	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-032
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión:02 Fecha: 16-02-2018
	FORMATO: ESTRUCTURA PARA LA ESCRITURA DE ARTÍCULOS PARA DIVULGACIÓN	Página 1 de 3

**Crecimiento y germinación de las especies de maíz (*zea mays, l*) y frijol (*phaseolus vulgaris*) en suelos contaminados por RAEEs.**

Daira Elizabeth Morán Cuarán<sup>1</sup>

Dora Rocío Erazo Cerón<sup>2</sup>

Pablo Emilio Moreno<sup>3</sup>

Liliana María Rodríguez Andrade<sup>4</sup>

**Resumen**


En este artículo se presentan los resultados comparativos de la incidencia de la contaminación generada por Residuos de Aparatos Eléctricos Electrónicos (RAEEs) en los procesos naturales germinación, desarrollo y crecimiento de maíz (*zea mays, L*) y frijol (*phaseolus vulgaris*); mediante ensayos en el Predio Primavera, ubicado en la vereda Pueblo Viejo del Municipio de Mocoa, Departamento del Putumayo. Situaciones como esta generan problemas ambientales, ya que muchos de los componentes de los RAEEs son contaminantes que llegan al suelo y pueden ejercer efectos adversos en las etapas de germinación y crecimiento de las plantas, alterando el proceso normal de desarrollo.

**Palabras clave:** Plántulas, semilla, variables, ambiente, tratamiento

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico del Putumayo. Ingeniería Forestal, Décimo Semestre. Mocoa, Putumayo. elizamoran20@hotmail.com

<sup>2</sup> Instituto Tecnológico del Putumayo. Ingeniería Forestal, Décimo Semestre. Mocoa, Putumayo. doreceron@hotmail.com

<sup>3</sup> Instituto Tecnológico del Putumayo, Docente Cátedra, Mocoa Putumayo. Pablo.moreno@itp.edu.co

	<b>MACROPROCESO: MISIONAL</b>	F-INV-020
	<b>PROCESO: INVESTIGACIÓN</b>	VERSIÓN:01 Fecha: 16-02-2018
	<b>FORMATO: ESTRUCTURA PARA LA ESCRITURA DE ARTÍCULOS PARA DIVULGACIÓN</b>	Página 2 de 3


### Abstract

This article presents the results of the comparative analysis of the incidence of pollution generated by Waste Electrical Electronic Devices (RAEEs) in the natural processes germination, development and growth of corn (*zea mays*, L) and beans (*phaseolus vulgaris*); through trials in the Predio Primavera, located in the village of Pueblo Viejo in the municipality of Mocoa, department of Putumayo. Situations like this generate environmental problems; since many of the components of RAEEs are contaminants that reach the soil and can have adverse effects on the stages of germination and growth of plants, altering the normal process of development.

**Keywords:** Seedlings, seeds, variables, ambient, treatment

---

<sup>4</sup> Instituto Tecnológico del Putumayo, Docente Cátedra, Mocoa Putumayo. Liliana.rodriguez@itp.edu.co

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	<p><b>MACROPROCESO: MISIONAL</b></p>	<p>F-INV-020</p>
	<p><b>PROCESO: INVESTIGACIÓN</b></p>	<p>VERSIÓN:01 Fecha: 16-02-2018</p>
	<p><b>FORMATO: ESTRUCTURA PARA LA ESCRITURA DE ARTÍCULOS PARA DIVULGACIÓN</b></p>	<p>Página 3 de 3</p>

## Introducción

Los crecientes avances tecnológicos han traído de la mano el uso de novedosos dispositivos electrónicos que resultan nocivos tanto para el medio ambiente como para el ser humano. Con el propósito de minimizar los daños causados por esta basura electrónica, en agosto de 2015 se estableció la Política Nacional de Gestión Integral de RAEEs (Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos), la cual define el manejo para la gestión integral de estos dispositivos. (MINAMBIENTE, 2015) “No obstante, a pesar de ser uno de los países pioneros de la región en legislación sobre el asunto, Colombia solo está en capacidad de procesar de manera adecuada menos del 11 por ciento de la chatarra electrónica que produce” (Giraldo y Arteaga, 2016, p15).

Esta situación genera problemas ambientales; ya que muchos de los componentes de los RAEEs (plomo, estaño, cobre, aluminio, hierro, silicio, níquel, cadmio, litio, bromo, cobre cobalto, azufre etc.) se desprenden y se mezclan con los ecosistemas, contaminando el suelo, las napas de agua y el aire.

Los contaminantes que llegan al suelo pueden ejercer efectos adversos en las etapas de germinación y crecimiento de las plantas, alterando el proceso normal de desarrollo, el cual está directamente relacionado con el tiempo de exposición; sin embargo, no hay datos precisos que


determinen los niveles de afectación en la germinación, desarrollo y crecimiento de las especies. (Guzmán, 2013)

El presente artículo muestra los resultados de la medición y análisis comparativo de la incidencia de la contaminación generada por RAEEs en los procesos naturales germinación, desarrollo y crecimiento de MAIZ (*zea mays*, L) y FRIJO (*phaseolus vulgaris*); mediante ensayos en el Predio Primavera, ubicado en la vereda Pueblo Viejo del municipio de Mocoa, departamento del Putumayo, en una zona contaminada por RAEEs.

## Métodos de recolección y análisis de información

El presente artículo se realizó mediante métodos de recolección y análisis de mixto, es decir, tanto cualitativo como cuantitativo. En cuanto a lo cuantitativo, los datos estadísticos que permitieron determinar el grado de crecimiento y germinación de las especies maíz (*zea mays*, L) y frijol (*phaseolus vulgaris*). De igual forma, se desarrolló la descripción de las características fisiológicas de las especies trabajadas, su comportamiento y adaptabilidad en un espacio contaminado por RAEE.

