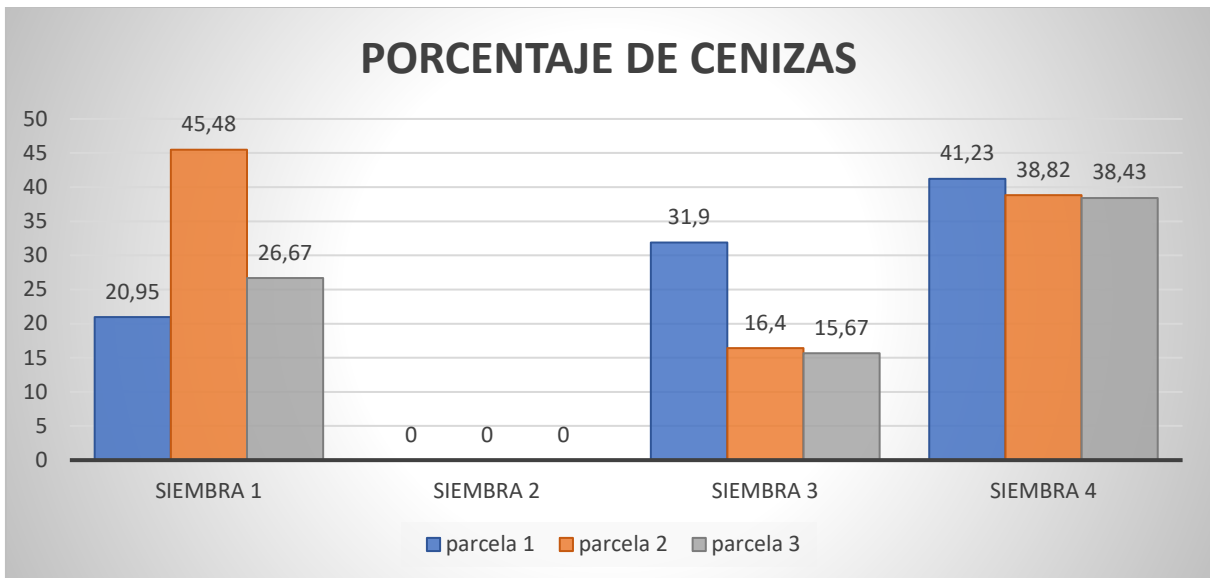


El porcentaje de humedad representado en la gráfica número 5 corresponde al promedio de las muestras evaluadas de las plantas de maíz de las tres parcelas con cuatro repeticiones de siembra en diferentes periodos del año; este factor permitió determinar los cambios que experimentan las plantas con la presencia de altos o bajos índices de humedad. Por un lado, los bajos índices de humedad, generaron modificaciones en el color de las hojas y posterior morfología, que implica la caída y desecamiento de las hojas, debilidad de las raíces, este último factor atribuye a que las raíces aguanten el peso de la planta por falta de soporte; no obstante los contaminantes desprendidos de los RAEE tienen la facilidad de mezclarse con el agua por lo que fue más fácil su incorporación en la estructura radicular y foliar de las plantas de maíz (*Z. mays*,L).

Como se observa en la gráfica número 5, durante la primera siembra el contenido de humedad es alto, debido a que las plantas se desarrollaron en un periodo de estación variable, lo que implicó que el suelo retuviera más humedad para suplir los días secos, por lo tanto, dicha cantidad de agua fue absorbida por las plantas de maíz. Se determinó que en la parcela 2 de la primera siembra, hubo mayor retención de agua por parte de las plantas, ya que la ausencia de contaminantes le permitió al suelo capturar más agua, ya que sus espacios porosos estaban libres de contaminantes, dejando de esta manera circular el agua libremente para ser aprovechada por las plantas evaluadas. En la segunda siembra no se logró evaluar el contenido de humedad por la carencia germinación, ya que no logro germinar ninguna semilla por lo que hubo ausencia de muestras.

En la tercera y cuarta siembra se evidencia un contenido de humedad de 23% y 28 % correspondiente a la cantidad de agua presente en las muestras de las parcelas; la carencia de humedad se debe a que la siembra se realizó durante periodos lluviosos, lo que provoco encharcamiento de toda el área sembrada y el bajo nivel de drenaje no permitió eliminar el agua, produciendo así un estrés hídrico y por ende un colapso en las plantas. No obstante, la presencia de contaminante en el suelo, no permitieron una buena difusión del agua, ya que estos estaban ocupando los espacios porosos del suelo impidiendo que la mayor parte del agua se percole e infiltre en el suelo y por el contrario quede encharcada, ahogando la parte superficial de las plantas de maíz y otra parte de dicha agua perdiéndose por acción de la escorrentía.

Grafica 6. *Porcentaje de cenizas correspondiente a las muestras de maíz (Z. mays, L)*

