



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS FITOTÓXICOS DE QUIZALOFOP
SOBRE LA GERMINACIÓN Y DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE
ESPECIES NATIVAS DE QUITO

AUTOR

Nicolas Felipe Sanabria Pedroza

AÑO

2019



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS FITOTÓXICOS DE QUIZALOFOP SOBRE
LA GERMINACIÓN Y DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE ESPECIES
NATIVAS DE QUITO

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniero Ambiental en Prevención y
Remediación

Profesor Guía

MSc. Indira Fernandina Black Solís

Autor

Nicolás Felipe Sanabria Pedroza

Año

2019

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

Declaro haber dirigido el trabajo, Evaluación de los efectos fitotóxicos de Quizalofop sobre la germinación y desarrollo de plántulas de especies nativas de Quito, a través de reuniones periódicas con el estudiante Nicolás Felipe Sanabria Pedroza, en el semestre 201920, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

Indira Fernandina Black Solís
Magister en Conservación y Gestión de Medio Natural
C.I: 171127356-3

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

Declaro haber revisado este trabajo, Evaluación de los efectos fitotóxicos de Quizalofop sobre la germinación y desarrollo de plántulas de especies nativas de Quito del estudiante Nicolás Felipe Sanabria Pedroza en el semestre 201920 dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

Marco Vinicio Briceño León
Magister en Energías Renovables
C.I: 1715967319

DECLARACIÓN DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autores vigentes.

Nicolás Felipe Sanabria Pedroza
C.I. 0401912019

AGRADECIMIENTOS

A los profesores, Alejandro Gonzales, Indira Black y Marco Briceño por guiar el presente estudio de titulación y por el tiempo considerado para mi formación profesional y humana.

A Marisol Pedroza por ser la mentora de la persona que soy y seré y al Altísimo por sus infinitas bendiciones.

DEDICATORIA

A Marisol Pedroza por ser mi ejemplo a seguir, el artífice de esta meta alcanzada y mostrarme el camino correcto, siempre gracias mama.

A la familia Vizcaíno Coral por el apoyo ilimitado brindado, siempre gracias.

A mi abuelo en el cielo.

RESUMEN

Este estudio investigativo se basó en demostrar los efectos fitotóxicos que puede tener un pesticida organofosforado (Quizalofop) sobre la germinación y desarrollo de plántulas de dos especies nativas de Quito, mediante el uso de metodologías netamente biológicas, se plantearon cinco tratamientos donde se tuvo un testigo y cuatro concentraciones diferentes del pesticida (60g/ha, 52,31g/ha, 44g/ha, 36g/ha), las cuales fueron aplicadas a semillas y plántulas de las especies *Tecoma stans* y *Alnus acuminata* que fueron adquiridas en la parroquia de Nayón.

Los parámetros tomados en semillas fueron los porcentajes de germinación y crecimiento de la radícula, en plántulas los parámetros fueron, el índice de Dickson que se compuso de pesos secos de biomasa y vigor de la plántula. Los resultados generales que se evidenciaron en este estudio demostraron que el uso de pesticidas afecta directamente el desarrollo vegetal de las especies estudiadas, y que, a medida que la concentración del pesticida Quizalofop aumenta la calidad de las especies es menor.

Palabra clave: Quizalofop, fitotóxico, pesticida, Calidad.

ABSTRACT

This research study was based on demonstrating the phytotoxic effects that an organophosphorus pesticide (Quizalofop) can have on the germination and development of seedlings of two native species of Quito, by using biological methodologies, five treatments were used, a witness treatment was considered and four different concentrations with the pesticide (60 g/ha, 52.31 g/ha, 44 g/ha, 36 g/ha), which were applied to seeds and seedlings of *Tecoma stans* and *Alnus acuminata*, they were acquired in parroquia de Nayón .

The parameters taken in seeds were the percentages of germination and radicle growth, in seedlings the parameters were the Dickson index that was composed of dry weights of biomass and vigor of the seedling. The results showed that the use of pesticides affects the plant development about studied species, and, as the concentration of pesticide Quizalofop increases the quality of the species is lower.

Keywords: Quizalofop, phytotoxic, pesticide, Quality.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivo general.....	2
1.2.2. Objetivos específicos.....	2
1.3. Hipótesis.....	3
1.4. Alcance.....	3
1.5. Justificación.....	4
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Pesticidas y sus efectos.....	5
2.2. Los pesticidas.....	7
2.3. Cuenca del río Guayllabamba.....	8
2.4. Descripción de las especies estudiadas.....	9
2.4.1. <i>Tecoma stans</i> (Cholán).....	9
2.4.2. <i>Alnus acuminata</i> (Aliso).....	10
2.5. Análisis de varianza ANOVA.....	12
2.6. Comparaciones múltiples TUKEY.....	12
2.7. Correlación de Pearson.....	12
2.8. Índice de calidad de Dickson.....	12
3. METODOLOGÍA.....	13
3.1. Especies en estudio.....	13
3.2. Adquisición de semillas y plántulas.....	14
3.3. Preparación de soluciones del Quizalofop.....	14
3.4. Parámetros químicos de las soluciones.....	15
3.4.1. pH y conductividad.....	15
3.5. Diseño experimental.....	16
3.5.1. Diseño con semillas.....	16
3.5.2. Diseño con plántulas.....	17