Esta investigación pertenece a la línea de reordenación territorial, la cual tiene como objetivo mejorar la localización y disposición de los espacios

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	<b>MACROPROCESO: MISIONAL</b>	F-INV-020
	<b>PROCESO: INVESTIGACIÓN</b>	VERSIÓN:01 Fecha: 16-02-2018
	<b>FORMATO: ESTRUCTURA PARA LA ESCRITURA DE ARTÍCULOS PARA DIVULGACIÓN</b>	Página 4 de 3

geográficos con relación a las necesidades y condiciones de vida de quienes lo habitan.

En cuanto al análisis de riesgos, se estimaron las pérdidas probables por la mala disposición de los RAEEs, y su relación con las consecuencias sociales, económicas y ambientales relacionadas.

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el predio primavera, ubicado en la vereda Pueblo Viejo del municipio de Mocoa, departamento del Putumayo. Este predio se encuentra en las coordenadas de 1°10'49,21" N y 76°38'56,37" W; y posee una humedad relativa de 85%, temperatura promedio de 24°, y precipitación promedio anual de 4135mm al año. Pueblo Viejo tiene una altitud de 848 metros.

De otra parte, para esta investigación se desarrolló un diseño experimental en una superficie total en campo de 10 X 12 mts. Para un total de 120 m<sup>2</sup>., en el cual se incluyó el Tratamiento 2 (T2: contaminación por RAEE enterrados). El T1 como el testigo limpio sin contaminación. Se utilizó una metodología de bloques completos al azar, con dos tratamientos y tres repeticiones, con el fin de determinar la influencia de un factor tratamiento con determinados niveles en una variable de interés en presencia de una variable extraña. En cada bloque se realizaron de tres repeticiones de la siguiente manera: R1. Maíz (*Zea mays*); R2 Frijol (*Phaseolus*


*vulgaris*); R3 Mixto (*Zea mays*) y (*Phaseolus vulgaris*). El tamaño de cada bloque fue de 2,5 mts, de ancho y 4, de largo, con una distancia entre bloques de 1 metro. En cada bloque se labraron tres surcos de 20 cm. de ancho, con una distancia de 1 metro, y entre surco y surco, de 40 cm. En cada surco se realizaron 18 ahoyados, con tres semillas cada uno, para un total de 54 semillas por surco y 162 semillas por bloque.

Para las semillas de maíz y frijol se empleó el método pre germinativo de imbibición en agua sin ninguna sustancia química, por un tiempo de dos horas, con el fin de asegurar un mejor porcentaje de germinación, así como plantas más fuertes. Estas se sembraron a una profundidad de 2cm. aproximadamente.

La preparación del terreno incluyó un conjunto de actividades con el objetivo de preparar una cama de siembra, que asegurara una buena germinación, mayor desarrollo del sistema radicular, buena capacidad de almacenamiento de agua, mejor absorción de nutrientes, menor incidencia de malezas y mayor facilidad para el desarrollo del cultivo.

La siembra se realizó manualmente, con semillas certificadas de maíz (*zea Mays*, L) y frijol (*Phaseolus vulgaris*), en hoyos de 2cm. de ancho, largo y profundidad, aproximadamente.

Para la evaluación de las semillas, se tuvieron

 <p>El Saber como Arma de Vida</p>	<b>MACROPROCESO: MISIONAL</b>	F-INV-020
	<b>PROCESO: INVESTIGACIÓN</b>	VERSIÓN:01 Fecha: 16-02-2018
	<b>FORMATO: ESTRUCTURA PARA LA ESCRITURA DE ARTÍCULOS PARA DIVULGACIÓN</b>	Página 5 de 3

en cuenta variables cuantitativas y cualitativas, mediante una comparación múltiple de medidas.

Las variables a evaluar fue el crecimiento (altura), el área foliar, el rendimiento por planta y el número de semillas por vaina; fenómenos fácilmente detectables y cuantificables.

Pasados los 15 días de germinación, se evaluó la cantidad de plántulas propagadas y muertas existentes en cada uno de los tratamientos que se llevaron a cabo en los tres periodos.

El índice de análisis de crecimiento se realizó de acuerdo con medidas directas tales como: masa seca total de la planta, área foliar total, tiempo y medidas derivadas como la tasa de crecimiento relativo (TCR); con el fin de realizar comparaciones equitativas.

Para llevar a cabo este análisis se relacionó una parte de la planta con la masa seca total, la tasa de crecimiento del cultivo (TCC), es decir la ganancia en materia seca de una comunidad de plantas por unidad de área de suelo y por unidad de tiempo, la tasa de asimilación neta (TAN), que permite cuantificar la fotosíntesis laminar; que es la producción de materia seca elaborada por la planta, determinada fundamentalmente por la fotosíntesis y la respiración, índice del área foliar (IAF) que pueden ser obtenidas a partir de las medidas directas (área de hojas verdes (m<sup>2</sup>) por metros cuadrados de suelo) y el TAC tasa absoluta

de crecimiento, que es una tasa de cambio en tamaño, o sea un incremento del tamaño por unidad de tiempo. Como se puede observar en la siguiente tabla:


**Tabla 1.** Índice de crecimiento empleado en la fisiología vegetal y de cultivos.

Índice de crecimiento	Símbolo	Valor instantáneo	Valor promedio en un intervalo de tiempo (T <sub>2</sub> T <sub>1</sub> )	Unidades
Tasa de crecimiento relativo	TCR	$\frac{1}{w} \frac{dw}{dt}$	$TCR = \frac{(\ln W_2 - \ln W_1)}{(T_2 - T_1)}$	g / (g día)
Tasa de asimilación neta	TAN	$\frac{1}{AF} \frac{dw}{dt}$	$TAN = \frac{\frac{(W_2 - W_1)}{(T_2 - T_1)}}{\frac{(\ln AF_2 - \ln AF_1)}{(AF_2 - AF_1)}}$	g/(cm <sup>2</sup> día)
Índice de área foliar	IAF	$\frac{AF}{As}$	$IAF = \frac{\frac{(AF_2 + AF_1)}{2}}{\frac{1}{As}}$	Dimensional según las unidades
Tasa de crecimiento del cultivo	TCC	$\frac{1}{As} \frac{dw}{dt}$	$TCC = \frac{1}{As} \times \frac{(W_2 - W_1)}{(T_2 - T_1)}$	g/(cm <sup>2</sup> día)
Tasa absoluta de crecimiento	TAC	$\frac{dw}{dt}$	$TAC = \frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1}$	g/día
Duración de área foliar	DAF	-	$DAF = \frac{(AF_2 + AF_1) \times (T_2 - T_1)}{2}$	cm/día
Área foliar específica	AFE	$\frac{AF}{MF}$	$AFE = \frac{\frac{AF_2}{W_2} + \frac{AF_1}{W_1}}{2}$	cm <sup>2</sup> /g

Fuente: (Melgarejo, 2010)

Los valores se obtienen de los muestreos destructivos estimados como masa seca W1 y W2 realizados en los tiempos T1 y T2, respectivamente.

El crecimiento en el campo depende de la variación genética y de las condiciones ambientales (relación planta-suelo-atmósfera), por ello se buscó tomar alto número de muestras para acercarse a la medida real del crecimiento de las plantas en una población. (Melgarejo, 2010, p28-29) Para este proceso se realizaron evaluaciones fisiológicas del estado de desarrollo del cultivo y se tomaron muestras a diferentes intervalos, con un total de 3

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	<p><b>MACROPROCESO: MISIONAL</b></p>	<p>F-INV-020</p>
	<p><b>PROCESO: INVESTIGACIÓN</b></p>	<p>VERSIÓN:01 Fecha: 16-02-2018</p>
	<p><b>FORMATO: ESTRUCTURA PARA LA ESCRITURA DE ARTÍCULOS PARA DIVULGACIÓN</b></p>	<p>Página 6 de 3</p>

fechas de muestreo para la biomasa fresca y seca. Para cada análisis se seleccionaron de la parcela experimental diez plantas al azar y se realizaron evaluaciones correspondientes a:

a. Altura de la planta: Para la medición se tuvo en cuenta el alargamiento o crecimiento rápido de la planta y los entrenudos inferiores del tallo.

b. 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.

c. Área foliar: Se tomaron diez plantas de cada bloque y se multiplicó el largo y ancho de la hoja, lo que dio como resultado el área foliar

d. Contenido de humedad: Para los factores de contenido de humedad y materia seca, se utilizó el método de secado al horno y para la ceniza el método de Interacción mufla. La técnica utilizada fue la gravimétrica.

Por su parte, el análisis de los metales pesados generados por RAEE se realizó con el instrumento espectrofotómetro.

En cuanto al contenido de masa seca, este se determina por la extracción del agua contenida en las plantas al estado fresco o verde. Por lo tanto,


este valor 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 llevó a cabo un método gravimétrico; se utilizaron 5 gr., se la colocaron a 70° hasta un peso constante durante (24 h), para que la planta perdiera el contenido de humedad, 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. Para ello se utilizaron los siguientes materiales:

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

e. Cenizas: es considerada 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. (FAO, 1993)

Esta práctica se llevó a cabo directamente después de la determinación del contenido en materia seca, pues se necesitó también desecar las

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	<b>MACROPROCESO: MISIONAL</b>	F-INV-020
	<b>PROCESO: INVESTIGACIÓN</b>	VERSIÓN:01 Fecha: 16-02-2018
	<b>FORMATO: ESTRUCTURA PARA LA ESCRITURA DE ARTÍCULOS PARA DIVULGACIÓN</b>	Página 7 de 3

muestras en crisoles de porcelana antes de quemarlas en la mufla.

### Resultados y discusiones

Este apartado pretende exponer los hallazgos más relevantes a los que fue posible llegar a lo largo de la investigación.

Mediante un análisis comparativo de las diferentes variables planteadas, fue posible establecer postulados que refieren una afectación directa de los cultivos agrícolas de frijol (*phaseolus vulgaris*) y maíz (*zea mays, L*), al ser expuestos a suelos contaminados con RAEEs, y su influencia en el desarrollo y crecimiento de las plantas.

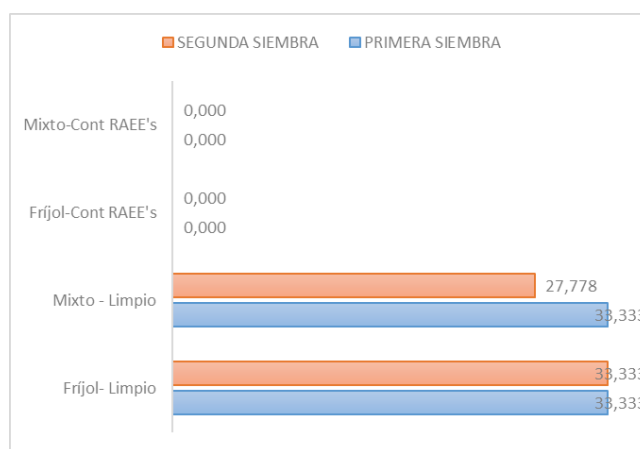
#### 1. Germinación

“La germinación es el proceso mediante el cual una semilla se desarrolla hasta convertirse en una nueva planta. Este proceso se lleva a cabo cuando el embrión se hincha y la cubierta de la semilla se rompe. Para lograr esto, toda nueva planta requiere de elementos básicos para su desarrollo como: temperatura, agua, oxígeno y sales minerales” (Castillejo, 2014).