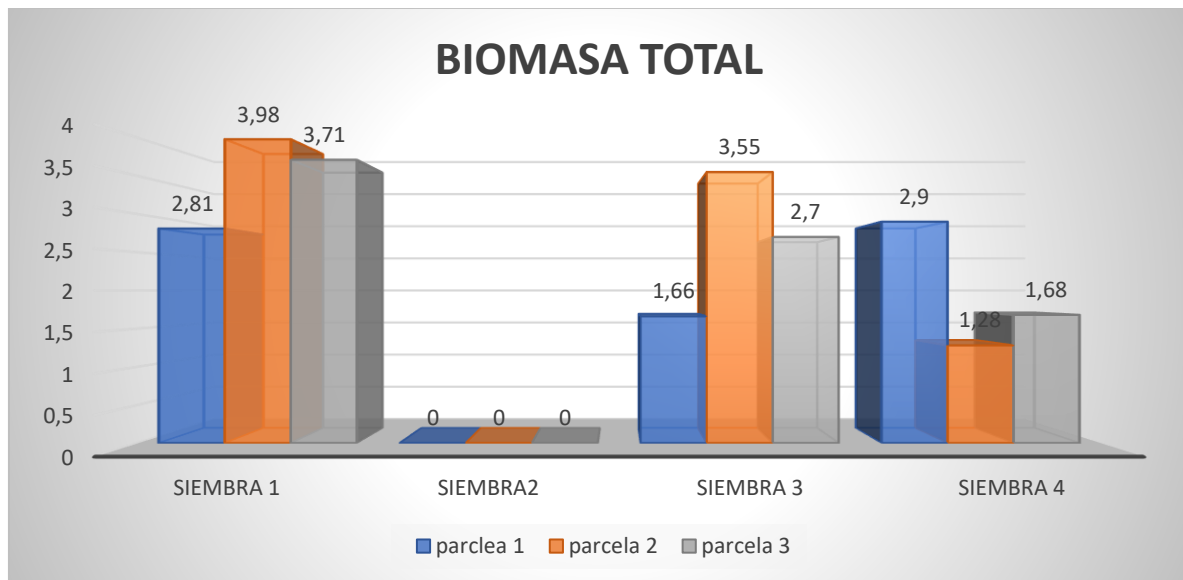


La grafica número 6 hace referencia al contenido de cenizas obtenido de las muestras de maíz (*Z. mays, L*) durante las cuatro repeticiones de siembra. Este proceso se realizó para conocer el porcentaje de residuos inorgánicos que quedan después de la oxidación completa de la materia orgánica, que, en este caso, corresponde a toda la estructura vegetal de las muestras recolectadas de maíz. En la mayoría de los casos, se utilizan estas pruebas para el análisis de alimentos, es decir, el estudio de crecimiento y germinación realizado con plantas de maíz y frijol, pertenecientes a cultivos transitorios bajo la influencia de los RAEE que permita determinar la presencia de diversos minerales contenidos en las muestras evaluadas. De acuerdo a los datos obtenidos, se puede deducir que durante la primera siembra se obtuvo un 30% de cenizas, lo que indica que el número de individuos germinados fue bajo, esto implica que los contaminantes incorporados dentro de la parcela inciden en el proceso de germinación y crecimiento de las plantas; no obstante, durante la segunda siembra, no se obtuvieron datos significativos ya que no se presentó germinación de las semillas de maíz, lo cual fue producido por la variación del clima, ya que

estamos situados en el piedemonte amazónico, lo que conlleva a establecer que las condiciones ambientales pueden ser diversas en cualquier día.

Durante la tercera siembra, se obtuvo el porcentaje más bajo de ceniza correspondiente a un 21,3%, lo que implica que durante la recolección y proceso de oxidación, se perdió cierta cantidad de residuos, también se debe a que las muestras presentaban tamaños muy pequeños, ya que por las condiciones ambientales y el suelo contaminado, no lograron crecer de forma satisfactoria. Finalmente, en la cuarta siembra, se obtuvo el mayor porcentaje de cenizas, lo que determina, que había mayor presencia de compuestos contaminantes, es decir, las plantas absorbieron una cantidad más elevadas de estas sustancias respecto a las siembras anteriores. Esto último se puede deber a que el agua infiltrada en el suelo, removi6 y disperso las partículas contaminantes generando que las plantas de ma6z transportaran estos contaminantes por medio de sus ra6ces a su estructura foliar.

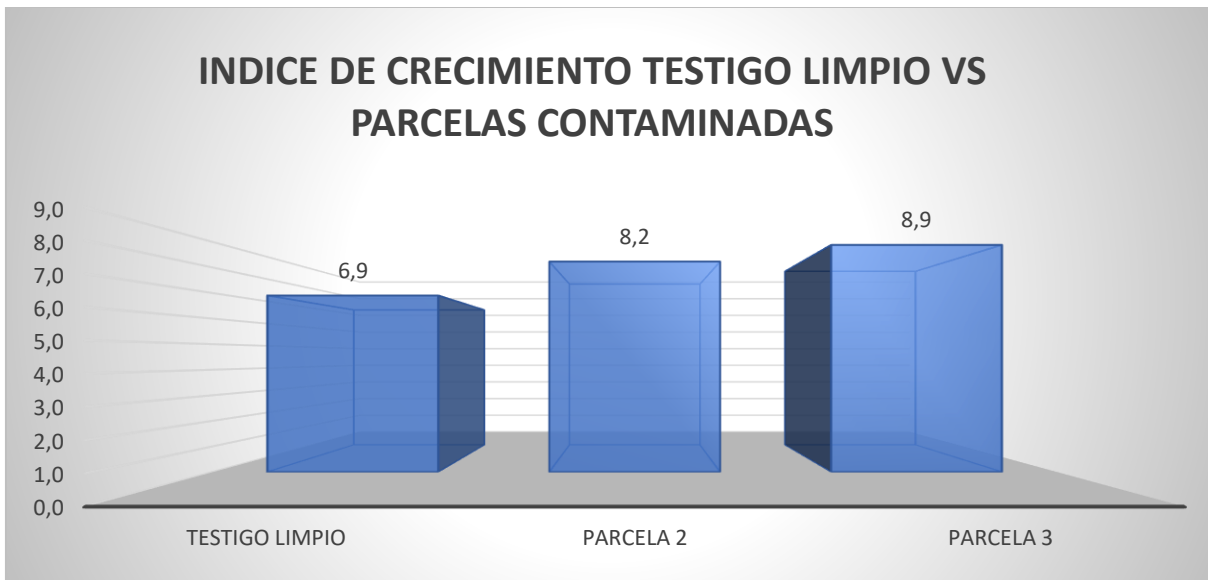
Grafica 7. Biomasa total correspondiente a las muestras de ma6z (*Z. mays*, L) recolectadas.