3.6. Procesamiento y análisis de datos.....	19
3.6.1. Semillas.....	19
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	24
4.1. Respuestas de <i>Tecoma stans</i> y <i>Alnus acuminata</i> en semillas .	24
4.1.1. Respuestas germinativas e índices de toxicidad.....	24
4.1.2. Análisis de varianza.....	26
4.2. Respuestas de <i>Tecoma stans</i> y <i>Alnus acuminata</i> en plántulas	28
4.2.1. Índice de Dickson.....	29
4.2.2. Análisis de varianza.....	30
4.3. pH y conductividad en los tratamientos.....	36
4.4. Correlación de Pearson.....	36
4.4.1. Semillas.....	36
4.4.2. Plántulas.....	37
5. DISCUSIÓN.....	38
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	41
6.1. Conclusiones.....	41
6.2. Recomendaciones.....	41
REFERENCIAS.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cuenca del rio Guayllabamba	8
Figura 2. Cholán.....	13
Figura 3. Orden de los tratamientos en el bioensayo con semillas.	17
Figura 4. Orden de los tratamientos de los bioensayos con plántulas.	19

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Taxonomía del Cholán.	10
Tabla 2 Taxonomía del Aliso.	11
Tabla 3 Concentraciones del pesticida usado.	15
Tabla 4 Bioensayos con semillas.	17
Tabla 5 Bioensayos con plántulas.	19
Tabla 6 Rangos de toxicidad en semillas.	21
Tabla 7 Rangos de calidad en plántulas.	23
Tabla 8 Porcentajes de germinación y crecimiento radicular e índices de toxicidad.	24
Tabla 9 Porcentajes de germinación y crecimiento radicular.	25
Tabla 10 Análisis de varianza para la germinación.	26
Tabla 11 Análisis Tukey para la germinación.	26
Tabla 12 Análisis de varianza para el crecimiento radicular.	26
Tabla 13 Análisis Tukey para el crecimiento radicular.	27
Tabla 14 Análisis de varianza para germinación.	27
Tabla 15 Análisis Tukey para germinación.	27
Tabla 16 Análisis de varianza para crecimiento radicular.	28
Tabla 17 Análisis Tukey para crecimiento radicular.	28
Tabla 18 Coeficiente de Dickson.	29
Tabla 19 Coeficiente de Dickson.	30
Tabla 20 Análisis de varianza para tamaño.	30
Tabla 21 Análisis Tukey para tamaño.	30
Tabla 22 Análisis de varianza para el diámetro.	31
Tabla 23 Análisis Tukey para diámetro.	31
Tabla 24 Análisis de varianza para peso seco aéreo.	31
Tabla 25 Análisis Tukey para peso seco aéreo.	32
Tabla 26 Análisis de varianza para peso seco de raíz.	32
Tabla 27 Análisis Tukey para peso seco de raíz.	32
Tabla 28 Análisis de varianza para tamaño.	33
Tabla 29 Análisis Tukey para tamaño.	33

Tabla 30 Análisis de varianza para el diámetro.....	34
Tabla 31 Análisis Tukey para diámetro.	34
Tabla 32 Análisis de varianza para peso seco aéreo.	34
Tabla 33 Análisis Tukey para peso seco aéreo.....	35
Tabla 34 Análisis Tukey para peso seco aéreo.....	35
Tabla 35 Análisis Tukey para peso seco de raíz.	36
Tabla 36 Datos fisicoquímicos de los tratamientos.	36
Tabla 37 Correlación de Pearson.....	36
Tabla 38 Correlación de Pearson.....	37
Tabla 39 Correlación de Pearson.....	37
Tabla 40 Correlación de Pearson.....	38

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El ser humano, desde sus tiempos primitivos ha desarrollado mecanismo que abastezcan la alta demanda que existe en cuanto a las necesidades básicas (Molina, 2016), es el caso de la alimentación, necesidad de primer nivel, que, con el aumento significativo de la población mundial, el sector agrícola ha tenido que mudarse de sus actividades artesanales a actividades industriales, donde se usan un sin número de elementos ajenos a la naturaleza (Zárate, 2015).

Debido a la gran demanda de alimentos, una de las problemáticas generadas por la industrialización del sector agrícola fue el aumento de áreas de siembra, donde se usan químicos fertilizantes para acelerar los procesos de producción y pesticidas para reducir las pérdidas de cultivos que por acción de la naturaleza se pueden dar (Jusidman, 2014).

El Ecuador no está ajeno a esta problemática, a pesar de ser un país en vías de desarrollo, la práctica agrícola se extiende a nivel país como consumidor y también como exportador de productos, lo que aumenta aún más la producción agrícola (Monteros, 2016), cerca del 50% de las tierras de uso agrícola son tratadas con plaguicidas importados, tales sustancias son catalogadas como tóxicas causando daños incluso al ser humano (INIAP, 2011).

El área de influencia del sector agrícola por excelencia ha sido la zona rural, gracias a la alta demanda de productos el área efectiva de siembra y producción ha llegado incluso a zonas urbanas o aledañas a las grandes urbes, como es el caso de Quito, en la cuenca del río Guayllabamba (Rodríguez, 2016). Las actividades agrícolas urbanas han afectado también a los sistemas hídricos del Distrito Metropolitano de Quito, los fertilizantes y plaguicidas amenazan a la diversidad de especies vegetales, dejando vulnerables a los sistemas hídricos, y

reduciendo la población de la flora nativa forestal de las laderas del DMQ (FONAG, 2009).

Este es el caso de las especies nativas de la sierra Ecuatoriana, que son vulnerables debido al aumento de la frontera agrícola y cambio de uso de suelo, a lo que se suma el uso de pesticidas, razones que actualmente amenazan el hábitat de especies nativas, adicional, se caracterizan por tener dificultados a nivel de regeneración natural (Jadán, 2019).