Para el caso del frijol, se presenta una total inhibición de la germinación de semillas en los testigos contaminados con RAEE, por lo tanto, se puede atribuir esta inhibición al efecto contaminante de este tipo de residuos, pues se


descartan otros factores ambientales, al presentar una germinación representativa para los dos escenarios de testigo limpio.

Las gráficas 1 y 2 muestran la diferencia en porcentaje de germinación de las dos especies objeto de estudio, en escenarios distintos primera y segunda siembra.

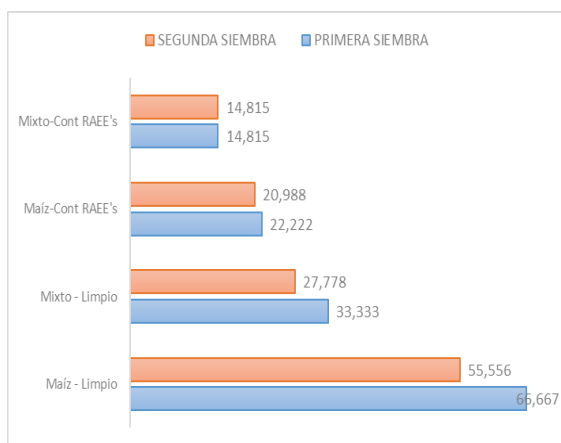


**Gráfica 1. % Germinación de Frijol**

Las gráficas 1: Muestran la diferencia en porcentaje de germinación en la especie Frijol objeto de estudio en primera y segunda siembra, en escenarios distintos. Para el monocultivo de frijol en testigo limpio se obtuvo valores de 33,33 con demostrativa similitud en primera y segunda siembra; en el testigo limpio mixto se encontraron valores de 33,33 y 27,778 los cuales no presentaron diferencias muy significativas en las dos fases. Para el caso del frijol, se presenta una total inhibición de la germinación de semillas en los testigos contaminados con RAEE, por lo tanto, se puede atribuir esta inhibición al efecto contaminante de

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	<b>MACROPROCESO: MISIONAL</b>	F-INV-020
	<b>PROCESO: INVESTIGACIÓN</b>	VERSIÓN:01 Fecha: 16-02-2018
	<b>FORMATO: ESTRUCTURA PARA LA ESCRITURA DE ARTÍCULOS PARA DIVULGACIÓN</b>	Página 8 de 3

este tipo de residuos, pues se descartan otros factores ambientales, al presentar una germinación representativa para los dos escenarios de testigo limpio.



**Gráfica 2. % Germinación de Maíz (*Zea mays*, L).**

Gráfica 2 Indica las equivalencias de germinación en maíz que por su parte, presenta diferencias significativas en el porcentaje de germinación: en condiciones normales, con valores de 66,6 y 55,5 siendo valores muy representativo; para el cultivo mixto se reduce su productividad a la mitad, con un promedio de 33,3 y 27,7 situación que se atribuye a posible competencia entre las dos especies (maíz - frijol).

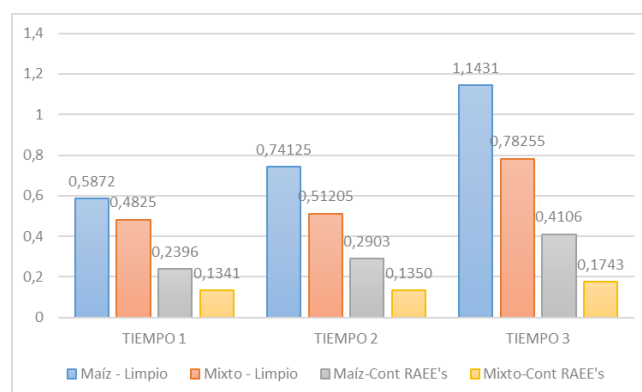
Cabe resaltar el bajo porcentaje de germinación en la primera y segunda siembra en los dos escenarios que presentan contaminación por RAEE; la productividad en monocultivo presenta valores de 22,2 y 20,9 siendo la tercera parte comparada con

el primer tratamiento testigo limpio; mientras que para el cultivo mixto contaminado con RAEEs, presenta una igualdad con proporciones de 14,8 valores similares que eclosionaron no más que la mitad de semillas que en el caso de cultivo mixto sin contaminación por RAEE.


## 2. Crecimiento y Desarrollo

A continuación, se presentan los resultados y su correspondiente análisis en lo que refiere al crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz exclusivamente, puesto que 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.

La gráfica 3 expone una ponderación entre primera y segunda siembra, del contenido de Materia Seca MS en los diferentes tratamientos, en tres tiempos distintos con intervalos de 15 días:



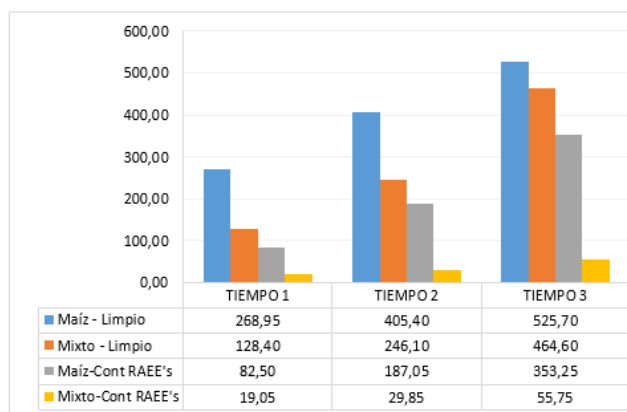
**Gráfica 3. Contenido de muestra seca de maíz (*Zea mays*)**

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	<b>MACROPROCESO: MISIONAL</b>	F-INV-020
	<b>PROCESO: INVESTIGACIÓN</b>	VERSIÓN:01 Fecha: 16-02-2018
	<b>FORMATO: ESTRUCTURA PARA LA ESCRITURA DE ARTÍCULOS PARA DIVULGACIÓN</b>	Página 9 de 3

Se evidencia que el contenido de MS en maíz contaminado con RAEEs es menor al maíz de testigo limpio, con un promedio de (0,2396,0,2903,0,4106) para el caso de maíz contaminado con RAEEs y con (0,5872; 0,74125; 1,1431) en testigo limpio para los tres tiempos, esto presuntamente se puede atribuir a los altos índices de precipitación durante la fase de cultivo como establece INTAGRI (s.f) “La acumulación de materia seca es influenciada por la tasa fotosintética que la planta logra interceptar y la nutrición mineral que recibe”.