La grafica número 7 representa el porcentaje total de biomasa por cada siembra realizada de plantas de maíz; esto se ejecutó para determinar la cantidad total de materia viviente en el área de simulación contaminada con residuos eléctricos y electrónicos; esta incluye hojas, tallos, raíz y cada uno de los órganos que componen la planta. Durante este proceso se evaluó la biomasa seca, la cual fue sometida a cierto grado de calor con el fin de que pierda la humedad y solo quede la materia orgánica de la estructura vegetal, de la cual se deduce que durante la primera siembra se obtuvo un 3,5 % de biomasa total correspondiente, que en este caso, fue la siembra con mayor valor significativo de biomasa; en el caso de la segunda siembra, no se evidencio la biomasa vegetal porque no hubo germinación exitosa; posteriormente en la tercera siembra se obtuvo un 2,9% de biomasa, la cual se redujo en un 0,6% con respecto a la primera muestra analizada, y por último, la cuarta siembra refleja un 1,9% de biomasa total, lo que determina que a medida que se aumente las repeticiones de siembra, y se aumente el tiempo de exposición de los residuos eléctricos y electrónicos la incidencia de los contaminantes será mayor, por lo que se reducirá el número de individuos germinados y su posterior crecimiento. Esto se fundamenta en que, los RAEE al tener influencia directa de las condiciones ambientales y climáticas implican que su desprendimiento, transporte y volatilización incremente con el paso del tiempo.

4.2.Comparativo entre testigo limpio y parcela contaminada

Grafica 8. *Índice de crecimiento del testigo limpio vs parcelas contaminadas de las plantas de maíz (Z. mays, L)*

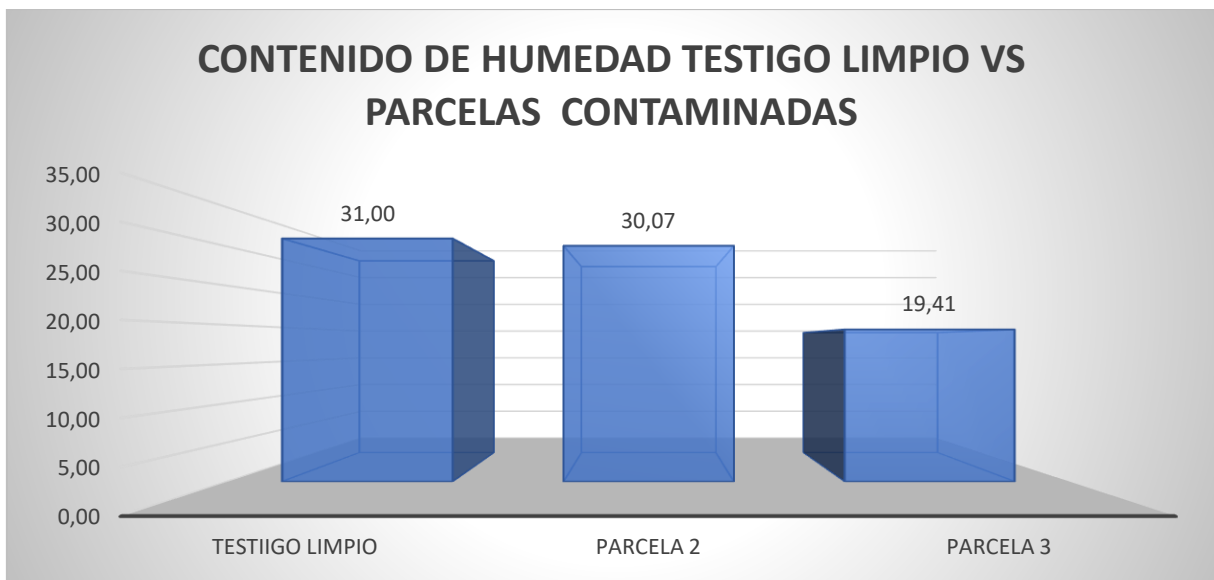


De acuerdo al crecimiento evaluado, se puede terminar que en la parcela testigo limpio se evidencio que de un total de 56 plantas germinadas hubo un crecimiento promedio del 6,9%, lo que indica que con el paso del tiempo los RAEE incorporados en las parcelas de los extremos generan incidencia en la parcela limpia, por lo que los contaminantes desprendidos disminuyeron el proceso de crecimiento de las plantas de maíz en un área no contaminada.

Comparando la evaluación de crecimiento, se evidencio que la parcela 2, mantiene un crecimiento promedio con las plantas de la parcela 3, lo que implica que fueron influenciadas por condiciones ambientales similares, sin embargo, cabe resaltar que los contaminantes del bloque tres no se manifestaron en un 100% durante la siembra. No obstante, en la parcela 2, se evidencia un índice de crecimiento de 8,2 % del total de plantas muestreadas, con una diferencia del 0.6% con respecto a la parcela 3, lo que indica que había mayor presencia de sustancias contaminantes provenientes de los RAEE. No obstante, esta situación se atribuye a una posible competencia por nutrientes o agua entre las plantas de las tres parcelas, ya que por medio de sus raíces absorben las sustancias más cercanas, por lo que disminuyen el suministro para las demás. Sin embargo, el frijol