La germinación de ambas especies de estudio aproximadamente tarda entre los 10 y 20 días después del momento de diseminación, el porcentaje de semillas que germinan oscila entre el 50 y 90%, los usos que se le dan a estas especies son varios como la leña en calidad de combustible, también se destaca el uso medicinal que se le da a las hojas en calidad de ungüentos (Palacios, 2016), una de las características más importantes de *Alnus acuminata* y *Tecoma stans* es la capacidad de protección sobre cuencas hidrográficas, esto gracias a su adaptabilidad a topografías difíciles como laderas de ríos con altitudes de hasta los 2300 m.s.n.m. (Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2010).

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar los efectos fitotóxicos de Quizalofop sobre la germinación y desarrollo de plántulas de especies nativas de Quito.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar la respuesta germinativa de *Alnus acuminata* y *Tecoma stans* a diferentes concentraciones de Quizalofop.
- Valorar la supervivencia y efectos en el desarrollo morfológico en plántulas

de *Alnus acuminata* y *Tecoma stans* a diferentes concentraciones de Quizalofop.

- Correlacionar las respuestas biológicas de semillas y plántulas con los parámetros químicos de las soluciones de Quizalofop.

1.3. Hipótesis

H11. La respuesta germinativa y de crecimiento radicular de *Tecoma stans* y *Alnus acuminata* varía en relación a las concentraciones de Quizalofop utilizado en el riego.

H01. La respuesta germinativa y de crecimiento radicular de *Tecoma stans* y *Alnus acuminata* no varía en relación a las concentraciones de Quizalofop utilizado en el riego.

H12. La supervivencia y el desarrollo de plántulas de *Tecoma stans* y *Alnus acuminata* varía en relación a las concentraciones de Quizalofop utilizado en el riego.

H02. La supervivencia y el desarrollo de plántulas de *Tecoma stans* y *Alnus acuminata* no varía en relación a las concentraciones de Quizalofop utilizado en el riego.

1.4. Alcance

Este estudio se limitó a ambientes controlados de laboratorio para semillas de *Alnus acuminata* y *Tecoma stans*, donde se sembraron semillas de ambas especies y se regaron durante 15 días en el caso de la especie *Tecoma stans* y 30 días para *Alnus acuminata*, al finalizar este tiempo se tomaron los datos de germinación, para el crecimiento radicular se esperó 7 días más en ambas especies.

Las plántulas de ambas especies estuvieron bajo ambiente controlado de invernadero y riego cada 48 horas durante 60 días, pasado este tiempo se tomaron datos de altura y diámetro y en laboratorio datos de peso seco de la parte aérea y raíz de cada plántula para ambas especies.

El objetivo de este estudio fue analizar el efecto fitotóxico que tuvo un pesticida organofosforado sobre la germinación y desarrollo de las plántulas de *Tecoma stans* y *Alnus acuminata*, especies nativas de Quito.

1.5. Justificación

Los pesticidas usados en la producción agrícola poseen características considerables que, por su desempeño y rol en los sistemas agro-ecológicos, es posible considerarlos como agentes dañinos que mientras apoyan el proceso de producción también afectan al ecosistema circundante, llegando a causar efectos adversos que podrían desencadenar problemáticas desde la reducción de la población de especies nativas hasta cambios en las estructuras de las mismas (Badii, 2008).

Entre las características más importantes de los pesticidas organofosforados, destaca una en particular, su vida media, en promedio tales sustancias químicas tardan 60 días en degradarse, no obstante el residual que queda de pesticida podría seguir causando daños al ecosistema (Yucra, 2008). De esta manera, es comparable el tiempo promedio que poseen las especies en estudio para llevar a cabo el proceso de germinación (30 a 90 días), con el tiempo de máxima acción que tienen los pesticidas organofosforados, pudiendo afectar la regeneración natural en las primeras etapas de desarrollo de las plántulas y germinación afectando después, a la calidad de los ecosistemas nativos (Norden, 2014).

Las normativas que se manejan a nivel mundial y a las que se someten los distintos pesticidas y sus ficha técnicas de manejo, han sido elaboradas en

función de pruebas de laboratorio en especies animales como es usual (Jar, 2014). Adicionalmente también se han realizado pruebas a niveles de plantas primarias o de comercialización, mas no en especies forestales nativas, lo que brinda un valor agregado al estudio de los efectos fitotóxicos que pueden causar estos pesticidas sobre tales especies forestales y sus procesos biológicos naturales (Repetto, 2014).

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Pesticidas y sus efectos

El hombre, en su afán de suplir sus necesidades alimenticias ha combatido con problemáticas como las enfermedades en los cultivos que afectan la producción, con elementos que sean capaces de eliminar o controlar los organismos no deseados que estén causando problemas, algunos productos como el azufre y los arsenitos fueron los primeros en ser usados en calidad de pesticidas, poniendo en evidencia la dificultad que significa combatir plagas que es necesario usar elementos bastante fuertes (Del Puerto, 2014).

Desde aquellos tiempos y hasta la actualidad, la industria ha generado más y más tipos de pesticidas que vienen desde los orgánicos e inorgánicos hasta los naturales, biológicos y sintéticos (Bedmar, 2011). Es el caso de los herbicidas organofosforados, que toman lugar desde la segunda guerra mundial con los gases usados en combate como arma de defensa y que provocaba problemas respiratorios a los combatientes, de ahí su alta toxicidad que desde mediados del siglo pasado se convierte en una herramienta contra las plagas de insectos (Obiolis, 1999).