Este postulado permite argumentar que la contaminación por RAEEs interfiere con la actividad fotosintética y la captación de nutrientes minerales por parte de la planta.


Por otra parte, en la gráfica 4 podemos apreciar el promedio para las dos siembras, de la variación del área foliar en maíz, evidenciada en los tres tiempos.



#### Gráfica 4. Área foliar de maíz (*Zea mays*, L) en tres tiempos experimentales

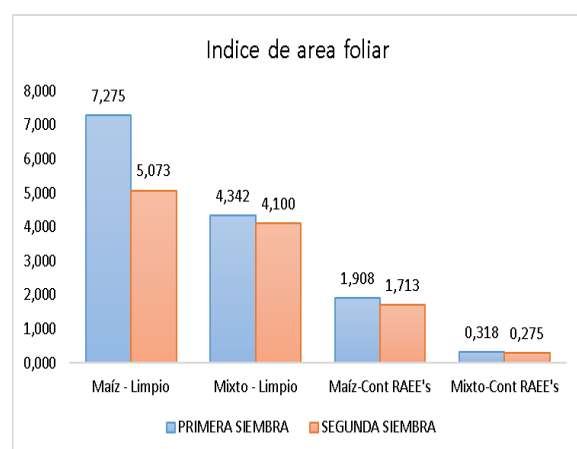
Como lo expresan Cabezas, Peña, Duarte, Colorado y Lora (2009) “la magnitud del área foliar define la capacidad de la cubierta vegetal para interceptar la radiación fotosintéticamente activa, la cual es la fuente primaria de energía utilizada por las plantas para la fabricación de tejidos y elaboración de compuestos alimenticios”. (p121). Las gráficas 4, evidencian que para el caso de maíz contaminado con RAEEs, la magnitud del área foliar es inferior con valores de 82,50 y 353,25 hallazgo que puede estar asociado a posible ataque de insectos u hongos que provocan marchites en sus hojas.

Adicionalmente se puede apreciar en la gráfica 4, que los mayores porcentajes se obtuvieron en los tratamientos testigo limpio en los tres tiempos ascendiendo de una manera significativa con porcentajes de (268,95; 405,40 y 525,70); Esto se atribuye a que el nivel de rendimiento fue mayor con una producción de forraje; por el contrario para el caso de maíz mixto contaminado con RAEEs los especímenes presentan una mayor dificultad para el desarrollo de su área foliar con un promedio de (19,05, 29,85 y 55,75) esto podría suponer que existe una carencia de nutrientes Y posibles afectaciones

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-020
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	VERSIÓN:01 Fecha: 16-02-2018
	FORMATO: ESTRUCTURA PARA LA ESCRITURA DE ARTÍCULOS PARA DIVULGACIÓN	Página 10 de 3

por RAEs que contienen metales pesados que hacen que la planta no se desarrolle debidamente.

La gráfica 5, representa el índice de área foliar de las dos siembras, para los cuatro casos objeto de análisis.

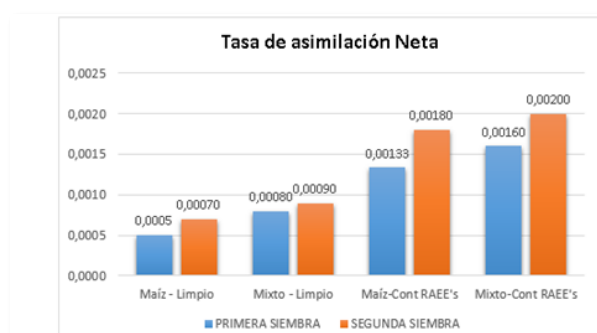


Gráfica 5. Índice de Área foliar de maíz (*Zea mays*, L).

La grafica 5, representa el índice de área foliar de las dos siembras, para los cuatro casos objeto de análisis: El IAF más relevante se encontró en la primera siembra testigo limpio y mixto en el cual se incrementó, la producción de biomasa aumenta en (7,275 y 4,342 g m<sup>-2</sup>) Lo anterior puede atribuirse a una mayor fotosíntesis, debida al crecimiento del dosel vegetal que proporciona mayor intercepción de luz y mayor aprovechamiento de los recursos hídricos y nutrimentales, posteriormente con valores bajos en el tratamiento mixto contaminado


con RAEs en la primera y segunda siembra con valores de (0,318 g m<sup>-2</sup> y 0,275) descendiendo de manera significativa.

Sanchez, Ubaldo, Valenzuela, Sanchez, Jimenez y Villanueva (2011) “aseguraron que el menor rendimiento del índice área foliar se vio afectado por las altas temperaturas lo que influye en el contenido de humedad en suelo, aire y planta”. (p.285).