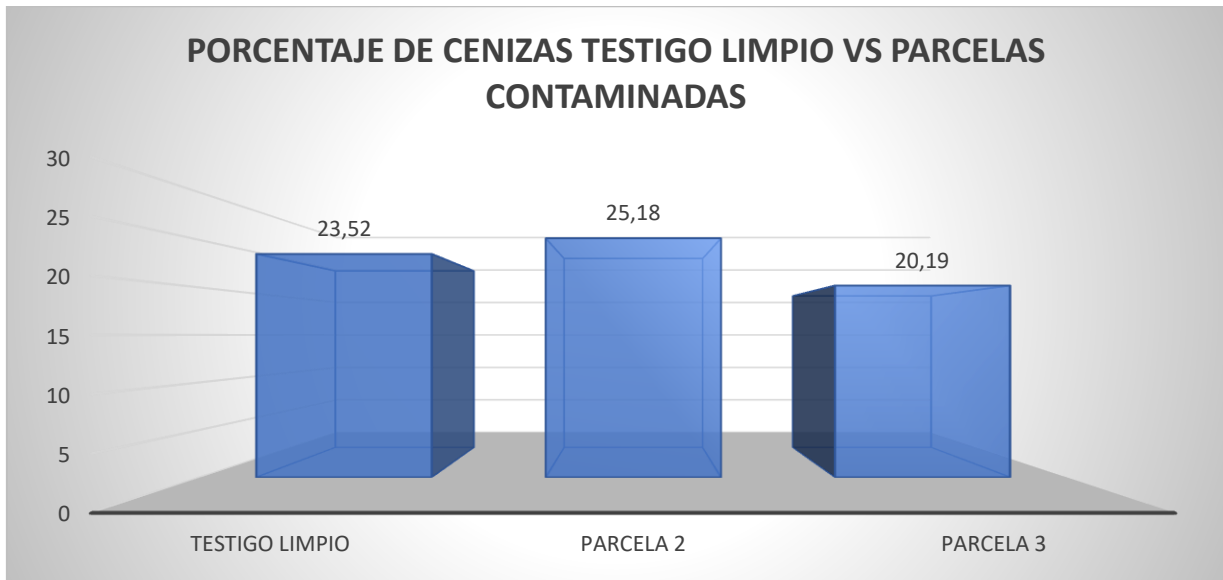
al presentar inhibición al ser expuesto a contaminación por RAEEs en el proceso de germinación, no se considera como unidad de análisis para las variables de crecimiento y desarrollo.

Grafica 9. *Contenido de humedad del testigo limpio vs parcelas contaminadas con plantas de maíz (Z. mays, L)*



En base al análisis de la gráfica número 9 de contenido de humedad, se puede deducir que la parcela de testigo limpio mantuvo un rango de humedad del 31 % manteniendo un valor superior durante las cuatro repeticiones de siembra con respecto a los bloques contaminados, lo que se puede deber a los altos niveles de precipitación presentados durante la siembra. Cabe mencionar que durante las cuatro repeticiones de siembra, la parcela 2 correspondiente al tratamiento contaminado presenta una fluctuación mínima de 0,3 % de contenido de humedad, lo que está influenciado por la distancia mínima que comparten y por la posición que manejan en relación con la parcela 3, el cual evidencia una diferencia significativa de 10,66% de contenido de humedad, lo que se puede atribuir a la pendiente del terreno y a la manifestación de los RAEE , ya que el agua infiltrada en el suelo se combinó con las sustancias contaminantes impidiendo ser absorbida en su totalidad por las plantas en proceso de crecimiento.

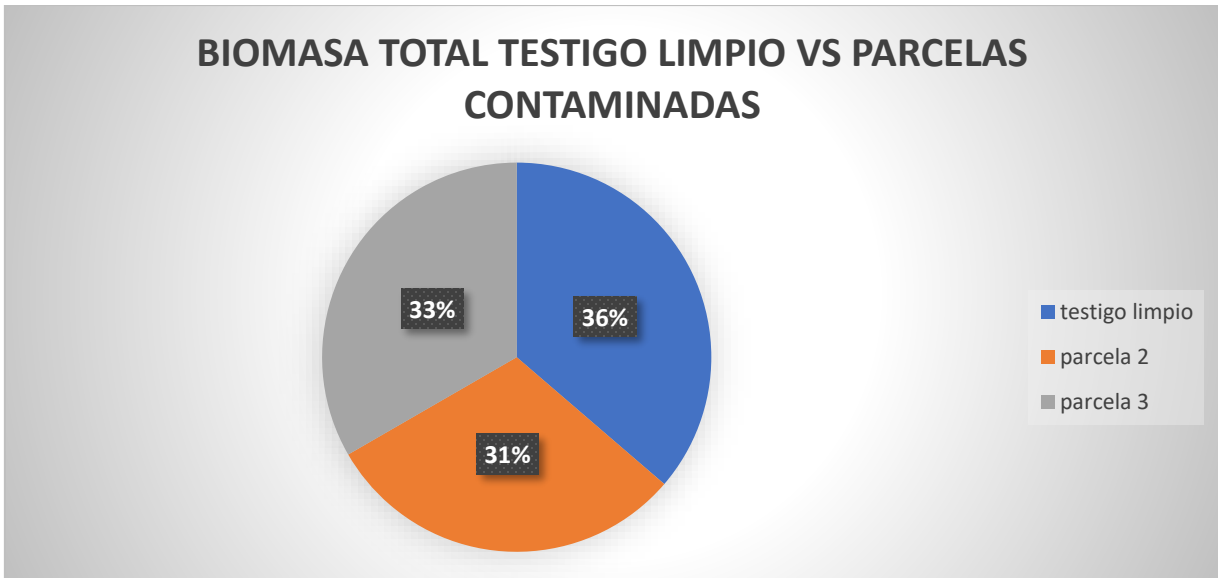
Grafica 10. *Contenido de cenizas de testigo limpio vs parcelas contaminadas con base a las plantas de maíz (Z. mays, L)*