Si bien es cierto, existe gran complejidad al momento de analizar los efectos negativos que causan estos pesticidas individualmente sobre el medio ambiente ya que los causantes de los impactos trabajan en conjunto como el cambio de uso de suelo y la ampliación de la frontera agrícola (Del Puerto, 2014). La ciencia

ha avanzado en tal ámbito, donde muchos investigadores concluyen que los impactos que se provocan por el uso de estos elementos tóxicos puede causar alteraciones incluso a nivel estructural de los ecosistemas, mientras que los niveles de afectación se encuentran asociados con las propiedades de los pesticidas y su grado de toxicidad y vida media (Martinez, 2006).

Realizando un contraste entre el área idónea para ejercer actividades agrícolas y el área real usada para este fin, se tiene un desbalance ya que gracias al aumento poblacional que desde los años 60 se ha multiplicado por dos (Devine, 2008). suplir las necesidades se ha convertido en un reto lo que ha llevado al mundo a ampliar las fronteras agrícolas a zonas no idóneas mediante el uso indiscriminado de elementos como los pesticidas, lo que supone una problemática a considerar para el humano en la búsqueda de alimentos de calidad y sanidad (Cano, 2014).

El manejo de estos pesticidas a nivel regional, exactamente en América Latina ha llevado consigo problemáticas de interés social, afectando incluso a las comunidades nativas y su cultura ancestral, dejando como afectado principal la identidad y soberanía nacional de la región (Cavanaugh, 2017), es el caso de Ecuador, que cuenta con comunidades autóctonas incluso no contactadas que han llevado una lucha contra la problemática que contempla el uso de pesticidas en sus tierras y en tierras donde se practica la agricultura tecnificada (Naranjo, 2017).

El Ecuador cuenta con un área superficial de 283560 Km², la cual es repartida por diferentes tipos de uso de suelo donde se destacan las zonas urbanas y las zonas efectivas de uso agrícola y productivo, que se traducen en aproximadamente 28000 Km² que significaría casi el 10% del territorio nacional (INEC, 2013), en las extensiones de territorio agrícolamente activo son usados los pesticidas para optimizar la producción y mejorar el rendimiento de las plantaciones, en casi la mitad de tal territorio se ocupan dichos pesticidas (Adolfo, 2017), lo que quiere decir que el Ecuador tiene como área expuesta a

pesticidas un 5% del total de tierras que incluyen sierra, costa y amazonia. Cabe resaltar que este porcentaje viene en aumento.

2.2. Los pesticidas

Los pesticidas son, según la FAO (Organización de Las Naciones Unidas Para la Alimentación) por sus siglas en inglés, sustancias que tienen como objetivo principal el controlar o incluso eliminar todo aquello que sea considerado un problema para la producción agrícola, animal o incluso para el humano, y que actúa de forma directa sobre los organismos que estén causando alteraciones en cualquier fase de la línea de producción de tales productos (OMS, 2017).

Es importante saber diferenciar que existen productos pesticidas que van desde la sanidad del hogar, hasta incluso productos que actúan sobre organismos vivos como animales sin llegar a ser catalogados como medicamentos, como es sabido el ámbito más común donde se usan estos pesticidas es el área de la agricultura, donde se tienen diferentes tipos de pesticidas que pueden actuar directa o indirectamente sobre las plantaciones (Pórfido, 2014), actuando sobre organismos que vienen del exterior atacando la producción o incluso pueden actuar sobre el desarrollo normal de la planta, un ejemplo de lo dicho puede ser atribuido a las sustancias que son capaces de agilizar un proceso de crecimiento a distintos niveles (Bórtoli, 2012).

En el mercado existen varios tipos de pesticidas con distintos tipos de clasificación, en este caso se trataran los pesticidas del grupo organofosforados, que son sustancias que como su nombre lo indica provienen del fosforo y su estructura química y que son netamente orgánicos, se conocen por su alta toxicidad y sus múltiples usos no solo en la industria agrícola (Badii, 2008), es sabido que son de utilidad para industrias como la del plástico, el cuero en estado artificial, los aditivos y disolventes y hasta llegar a ser parte de la industria del petróleo. Lo que le da a este grupo de pesticidas un valor agregado en el comercio, un manejo inadecuado podría desencadenar en intoxicaciones por

parte del personal que lo esté manejando (Fernández, 2010).

Dentro de los pesticidas organofosforados encontramos el Quizalofop, siendo este un éster del ácido fosfórico unido a un alcohol que, por lo general, afecta el desarrollo enzimático de las plantas que es esencial en la generación de ácidos grasos en la membrana plasmática, lo que impide la generación de tejidos y el crecimiento de la planta como tal, es decir que la aplicación de este tipo de pesticidas puede atacar desde la germinación hasta el desarrollo de las plántulas (Jaramillo, 2016).

2.3. Cuenca del río Guayllabamba

El río Esmeraldas comprende en su superficie a la cuenca del río Guayllabamba que tiene como área un total de 4710 Km², en su extensión comprende poblaciones que van desde la ciudad de Quito con más de 2 millones de habitantes hasta cantones que no superan los 90000 habitantes, lo que supone una alta demanda de recursos que la cuenca puede ofrecer como hídricos y agropecuarios generando impactos en función del uso de suelo (FONAG, 2009).



Figura 1. Cuenca del río Guayllabamba

Tomada de (FONAG, 2009).