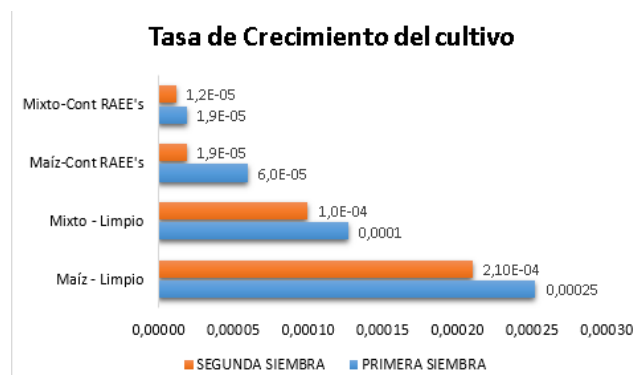
Gráfica 6. Tasa de Asimilación Neta de Maíz (*Zea mays*)

Según Gardner, Brent Pearce, y Mitchel (1985) afirman que “el TAN es una medida de la eficiencia fotosintética promedio de las hojas en una comunidad de cultivo. Esta es alta cuando las plantas son pequeñas y la mayoría de las hojas están expuestas a la luz solar directa”. (p.30). A medida que el cultivo crece y el índice de área foliar se incrementa, más y más hojas comienzan a sombreadarse, causando una disminución de la TAN a medida que la estación de crecimiento progresa.

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	<b>MACROPROCESO: MISIONAL</b>	F-INV-020
	<b>PROCESO: INVESTIGACIÓN</b>	VERSIÓN:01 Fecha: 16-02-2018
	<b>FORMATO: ESTRUCTURA PARA LA ESCRITURA DE ARTÍCULOS PARA DIVULGACIÓN</b>	Página 11 de 3


De acuerdo con los resultados expuestos en la gráfica 6, se refleja que el TAN en la primera y la segunda siembra contaminada con RAEEs, se obtuvo valores altos ya que el crecimiento de las plántulas fue muy bajo por ello se lograron promedios de (0,00133; 0,00160; y 0,00160; 0,00200), teniendo en cuenta que al no presentar crecimiento el TAN presenta un alto porcentaje ya que las plántulas no compiten por radiación solar llegándoles directamente. Adicionalmente los ensayos del testigo limpio en monocultivo y mixto con valores muy bajos de TAN presentando valores promedio de (0,00050; 0,00080 y 0,00070; 0,00090), esto se debe a que las plántula si presentaron mayor crecimiento y al competir por luz solar se presenta disminución de TAN; se podría argumentar que entre mayor sea el promedio de área foliar este tiende a disminuir de manera muy significativa.

Por otra parte, la gráfica 7 muestra la tasa de crecimiento del cultivo en los cuatro escenarios propuestos como unidades de análisis.



**Gráfica 7. Tasa de crecimiento de cultivo de maíz (*Zea mays*)**

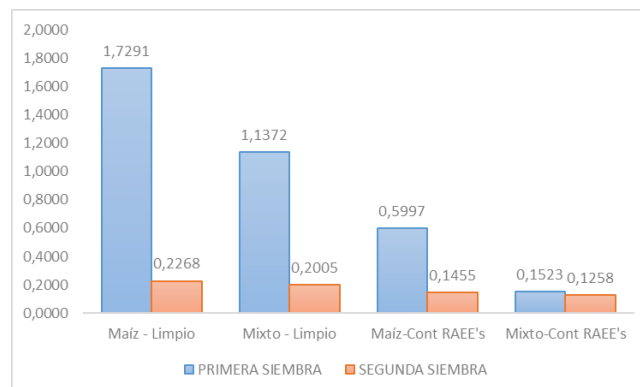
Como se puede observar, en los cuatro tratamientos se presentaron valores muy bajos en la segunda siembra en cada uno de los tratamientos con promedios que van en orden descendente de 2,10E-04 Maíz limpio; 1,0E-04 mixto limpio; 1,9E-05 contaminado con RAEEs; 1,2E-05 mixto contaminado con RAEEs, que presento limitaciones atribuidas a factores principalmente climáticos; como sobresaturación del suelo por altas precipitaciones; es así que Peña, Ramirez, Valencia y Jaramillo (2012) afirman que las deficiencias hídricas severas a nivel de suelo, así como los excesos, pueden afectar el crecimiento y desarrollo vegetativo y productivo de la planta. La sobresaturación del suelo, asociada en gran medida, a altas precipitaciones o un gran número de días con lluvia, limita el desarrollo del sistema radical,

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	<b>MACROPROCESO: MISIONAL</b>	F-INV-020
	<b>PROCESO: INVESTIGACIÓN</b>	VERSIÓN:01 Fecha: 16-02-2018
	<b>FORMATO: ESTRUCTURA PARA LA ESCRITURA DE ARTÍCULOS PARA DIVULGACIÓN</b>	Página 12 de 3

dando como resultado una planta con síntomas de deficiencias nutricionales, alta incidencia de mancha de hierro en las hoja, desarrollo deficiente de brotes, defoliación, baja producción, y baja condiciones extremas, hasta la muerte de la planta. (p.2)


Sin embargo, cabe destacar que los valores máximos obtenidos de TCC se identifican en el testigo limpio, con promedio de 0,00005 y 0,00001 para testigo mixto limpio. “La tasa de crecimiento del cultivo TCC es considerado un índice de la productividad agrícola, mide la ganancia en peso de una comunidad de plantas por unidad de área de suelo y por unidad de tiempo.” (Santos, Segura, y Núñez, 2010, p. 5261). Por tanto, es posible afirmar que la productividad agrícola del monocultivo de maíz testigo limpio duplica la del cultivo mixto limpio, y casi que la triplica en los dos escenarios de cultivos de maíz contaminado con RAEEs.

La grafica 8 presenta la tasa absoluta de crecimiento TAC, que se define como el incremento de material vegetal por unidad de tiempo.