El proceso efectuado, permitió determinar la cantidad de cenizas durante todos los muestreos obtenidos de las cuatro repeticiones de siembra. De acuerdo al análisis realizado, se determinó que la parcela dos con tratamiento contaminado es la que mayor porcentaje de cenizas arrojo correspondiente a un 25, 18% del total de muestras sometidas al horno Mufla, lo que puede deberse a una posible saturación de los tejidos vegetales por la presencia de metales pesados, lo cual podría ser comprobado mediante un análisis de composición de la ceniza. De igual forma se determinó que el testigo limpio con respecto a la parcela 3 demuestra un incremento del 3, 33% y una disminución de 1, 66% con respecto a la parcela 2, lo que indica que hubo una fluctuación inversamente proporcional, ya que mientras en la parcela 2 las cenizas son mayores, en el testigo limpio y en la parcela 3 disminuyen progresivamente. Este análisis implica que, en cada repetición de siembra, el porcentaje de cenizas fue disminuyendo paulatinamente; lo que indica que la no se puede establecer una explicación detallada, es necesario de un estudio más profundo para conocer

los daños irreversibles que puede provocar la presencia de los RAEE de acuerdo al tiempo de exposición y duración en el ambiente contaminado.

Grafica 11. *Biomasa total del testigo limpio vs parcelas contaminadas con base a las plantas de maíz (Z. mays, L)*



Como se muestra en la gráfica número 11, se obtuvo un valor más elevado de la biomasa total en el testigo limpio con respecto a las parcelas contaminadas, lo cual se explica porque en esta no hubo presencia de contaminantes, lo que influyo en que se presentara mayor abundancia de la estructura foliar o también por la baja incidencia de las condiciones ambientales. Sin embargo, la diferencia no es muy notoria, ya que en las tres parcelas se mantiene un rango promedio mayor al 30%, lo que indica que las muestras recolectadas representan el volumen de la estructura vegetal conformada por hojas, tallos y raíces. No obstante, se debe aclarar que la parcela 1 presento una disminución de biomasa del 3% y la parcela 3 presento una disminución del 5% con respecto a la parcela testigo limpio.

La variación fue directamente proporcional, ya que a medida que se aumentaron el número de siembra, la biomasa fue disminuyendo, esto por la influencia no solo de las sustancias desprendidas

de los RAEE sino también por la incidencia de las condiciones ambientales, pendiente del terreno, presencia de insectos u otros factores de impacto negativo.

5. Cronograma de Actividades

Año	2019				2020																											
Mes	Diciembre				Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio							
Actividad	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Ubicación de la zona de trabajo																																
Preparación del terreno																																
Siembra de las semillas de maíz (Z. mays, L) y frijol (P. vulgaris).																																
Medición de crecimiento																																
Recolección de muestras																																
Evaluación de las muestras en laboratorio																																
Análisis comparativos de los datos obtenidos con referencia a la																																

	Transporte			2		216000
	Pita	Instrumento utilizado para delimitar áreas o hacer nudos.	10000	1		10000
VALOR PARCIAL			\$14660	VALOR		\$463500
			0	TOTAL		

Conclusiones

Por consiguiente, se concluye que la exposición de los cultivos a la contaminación con RAEE afecta de manera directa al crecimiento y germinación, debido a que los resultados de la investigación muestran que en los dos tipos de especies *Z. mays, L* y *P. vulgaris, L* respondieron en forma diferente frente a las cuatro épocas de siembra.

En la primera siembra de *Z. mays, L* y *P. vulgaris, L*, las semillas germinaron con más éxito que en las posteriores siembras, debido posiblemente que la primera siembra se realizó en días frecuentes de sol y las posteriores en días continuos de lluvias.

Del 100 % de las semillas de *P. vulgaris, L*, durante toda la investigación solo logro una germinación del 3%, por lo que estas semillas no son tolerantes a los suelos contaminados por los RAEE. Mientras que el maíz es más persistente en este tipo de condiciones, pero se vio afectado en las condiciones de lluvias frecuentes donde se puede deducir que un suelo contaminado por RAEE y altos contenidos de agua, se convierte en un suelo de alta toxicidad para germinación de semillas.

Con los índices de humedad se determinó que el maíz (*Z. mays, L*) entre más altos índices de humedad su germinación y su crecimiento es deficiente; pero como dicen los diferentes estudios de las ciencias el agua es un trasportador de contaminantes, nutrientes y de reacciones químicas, por lo que el maíz después de un tiempo se vio afectado en sus características físicas cambio color de hojas y tallo seco. Demostrando así que la siembra de semillas de maíz (*Z. mays, L*) en suelos contaminados por RAEE es probablemente nula para crecimiento y obtención de frutos sanos.

Los porcentajes de cenizas obtenidos del maíz (*Z. mays, L*), equivalentes primera siembra 30%, segunda siembra 0%, tercera siembra 21,3%. Teniendo en cuenta que las cenizas representan

residuos inorgánicos, se determina que el contenido de cenizas es muy bajo concluyendo que el maíz (*Z. mays*, L) no tiene óptimo rendimiento para absorber contaminantes del suelo producido por los RAEE.

Un suelo expuesto a RAEE se vuelve más tóxico a medida que pasa el tiempo, por lo que se determinó que la biomasa total por cada siembra realizada resultó de manera descendente. Demostrando que si un suelo contaminado por RAEE no se trata de manera oportuna puede resultar altamente peligroso contra las plantas.

La parcela testigo frente a las parcelas contaminadas en todas las siembras evidencia valores variables en cuanto a las parcelas contaminadas, por lo que se determinó que las parcelas contaminadas causan incidencia de afectación sobre la parcela testigo y que entre más tiempo de exposición a los RAEE disminuye la absorción de agua, germinación, biomasa y contenido de cenizas por un cambio adverso en la forma, función o integridad de la planta conduciéndola a una incapacidad parcial y respectiva muerte de las plantas de *Z. mays*, L y *P. vulgaris*, L.