La cuenca del río Guayllabamba tiene en su área superficial cultivos de gramíneas y leguminosas en extensiones considerables, estos tipos de cultivo usan en su producción, pesticidas como mecanismo de defensa para atacar diferentes plagas entre otras las plantas patógenas capaces de atacar la producción de los sembríos, es por esta razón que los pesticidas organofosforados son usados para el tratamiento de tales problemáticas (Peñaherrera, 2013). Además de ser una zona productiva es también el hábitat de especies forestales nativas donde puede encontrar especies endémicas que son de gran importancia para la biodiversidad del país, el rol que cumplen estas especies nativas como la conservación de áreas verdes, sistemas hídricos superficiales e hidrológicos, son imprescindibles apoyando los procesos de autodepuración de los ecosistemas, es el caso del Cholán y el Aliso, especies nativas protagonistas de la cuenca del río Guayllabamba (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2012).

2.4. Descripción de las especies estudiadas

2.4.1. *Tecoma stans* (Cholán)

El Cholán es originario de bosques tropicales y subtropicales de América, especie que se ha desarrollado a lo largo de América llegando al norte del continente en países como México, también datan ejemplares en regiones del sur de África y Hawái, en Suramérica encontramos esta especie en la región norte y centro, resaltándose en países como Colombia y Ecuador en las regiones andinas y alto andinas que ofrece la cordillera de los Andes como lo resalta la Universidad Politécnica Salesiana (2011).

Es un árbol pequeño catalogado también como arbusto grande, puede alcanzar hasta los 8 metros de altura y un diámetro a la altura del pecho de 25 cm, sus ramificaciones son alternas y posee una copa heterogénea, las características de las hojas de esta especie es que son opuesta imparipinnadas de hasta 9 folios

elíptico-ovalados y no menos de 3, en raras ocasiones se han identificado hojas de hasta 10 folios llegan a medir desde 3 a 14cm de largo y de 1 a 6 cm de ancho, poseen un borde aserrado y el ápice agudo, la textura es membranacea (Khatak, 2019). Las inflorescencias son tubulares acampanadas de color amarillo que puede tornarse rojizo y se encuentran en el racimo terminal con alrededor de 20 flores, el cáliz es corto-copular que va desde los 4 a los 7 mm de largo. Los frutos son encapsulados de forma cilíndrica y alargada de color café. Las semillas son aladas bastante pequeñas que van desde los 7 a los 9 mm de largo, hialino-membranáceas (Bredow, 2009).

- **Taxonomía**

Tabla 1.

Taxonomía del Cholán.

Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magniolopsida
Orden	Lamiales
Familia	Bignoniaceae
Género	<i>Tecoma</i>
Especie	<i>Tecoma stans</i>
Nombre Vulgar	Cholan

Adaptada de (Khatak, 2019).

2.4.2. *Alnus acuminata* (Aliso)

El Aliso es una especie originaria del noreste de México, se extiende por Centroamérica llegando a Suramérica hasta el norte de Argentina, en la región de la cordillera de los Andes, es una especie que se adapta satisfactoriamente a condiciones de ladera en suelos medianamente húmedos, también ha sido una especie que se ha introducido en diversos lugares fuera de su hábitat propio

como lo son el sur de Chile e incluso Nueva Zelanda (Sánchez, 2009).

Catalogado como árbol que puede ser perenne o caducifolio dependiendo de la humedad del suelo en que se encuentre, es una especie que va desde los 10 hasta los 30 metros de altura, su tronco es cilíndrico que en ocasiones puede tener varias ramificaciones, la corteza es irregular en un ambiente natural, las hojas son simples y ovadas organizadas de manera alterna y acuminadas, van desde los 5 hasta los 15 cm de largo y de 3 a 8 cm de ancho, el borde es aserrado y el haz tiene un color verde oscuro mientras que el envés es de color verde claro (Penagos, 2005), posee inflorescencias masculinas y femeninas, las masculinas se encuentran en amentos en forma de espigas que alcanzan los 12 cm de largo, las femeninas, por el contrario, están dispuestas en amentos que tienen una forma apiñada, de hasta 2 cm de largo, en una misma rama se puede tener amentos de ambos sexos, los frutos son formaciones elípticas y ovadas que tienen como característica el ser papiráceos con alas pequeñas que van desde los 2 hasta los 3 mm por 1 de ancho y son llamados estróbilos, en forma apiñada, cada una puede contener hasta 100 semillas (Oliva, 2018).

- **Taxonomía**

Tabla 2.

Taxonomía del Aliso.

Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magniolopsida
Orden	Fagales
Familia	Betulaceae
Género	<i>Alnus</i>
Especie	<i>Alnus acuminata</i>
Nombre Vulgar	Aliso

Adaptada de (Penagos, 2005).

2.5. Análisis de varianza ANOVA

Metodología que usa la estadística para confirmar o desmentir las diferencias o similitudes que se pueden encontrar entre dos o más conjuntos de datos de la índole estudiada, mediante la comparación de las medias que arrojan los resultados de las variables (Fachelli, 2015).

En el presente estudio, el análisis de varianza ANOVA se usó para encontrar diferencias significativas entre las medias de los tratamientos T0 a T4.

2.6. Comparaciones múltiples TUKEY

Metodología usada en la estadística para generar grupos que acaparen aquellas medias de resultados de variables que tengan similitud según el intervalo de confianza que se haya predispuesto para el estudio, y de esta manera poder diferenciar gráficamente los resultados del análisis de varianza (Williams, 2010).