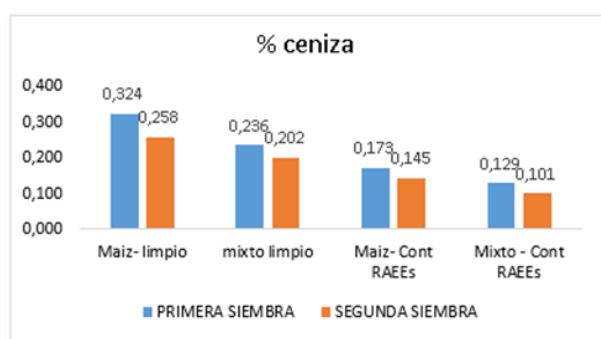
**Gráfica 8. Tasa absoluta de crecimiento de maíz (*Zea mays*)**

Así pues, podemos apreciar que en la siembra de testigo limpio con promedio de 1,7291 presenta un TAC mucho más elevada que la siembra dos con 0,2268, como se ha mencionado anteriormente, esto debido a condiciones de lluvias abundantes que se presentaron durante el periodo de desarrollo del cultivo, se resalta en esta variable la importante diferencia que se refleja entre los testigos limpios y las muestras contaminadas con RAEEs en la primera y segunda siembra con unos promedios porcentajes de 0,5997 y 0,1455 , que se pueden atribuir a posibles afectaciones generados por los RAEEs ya que dentro de sus componentes se encuentra el aluminio un metal toxico que según Casierra y Cardenas (2009) La toxicidad por aluminio, se relaciona en la productividad de cultivos establecidos en suelos ácidos con alta disponibilidad de Al<sup>3+</sup> Frecuentemente, a valores de pH inferiores a 5,0, existe un efecto tóxico en

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	<b>MACROPROCESO: MISIONAL</b>	F-INV-020
	<b>PROCESO: INVESTIGACIÓN</b>	VERSIÓN:01 Fecha: 16-02-2018
	<b>FORMATO: ESTRUCTURA PARA LA ESCRITURA DE ARTÍCULOS PARA DIVULGACIÓN</b>	Página 13 de 3

especies agrícolas importantes, debido a la solubilidad del Al<sup>3+</sup>. (p.91).

La grafica 9 muestra un promedio de los valores de ceniza de maíz en los tres tiempos, de manera comparativa entre las dos siembras:



Grafica 9. Ceniza de maíz.

Según la FAO (1993) la ceniza es considerada como el contenido de minerales totales o material inorgánico en la muestra. En la gráfica 9 se puede observar que el mayor porcentaje se evidencio en la primera siembra en maíz testigo limpio con un valor de 0,324 a diferencia del tratamiento dos contaminado con RAEs en primera siembra que su porcentaje es inferior con 0,173 esto indica que la especie de maíz en suelos sin contaminar obtuvo un alto rendimiento en la producción de forraje siendo superior la producción de hojas a comparación del tratamiento contaminado.


Para el caso de la segunda siembra claramente se puede observar que el porcentaje en ceniza es

muy bajo en los tratamientos contaminados con RAEs y mixto contaminado con RAEs con unos porcentajes de (0,145 y 0,101). Esto puede atribuirse a un nivel bajo de crecimiento de las plántulas que se vieron afectadas por los aparatos electrónicos que contiene metales pesado como el aluminio un metal toxico que según Casierra y Cardenas (2009) La toxicidad por aluminio, se relaciona en la productividad de cultivos establecidos en suelos ácidos con alta disponibilidad de Al<sup>3+</sup> Frecuentemente, a valores de pH inferiores a 5,0, existe un efecto tóxico en especies agrícolas importantes, debido a la solubilidad del Al<sup>3+</sup>. (p.91).

Finalmente, el presente estudio es limitado, debido a la muestra analizada. Se requiere de la realización de estudios más profundos para sacar conclusiones específicas en cuanto a las afectaciones específicas de los cultivos de maíz y frijol, expuestas a la contaminación con RAEs.

### Conclusiones

De manera general, se puede concluir que la exposición de los cultivos a la contaminación con RAEs afecta de manera directa la productividad del agro, debido a que los resultados de la investigación muestran que en los dos tipos de especies de MAIZ (*Zea mays*, L) y FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*) respondieron en forma diferente frente a

	<b>MACROPROCESO: MISIONAL</b>	F-INV-020
	<b>PROCESO: INVESTIGACIÓN</b>	VERSIÓN:01 Fecha: 16-02-2018
	<b>FORMATO: ESTRUCTURA PARA LA ESCRITURA DE ARTÍCULOS PARA DIVULGACIÓN</b>	Página 14 de 3

las dos época de siembra ya que las características y el tiempo de desarrollo de los cultivos se ve directamente afectado.

Los resultados obtenidos en germinación en el área de estudio de suelos contaminados con RAEEs, podemos concluir que las semillas de frijol presento inhibición de la especie, situación que se atribuye a posible alteración en el suelo ya sea por falta de elementos básicos, es por ello la necesidad de antes de implementar un cultivo se requiere realizar análisis previos de suelos que comprueben su adaptabilidad esto con el fin de obtener resultados más verídicos.

El proyecto de investigación realizado contribuyó de manera importante en la búsqueda de posibles afectaciones que este tipo de materiales puede llegar a generar si no tienen buenas disposiciones finales; de esta manera se comprobó el nivel de incidencia que en suelos contaminados con RAEEs causan daños irreversibles reflejando inhibición en las plantas que no toleran sustancias toxicas como: fósforo, mercurio, cadmio o bromo debido que no tienen buenas disposiciones finales, lo que provoca daños muy graves al medio ambiente y a las personas que los manipulan.

El presente estudio representa un avance en la investigación de contaminación por RAEEs, debido a que existe limitantes en temas de información

que respalden la investigación en cultivos agrícolas, siendo así un punto de referencia para nuevas investigaciones en la materia.


### Recomendaciones

Es necesario que, sumado a la política de gestión de este tipo de residuos, se tomen las medidas necesarias por parte de las autoridades competentes y de las empresas privadas comprometidas con estas tecnologías, para que se realice una efectiva recolección de los RAEEs y disposición en los sitios respectivos.