Recomendaciones

Dividir las siembras de maíz y frijol en dos partes del año, tomando como referencia los meses con más días de sol y los meses con lluvias más frecuentes; con el fin de ver los diferentes resultados y las posibles variaciones en la germinación de las semillas.

Fraccionar las parcelas de estudio a un 50 % con drenaje artificial, para comparar la germinación de las semillas.

Cambiar la especie de frijol utilizada en el transcurso de los estudios realizados, por otra especie de frijol.

Cambiar la membrana subterránea en el área de estudio, para evitar posible infiltración de los contaminantes obteniendo así datos a condiciones de suelo similares a las investigaciones anteriores ya ejecutadas.

Gestionar recursos económicos para realizar estudio de suelos para metales pesados y otros contaminantes en el área de estudio, con el fin de generar datos estadísticos contundentes en relación a las semillas germinadas y no germinadas.

Procurar que los recipientes donde se harán los procedimientos sean herméticos a fin de evitar pérdida de humedad de las muestras antes del peso inicial y para prevenir absorción de humedad atmosférica después del secado y antes de la pesada final.

Procurar que, próximos estudios, se realicen análisis bromatológicos que permitan medir la cantidad de metales pesados que puedan acumularse en las diferentes partes de la planta.

Implementar diferentes especies forestales nativas de rápido crecimiento para analizar sus índices en crecimiento y germinación.

Buscar áreas preestablecidas que estén condicionadas al estudio de simulación para que el análisis presente un mayor índice de éxito y menor error.

Bibliografía

- Amaya, F. A. (2009). *Gestion Ambiental para el Manejo de Residuos Electricos y Electronicos* .
Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/725/eam44.pdf?sequence=1&isAllo>.
- Bienestar Familiar . (2018). *Plan de Gestion Ambiental* . Obtenido de https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/procesos/pl31.sa_plan_de_gestion_ambiental_regional_putumayo_v2.pdf
- Cobela, M. A. (2008). *Impactos del cambio climatico en España*. Obtenido de http://digital.csic.es/bitstream/10261/17749/1/03_Impactos%20sobre%20los%20ecosistemas%20acuaticos%20continentales.pdf
- colombia, S. i. (2002). *ECOCOMPUTO*. Obtenido de <https://www.larepublica.co/especiales/especial-sostenibilidad-y-medio-ambiente/ecocomputo-espera-recolectar-2750-toneladas-de-residuos-tecnologicos-2799938>
- Congreso de la Republica. (19 de 12 de 1973). *Gestion Normativa*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=9018>
- Constitucion Politica de Colombia . (04 de 07 de 1991). *sistema unico de informacion normativa*.
Obtenido de <http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Constitucion/1687988>

- Fenavi. (2005). *Federacion Nacional de Avicultores de Colombia*. Obtenido de <https://fenavi.org/documentos/decreto-4741-de-2005/#:~:text=4741%20de%202005-,Decreto%204741%20de%202005,marco%20de%20la%20gesti%C3%B3n%20integral>.
- Fernandez, O. (2012). *Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo*. Obtenido de https://www.infoagro.com/abonos/contaminacion_suelos_metales_pesados.htm
- Hidalgo, U. A. (Noviembre de 2009). *Contaminacion y Fitotoxicidad en plantas por metales pesados* . Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/939/93911243003.pdf>
- Icontec. (2018). *Calidad del suelo*. Obtenido de <https://tienda.icontec.org/gp-calidad-del-suelo-determinacion-del-ph-ntc5264-2018.html>
- Lozano, A. E. (noviembre de 2018). *Política Nacional para la Gestión integral*. Obtenido de <http://www.innovaambiental.com.co/wp-content/uploads/2018/12/Presentaci%C3%B3n-Política-RAEE-Seminario-Cali-8-11-2018-Angel-E-Camacho-para-PDF.pdf>
- Marin, C. J. (2018). *Evaluacion Agronomica de Lineas Avanzadas de Frijol* . bogota.
- Merchán, I. d. (2018). *Análisis de la vinculación de actores*. bogota.
- Ministerio de Ambiente . (18 de 12 de 1974). *codigo nacional de recursos naturales renovables y de proteccion al medio ambiente*. Obtenido de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/decreto_2811_1974.html
- Ministerio de Ambiente, vivienda y Desarrollo Territorial . (Agosto de 2010). *Normatividad Colombiana*. Obtenido de [https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/Sistema_Gestion_de_Calidad/Procesos%20y%](https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/Sistema_Gestion_de_Calidad/Procesos%20y%20)

20procedimientos%20Vigente/Normatividad_Gnl/Resolucion%201512%20de%202010-Ago-05.pdf

Ministerio de Medio Ambiente . (2017). *Politica Nacional para la Gestin Integral de RAEES*.
Obtenido de https://estrategia.gobiernoenlinea.gov.co/623/articles-74967_recurso_21.pdf

Ministerio de Medio Ambiente. (1993). *Ley general ambiental de Colombia*. Obtenido de
https://www.oas.org/dsd/fida/laws/legislation/colombia/colombia_99-93.pdf

Ministerio de Medio ambiente y desarrollo rural . (julio de 2005). *Normativa de residuos y
desechos peligrosos*. Obtenido de
<https://quimicos.minambiente.gov.co/index.php/residuos-peligrosos/normativa-de-residuos-o-desechos-peligrosos>

Ortiz, D. (marzo de 2008). *Gestión de Residuos Electrónicos en Colombia*. Obtenido de
http://www.residuoselectronicos.net/archivos/lineas_base/LINEA_BASE_COLOMBIA_OTT.pdf

Posada, M. I. (junio de 2007). *Efectos del Mercurio sobre algunas Plantas Acuaticas Tropicales*.
Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372006000200006

Reordenacion Territorial. (2019). *Transformacion Territorial*. Obtenido de
<file:///D:/Users/Usuario/Downloads/PCTR%20MOCOA%20PUTUMAYO.pdf>

Republica, L. (10 de enero de 2019). Colombia podría aprovechar 40% de las toneladas de residuos que genera anualmente. *La Republica*.