2.7. Correlación de Pearson

Las correlaciones lineales se usan para poder analizar el grado de influencia que puede llegar a tener una variable sobre otra siempre y cuando estén ambas expresadas en números y sean continuas. El coeficiente de Pearson se expresa de forma numérica y puede ser negativo o positivo (Díaz, 2002).

2.8. Índice de calidad de Dickson

El índice de calidad de Dickson reúne parámetros importantes sobre las plantas como lo son la altura y el diámetro que se relacionan posteriormente con la masa seca del sistema radicular y la parte aérea, con el fin de diagnosticar la calidad que una planta tiene y que puede ser media, alta o baja (Rueda, 2018).

3. METODOLOGÍA

La investigación que se desarrolló en este documento tuvo como objetivo, analizar los efectos fitotóxicos de un contaminante organofosforado sobre la germinación y el desarrollo de las plántulas en dos especies nativas de la ciudad de Quito, mediante experimentación en ambientes controlados en las instalaciones del laboratorio LQ11 en la sede Queri de la Universidad de Las Américas y bajo invernadero.

3.1. Especies en estudio

- ***Tecoma stans* (Cholán)**

Es una especie catalogada como árbol pequeño que puede llegar hasta los 8 metros de altura, pertenece a la familia Bignoniaceae, posee inflorescencias en forma de campana de color amarillo y frutos son cilíndricos con semillas aladas de pequeño tamaño.



Figura 2. Cholán.

- ***Alnus acuminata* (Aliso)**

Es una especie arbórea que puede alcanzar los 30 metros de altura, considerada perenne, pero en condiciones extremas puede ser caducifolia, tiene

inflorescencias masculinas y femeninas, las semillas son de tamaño muy pequeño de color café y se encuentran alojadas en las inflorescencias femeninas que tienen forma apiñada.



Figura 3. Aliso.

3.2. Adquisición de semillas y plántulas

Las semillas de ambas especies fueron adquiridas en el vivero Pillajo de la parroquia de Nayón del DMQ, en octubre de 2018. El propietario asegura que la recolección se dio a partir de un semillero de árboles al respaldo del vivero que contaba con las especies en estudio, las semillas estaban frescas de no más de 10 días de recolectadas.

Las plántulas fueron compradas en el vivero Lourdes ubicado en la parroquia de Nayón, por el lado de la especie *Alnus acuminata* se recolectaron 85 plántulas de aproximadamente 10 cm de altura con dos meses de edad en noviembre de 2018, en cuanto a la especie *Tecoma stans* fueron adquiridas 85 plántulas de aproximadamente 15 cm de altura con dos meses de edad en enero de 2019. Cada plántula se recibió por parte del vivero en fundas plásticas individuales en un sustrato de tierra negra.

3.3. Preparación de soluciones del Quizalofop

El pesticida de carácter organofosforado fue específicamente el Quizalofop

(marca original) y fue adquirido en las instalaciones de Ecuaquimica ubicado al norte de la ciudad de Quito en el mes de octubre de 2018.

Las concentraciones que fueron escogidas para este proyecto se basaron en un estudio bibliográfico en donde se definieron cuatro concentraciones, que partieron de la concentración recomendada (comercial) brindada en el empaque del producto y la EC 50 en maíz (concentración efectiva media máxima) tomada del PPDB (*Pesticide Properties DataBase*) por sus siglas en ingles de la Universidad de Hertfordshire de Inglaterra.

En este orden se tomaron dos concentraciones una media entre la concentración recomendada y el EC50 en *Zea mays* más una concentración que tuvo un 15% adicional al EC50. Las concentraciones son descritas a continuación:

Tabla 3.
Concentraciones del pesticida usado.

Concentración	Tipo de concentración	Concentración en g/ha
1	Más 15% del EC50	60
2	EC50 en maíz	52,31
3	Media	44
4	Comercial	36

3.4. Parámetros químicos de las soluciones

3.4.1. pH y conductividad

Para medir estos parámetros se usó el equipo multiparametrico Bueco Germany BT-675 que trabaja mediante electrodos es capaz de medir las concentraciones de iones y la conductividad en soluciones.

Para realizar esto se prepararon 50 ml de cada tratamiento (T0 a T4), se introdujo el electrodo a cada solución dejando cinco minutos para lograr estabilidad en el

dato, posterior a esto los datos fueron levantados para cada tratamiento.

3.5. Diseño experimental

3.5.1. Diseño con semillas

- ***Tecoma stans* (Cholán)**

Las semillas de *Tecoma stans* fueron llevadas al laboratorio donde, en primer lugar, se lavaron con agua destilada para retirar residuos de la recolección, posteriormente se dispusieron cajas Petri de plástico con 4 capas de papel absorbente de 4mm en cada caja; se depositaron 10 semillas en cada unidad experimental siendo escogidas por mejor apariencia, al finalizar este proceso cada caja Petri fue etiquetada.

El riego se realizó con la ayuda de pipetas de 1 ml, donde a cada unidad experimental se aplicaron 2 ml de solución según correspondía el tratamiento, este proceso se realizaba cada 3 días con el fin de mantener la humedad. A partir de la siembra la totalidad de las cajas Petri se dejaron en absoluta obscuridad.

- ***Alnus acuminata* (Aliso)**

Las semillas de *Alnus acuminata* fueron exhaustivamente escogidas con la ayuda de un estereoscopio, se eligieron aquellas más sanas y robustas, posterior a esto se dejaron 24 horas en una solución de 400 mg/L de una fitohormona (Giberlina) con el fin de optimizar el proceso de germinación.