Se recomienda que en próximos estudios, se realicen análisis bromatológicos que permitan medir la cantidad de metales pesados que puedan acumularse en las diferentes partes de la planta; para contar con datos confiables que respalden la investigación.


Ejecutar la investigación basada en diferentes especies forestales nativas de rápido crecimiento; para continuidad del proyecto como una forma de incentivar a los jóvenes a la investigación.

Implementar un diseño experimental en suelos contaminados con RAEEs al aire libre, para estudiar el comportamiento de la adaptabilidad de las especies frente a un factor extraño.

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	<p><b>MACROPROCESO: MISIONAL</b></p>	<p>F-INV-020</p>
	<p><b>PROCESO: INVESTIGACIÓN</b></p>	<p>VERSIÓN:01 Fecha: 16-02-2018</p>
	<p><b>FORMATO: ESTRUCTURA PARA LA ESCRITURA DE ARTÍCULOS PARA DIVULGACIÓN</b></p>	<p>Página 15 de 3</p>

## Bibliografía

- FAO. (1993). "Apoyo a las Actividades Regionales de Acuicultura para América Latina y el Caribe" (AQUILA). México: La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura,. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB489S/AB489S00.htm#TOC>
- Gardner, F., Brent Pearce, R., & Mitchel, R. (1985). Carbon fixation by crop canopies. *Physiology of Crop Plants*. Iowa State University, 31-57. [http://agro.unc.edu.ar/~ceryol/documentos/ecofisiologia/FIJACIN\\_DE\\_CARBONO\\_POR\\_LOS\\_CULTIVOS.pdf](http://agro.unc.edu.ar/~ceryol/documentos/ecofisiologia/FIJACIN_DE_CARBONO_POR_LOS_CULTIVOS.pdf)
- Giraldo, K., y Arteaga, L. (2016). Diagnóstico del manejo ambiental de las RAEE en las sedes Macarena y vivero de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales. *Tecnología en Gestión Ambiental y Servicios Públicos*. Obtenido de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4862/1/GiraldoGarz%C3%B3nKar enLorena2016.pdf>
- Intagri S.C. (s.f.). Intagri S.C. Obtenido de El Índice de Área Foliar (IAF) y su Relación con el Rendimiento del Cultivo de Maíz: <https://www.intagri.com/articulos/cereales/el-indice-de-area-foliar-iaf>
- Isaza Guzmán, G. (2013). Efecto del plomo sobre la imbibición, germinación y crecimiento de *Phaseolus vulgaris* L. y *Zea mays* L. *Biología Digital*, 13. Obtenido de <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/114/472>
- Melgarejo, L. (2010). Análisis de Crecimiento en Plantas. En L. M. Melgarejo (Ed.), *Experimentos en Fisiología Vegetal* (págs. 25 - 38). Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de [http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/content/laboratorios/fisiologiavegetal/documentos/Libro\\_experimentos\\_en\\_fisiologia\\_y\\_bioquimica\\_vegetal\\_\\_Reparado\\_.pdf](http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/content/laboratorios/fisiologiavegetal/documentos/Libro_experimentos_en_fisiologia_y_bioquimica_vegetal__Reparado_.pdf)
- Minambiente. (2015). Política Nacional para la Gestión Integral de RAEE. República de Colombia: Ministerio de Ambiente. <http://www.minambiente.gov.co/index.php/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/gestion-integral-de-residuos-de-aparatos-electricos-y-electronicos-raee>

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	<b>MACROPROCESO: MISIONAL</b>	F-INV-020
	<b>PROCESO: INVESTIGACIÓN</b>	VERSIÓN:01 Fecha: 16-02-2018
	<b>FORMATO: ESTRUCTURA PARA LA ESCRITURA DE ARTÍCULOS PARA DIVULGACIÓN</b>	Página 16 de 3

- Santos, C. M., Segura, A. M., & Núñez, L. C. (2010).  
Análisis de crecimiento y relación fuente-demanda de cuatro variedades de papa (*Solanum Tuberosum* L.) en el municipio de Zipaquirá (Cundinamarca, Colombia).  
Revista Facultad Nacional de Agronomía 63(1), 5253-5266.  
<http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v63n1/a04v63n01.pdf>
- Cabezas-Gutiérrez, M., Peña, F., Duarte, H. W., Colorado, J. F., & Silva, R. L. (2009).  
Un modelo para la estimación del área foliar en tres especies forestales de forma no destructiva. Revista UDC A Actualidad & Divulgación Científica, 12(1), 121-130.  
<http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v12n1/v12n1a13.pdf>
- Sánchez-Hernández, M. Á., Aguilar-Martínez, C. U., Valenzuela-Jiménez, N., Sánchez-Hernández, C., Jiménez-Rojas, M. C., & Villanueva-Verduzco, C. (2011).  
Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros. Agronomía mesoamericana, 22(2), 281-295.  
[http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v22n2\\_281.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v22n2_281.pdf)
- Peña, A. J., Ramírez, V. H., Valencia, J. A., & Jaramillo, A. (2013).  
La lluvia como factor de amenaza para el cultivo del café en Colombia.
- <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0415.pdf>
- Casierra-Posada, F., & Cárdenas-Hernández, J. (2009).  
Crecimiento de plántulas de maíz (*zea mays* l. var. porva) en solución nutritiva con baja relación (ca+ mg+ k)/Al  
Revista UDC A Actualidad & Divulgación Científica, 12(2), 91-100.  
<http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v12n2/v12n2a10.pdf>
- Castillejo Hernández, P. (2014).  
Cámara germinadora de semillas.  
<https://academicae.unavarra.es/bitstream/handle/2454/15249/629222.pdf?sequence=1&isAllowed=y>