Sampieri, R. H. (04 de Septiembre de 2014). *Metodologia de la Investigacion* . Obtenido de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>.

Selva, U. N. (15 de Enero de 2018). *Determiacion de la toxicidad en suelos contamkinados por RAEE* . Obtenido de https://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/pr%C3%A1cticas%20pre%20profesionales.pdf

Southgate, H. G. (2003). *Datos de composicion de alimentos*.

Anexos

Anexo 1. Tablas de relación de toma de variables de germinación

Tabla A. *Porcentaje de Germinación correspondiente al maíz (Z. mays, L)*

Siembra	Tasa de mortalidad	tasa de germinación	total, plantas sembradas	% de germinación maíz
S1	216	54	270	20
S2	270	0	270	0
S3	243	27	270	10
S4	243	27	270	10

Fuente: Esta investigación

Anexo 2. Tablas de relación de toma de variables de crecimiento**Tabla B.** *Índice de crecimiento de maíz (Z. mays, L) en la primera siembra*

índice de crecimiento 1ra siembra	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 3
M1		13	10	12
M2		12	13	11
M3		10	13	13
M4		14	12	10
M5		12	14	12
M6		13	10	14
promedio		12,3	12,0	12,0

Fuente: Esta investigación

Tabla C. *Índice de crecimiento de maíz (Z. mays, L) en la segunda siembra.*

índice de crecimiento siembra	de 2da Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 3
M1		0	0	0
M2		0	0	0
M3		0	0	0
M4		0	0	0
M5		0	0	0
M6		0	0	0
Promedio		0	0	0

Fuente: Esta investigación

Tabla D. *Índice de crecimiento de maíz (Z. mays, L) en la tercera siembra*

índice de crecimiento siembra	de 3ra Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
M1		10	11
M2		8	13
M3		6	14
M4		9	10
M5		11	12
M6		7	10
Promedio		8,5	11,7

Fuente: Esta investigación

Tabla E. Índice de crecimiento de maíz (*Z. mays*, L) en la cuarta siembra

	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
	9	13	16
	7	12	12
	4	8	11
	6	7	12
	8	9	10
	5	6	8
Promedio	6,5	9,2	11,5

Fuente: Esta investigación

Anexo 3. Tablas de relación del contenido de Humedad.

Tabla F. Contenido de humedad de maíz (*Z. mays*, L) en la primera siembra

contenido de humedad 1ra siembra				
	Peso húmeda	M peso seca	M	% Humedad
parcela 1	2,23	1,36		39,0134529
	2,25	1,9		15,5555556
	11,21	1,09		90,2765388
	9,32	6,68		28,3261803
	8,55	2,12		75,2046784
parcela 2	6,15	4,3		30,0813008
	8,78	1,12		87,2437358
	3,77	1,24		67,1087533
	7,27	1,11		84,7317744
	6,15	2,03		66,9918699

	3,18	1,13	64,4654088
	8,5	1,06	87,5294118
parcela 3	5,46	3,12	42,8571429
	2,69	1,65	38,66171
	1,77	1,3	26,5536723
	4,13	1,81	56,1743341
	1,52	1,11	26,9736842
	5,1	1,1	78,4313725

Fuente: Esta investigación

Tabla G. *Contenido de humedad de maíz (Z. mays, L), en la tercera siembra*

	peso M.humeda	peso seca	M	% Humedad
parcela 1	2,2	1,02		53,6363636
	2,01	1,5		25,3731343
	10,05	3,65		63,681592
	1,15	1,01		12,173913
	1,8	1,3		27,7777778
	8,32	1,5		81,9711538
parcela 2	8,5	6,05		28,8235294
	3,32	3,2		3,61445783
	7,2	2,54		64,7222222
	5,15	4,39		14,7572816
	3,2	3,08		3,75
	4,32	2,09		51,6203704
parcela 3	5,4	5,05		6,48148148
	2,3	1,85		19,5652174
	1,12	1,01		9,82142857
	3,2	2,96		7,5
	4,35	3,8		12,6436782
	2,1	1,56		25,7142857

Fuente: Esta investigación

Tabla H. *Contenido de humedad de maíz (Z. mays, L), en la cuarta siembra*

contenido de humedad 4ta siembra				
	peso humeda	M	peso seca	M %
				Humedad
parcela 1	6,15		3,1	49,5934959
	2,9		1,79	38,2758621

	3,15	1,04	66,984127
	4,32	3,86	10,6481481
	5,16	4,23	18,0232558
	3,5	2,89	17,4285714
parcela 2	4,42	4,02	9,04977376
	3,23	2,36	26,9349845
	4,2	3,56	15,2380952
	5,71	5,06	11,3835377
	6,89	6,03	12,4818578
parcela 3	3,67	2,89	21,253406
	3,9	2,89	25,8974359
	4,1	3,2	21,9512195
	4,97	4,05	18,5110664
	3,7	3,09	16,4864865
	6,21	5,09	18,0354267
	4,58	3,96	13,5371179

Fuente: Esta investigación

Anexo 4. Tablas de relación de porcentaje de cenizas

Tabla I. *Porcentaje total de cenizas de maíz (Z. mays, L), durante la primera siembra*