Cada caja Petri fue sembrada con 10 semillas y regadas con 3 ml de cada solución a partir de la siembra en un intervalo de 3 días y en total obscuridad. Se tuvieron 5 tratamientos donde se incluyó un testigo (T0) y 4 concentraciones diferentes del pesticida organofosforado, cada tratamiento tuvo 5 repeticiones cada uno con 10 semillas.

La germinación fue registrada en forma de porcentaje y el crecimiento radicular en centímetros, tomándose en cuenta únicamente las radículas mayores a 0,1 cm, con la ayuda de un calibrador y una pinza.

Tabla 4.
Bioensayos con semillas.

	Variables Dependientes	Variables Independientes	Repeticiones	Replicas
Semillas	a. Germinación (%) b. Tamaño radicular (cm)	T0: Testigo solo con agua reposada	5 por tratamiento (caja Petri)	10 semillas en cada unidad experimental.
		T1: Concentración 15% más alta (60 g/ha)		
		T2: EC50 en maíz (52.31 g/ha)		
		T3: Dosis media (44 g/ha)		
		T4: Dosis comercial (36 g/ha)		

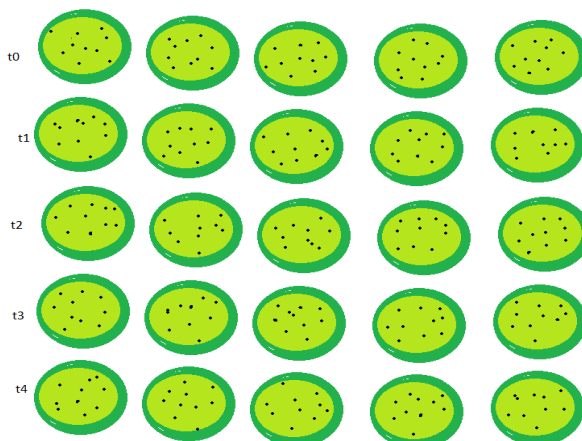


Figura 4. Orden de los tratamientos en el bioensayo con semillas.

3.5.2. Diseño con plántulas

Las plántulas de ambas especies fueron predispuestas en 5 unidades, cada unidad correspondió a un tratamiento que constaba de 16 plantas; previamente las plántulas se sometieron a un tiempo de adaptación al nuevo medio (invernadero), proceso que tardó un mes y en el que se usó agua de llave reposada para el riego.

Con las plántulas de ambas especies totalmente adaptadas al medio, se comenzó con el riego de las soluciones con pesticida y agua reposada en el caso del tratamiento testigo; a cada plántula (unidad experimental) se le aplicó 50 ml de solución cada 48 horas por un periodo de 60 días.

Una vez el bioensayo finalizó, se tomaron los datos de altura y diámetro cada una de las plántulas de ambas especies, la altura fue registrada desde el ras del suelo hasta la base de la yema de la ramificación más alta, por otro lado, el diámetro fue tomado al ras del suelo con ayuda de una cinta diamétrica; en el siguiente paso cada plántula fue retirada de su funda plástica quitando el exceso de tierra en el sistema radicular y dispuesta en papel aluminio.

Posteriormente, las plántulas ya confinadas en papel aluminio individualmente fueron llevadas al laboratorio LQ5 de la sede Queri de la Universidad de Las Américas, donde se dejaron en canastas de aluminio separadas por tratamientos en un horno de laboratorio a 70° centígrados durante 72 horas como lo dispone (Rueda, 2018), pasado este tiempo todas las muestras fueron retiradas, con la ayuda de una balanza analítica todas y fueron pesadas separando el sistema radicular de la parte aérea, los datos obtenidos fueron registrados para su posterior análisis.

Se tuvieron 5 tratamientos donde se incluyó un testigo (T0) y 4 concentraciones diferentes del pesticida organofosforado, cada tratamiento tuvo 16 repeticiones en calidad de plántulas de la siguiente manera:

Tabla 5.
Bioensayos con plántulas.

	Variables Dependientes	Variables Independientes	Repeticiones
Plántulas	a. Altura (cm) b. Diámetro (cm) c. Peso seco aéreo (g) d. Peso seco raíz (g)	T0: Testigo solo con agua reposada	16 por tratamiento (plántulas)
		T1: Concentración 15% más alta (60 g/ha)	
		T2: EC50 en maíz (52.31 g/ha)	
		T3: Dosis media (44 g/ha)	
		T4: Dosis comercial (36 g/ha)	

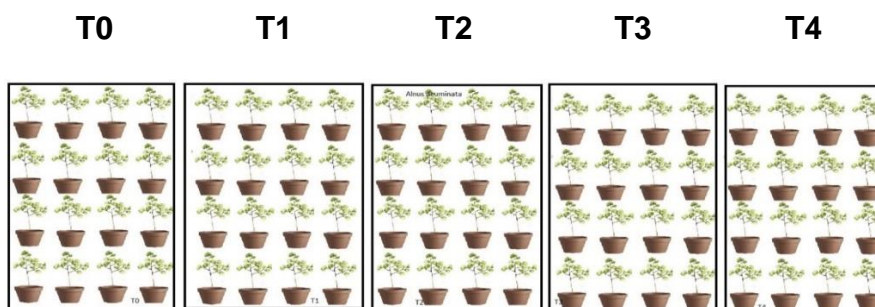


Figura 5. Orden de los tratamientos de los bioensayos con plántulas.