Cenizas totales 1ra siembra								
	Peso cenizas	crisol+ peso vacio	peso crisol	peso seca	M.	% cenizas	total	
parcela 1		23,35	22,68		1,36	49,2647059		
		23,5	22,68		1,9	43,1578947		
		22,8	22,68		1,09	11,0091743		
		22,76	22,68		6,68	1,19760479		
		22,9	22,68		2,12	10,3773585		
		23,14	22,68		4,3	10,6976744		
parcela 2		23,97	22,68		1,12	115,178571		
		22,8	22,68		1,24	9,67741935		
		23,15	22,68		1,11	42,3423423		
		23,72	22,68		2,03	51,2315271		
		23,2	22,68		1,13	46,0176991		
		22,77	22,68		1,06	8,49056604		
parcela 3		22,87	22,68		3,12	6,08974359		
		22,8	22,68		1,65	7,27272727		
		23,41	22,68		1,3	56,1538462		
		22,91	22,68		1,81	12,7071823		
		23,15	22,68		1,11	42,3423423		

	23,07	22,68	1,1	35,4545455
promedio	20,95073544	45,4896876	45,4896876	

Fuente: Esta investigación

Tabla J. Porcentaje total de cenizas de maíz (*Z. mays*, L), durante la tercera siembra

cenizas totales 3ra siembra					
	peso		peso M.	% cenizas	total
	peso crisol+ceniza	crisol vacio			
parcela 1	22,9	22,68	1,02	21,5686275	
	23,12	22,68	1,5	29,3333333	
	23,25	22,68	3,65	15,6164384	
	23,11	22,68	1,01	42,5742574	
	23,3	22,68	1,3	47,6923077	
	23,2	22,68	1,5	34,6666667	
parcela 2	23,96	22,68	6,05	21,1570248	
	23,63	22,68	3,2	29,6875	
	23,08	22,68	2,54	15,7480315	
	23,56	22,68	4,39	20,0455581	
	22,91	22,68	3,08	7,46753247	
	22,77	22,68	2,09	4,3062201	
parcela 3	22,72	22,68	5,05	0,79207921	
	22,83	22,68	1,85	8,10810811	
	23,3	22,68	1,01	61,3861386	
	23,06	22,68	2,96	12,8378378	
	22,95	22,68	3,8	7,10526316	
	22,74	22,68	1,56	3,84615385	
promedio	31,09	16,4	15,67	93,7460115	

Fuente: Esta investigación

Tabla K. Porcentaje total de cenizas de maíz (*Z. mays*, L), durante la primera siembra

cenizas totales 4ta siembra					
	peso		peso M.	% cenizas	total
	peso crisol+ceniza	crisol vacio			
parcela 1	24,23	22,68	3,1	50	
	23,37	22,68	1,79	38,547486	
	23,02	22,68	1,04	32,6923077	
	24,4	22,68	3,86	44,5595855	

	24,01	22,68	4,23	31,4420804
	24,13	22,68	2,89	50,1730104
parcela 2	24,3	22,68	4,02	40,2985075
	23,21	22,68	2,36	22,4576271
	24,76	22,68	3,56	58,4269663
	25,01	22,68	5,06	46,0474308
	23,89	22,68	6,03	20,066335
	24	22,68	2,89	45,6747405
parcela 3	23,75	22,68	2,89	37,0242215
	23,88	22,68	3,2	37,5
	23,93	22,68	4,05	30,8641975
	23,77	22,68	3,09	35,2750809
	24,74	22,68	5,09	40,4715128
	24,64	22,68	3,96	49,4949495
promedio	41,23	38,82	38,43	6,27114234

Fuente: Esta investigación

Anexo 5. Tablas de relación de Biomasa Total

Tabla L. *Biomasa total de las muestras de maíz (Z. mays, L) durante la primera siembra*

Biomasa total 1ra siembra			
A1	3,1	4,02	2,89
A2	1,79	2,36	3,2
A3	1,04	3,56	4,05
A4	3,86	5,06	3,09
A5	4,23	6,03	5,09
A6	2,89	2,89	3,96
Promedio	2,81833333	3,98666667	3,71333333

Fuente: Esta investigación

Tabla M. *Biomasa total de las muestras de maíz (Z. mays, L) durante la segunda siembra*

biomasa total 2da siembra			
A1	0	0	0
A2	0	0	0
A3	0	0	0
A4	0	0	0
A5	0	0	0
A6	0	0	0

Fuente: Esta investigación

Tabla N. *Biomasa total de las muestras de maíz (Z. mays, L) durante la tercera siembra*

Biomasa total 3ra siembra			
A1	1,02	6,05	5,05
A2	1,5	3,2	1,85
A3	3,65	2,54	1,01
A4	1,01	4,39	2,96
A5	1,3	3,08	3,8
A6	1,5	2,09	1,56
promedio	1,66333333	3,55833333	2,705

Fuente: Esta investigación

Tabla O. *Biomasa total de las muestras de maíz (Z. mays, L) durante la cuarta siembra*

biomasa total 4ta siembra			
A1	1,36	1,12	3,12
A2	1,9	1,24	1,65
A3	1,09	1,11	1,3
A4	6,68	2,03	1,81
A5	2,12	1,13	1,11
A6	4,3	1,06	1,1
Promedio	2,90833333	1,28166667	1,68166667

Fuente: Esta investigación

Anexo 6. Tablas de relación del índice de área foliar**Tabla P.** *Índice de área foliar total de maíz (Z. mays, L)*

# siembra	area foliar	densidad		area total	area foliar
		de poblacion	sembrada		
1ra siembra	126	24	270	11,2	
2da siembra	0	0	270	0	
3ra siembra	108	20	270	8	
4ta siembra	72	16	270	4,26666667	

Fuente: Esta investigación