3.6. Procesamiento y análisis de datos

3.6.1. Semillas

Los efectos que causaron los tratamientos problema sobre los procesos de germinación y crecimiento radicular de *Tecoma stans* y *Alnus acuminata* fueron analizados por la metodología propuesta por (Rodríguez, 2014).

a. Germinación relativa (GRS)

La ecuación GRS permite establecer una relación porcentual entre la cantidad de semillas que si germinaron en los tratamientos problema contra el tratamiento

testigo.

$$GRS (\%) = \frac{\# \text{ semillas germinadas en tratamiento problema}}{\# \text{ semillas germinadas en testigo (T0)}} * 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

b. Crecimiento relativo radicular (CRR)

La ecuación GRS permite establecer una relación porcentual entre el promedio de longitud radicular de los tratamientos problema contra el tratamiento testigo.

$$CRR (\%) = \frac{\text{Longitud promedio radicular en tratamiento problema}}{\text{Longitud promedio radicular en testigo (T0)}} * 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

c. Índice de germinación (IG)

Finalmente, la relación de ambas ecuaciones de semillas germinadas y longitud radicular culmina en el índice de germinación que provee un dato redondo en relación al proceso germinativo y desarrollo de las semillas.

$$IG (\%) = \frac{GR * CCR}{100} \quad (\text{Ecuación 3})$$

d. Índice de toxicidad germinativo (IGN)

$$IGN = \frac{G_x - G_T}{G_T} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Dónde:

Gx: Porcentaje promedio de semillas que germinaron en las muestras problema.

Gt: Porcentaje promedio de germinación en el testigo.

e. Índice de toxicidad radicular (IER)

$$IER = \frac{R_X - R_T}{R_T} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Dónde:

Rx: Longitud promedio de radícula en las muestras problema.

Rt: Longitud promedio de radícula en el testigo.

La toxicidad de ambos índices estuvo definida por la siguiente tabla:

Tabla 6.

Rangos de toxicidad en semillas.

Toxicidad	Valores
Muy Alta	De -0,75 a -1
Alta	De -0,5 a -0,75
Media	De -0,25 a -0,5
Baja	De 0 a -0,25
Hormesis	>0

Nota: Valores rango para determinar el nivel de toxicidad.

Adaptado de (Rodríguez, 2014).

f. Análisis de varianza

Mediante el uso del programa estadístico INFOSTAT, se desarrollaron los análisis de varianza ANOVA para los resultados de las variables dependientes (germinación y crecimiento radicular) de ambas especies, con un $p > 0,05$, previamente la totalidad de los datos de ambas variables fueron sometidos a la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, el conjunto de datos que no resultó ser normal fue transformado a logaritmo natural. También se generaron las comparaciones múltiples mediante la metodología de Tukey para complementar el análisis de varianza que permitió agrupar o separar los tratamientos que hayan tenido similitudes o diferencias respectivamente.

g. Correlación de Pearson

El índice de Pearson se obtuvo con la ayuda de InfoStat, donde se subieron los datos de las variables que arrojaron los bioensayos con semillas (germinación y crecimiento radicular) de ambas especies, al igual que los resultados de la aplicación de las ecuaciones (GRS, CRR, IG, IGN e IER), además de los parámetros fisicoquímicos (pH y conductividad) de los cinco tratamientos (T0 a T4), se corrió el programa con la metodología y se obtuvieron los resultados en decimales que fueron analizados porcentualmente.

De esta manera se analizó la influencia que tuvieron los parámetros fisicoquímicos sobre los resultados de los bioensayos con semillas de ambas especies, teniendo en cuenta únicamente los coeficientes que superaron el 60% de influencia.

3.6.2. Plántulas

Los efectos que causaron los tratamientos problema sobre el desarrollo de las plántulas de *Tecoma stans* y *Alnus acuminata* y su calidad, fueron analizados mediante la metodología propuesta por (Rueda, 2018).

a. Índice de calidad de Dickson (IC)

El índice de calidad de Dickson permitió determinar cuantitativa y cualitativamente el efecto que tuvo cada tratamiento sobre el desarrollo de la plántula en función de su calidad, donde los pesos en seco del sistema radicular y aéreo de cada plántula se relacionaron con su robustez, es decir la relación entre el tamaño y el diámetro.

$$IC = \frac{\text{Peso seco total (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (cm)}} + \frac{\text{Peso seco aéreo (g)}}{\text{Peso seco raíz (g)}}} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Los resultados se dieron en decimales y fueron analizados mediante la siguiente tabla:

Tabla 7.
Rangos de calidad en plántulas.

Calidad	Valores
Alta	$\geq 0,5$
Media	0,2 - 0,4
Baja	$< 0,2$

Nota: Valores rango para determinar el coeficiente de Dickson y la calidad de la plántula.
Adaptado de (Rueda, 2018).

b. Análisis de varianza

Con la ayuda del software INFOSTAT, se desarrollaron los análisis de varianza para los datos que arrojaron las variables dependientes (altura, diámetro y peso radicular y aéreo) de ambas especies, con el valor de $p > 0,05$, previamente la totalidad de los datos de las cuatro variables fueron sometidos a la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, el conjunto de datos que no resultó ser normal fue transformado a logaritmo natural. También se generaron las comparaciones múltiples mediante la metodología de Tukey para complementar el análisis de varianza que permitió agrupar o separar los tratamientos que hayan tenido similitudes o diferencias respectivamente.

c. Correlación de Pearson

La correlación lineal de Pearson se aplicó mediante InfoStat, donde se adjuntaron los datos de las variables que arrojaron los bioensayos con plántulas (altura, diámetro y peso radicular y aéreo) de ambas especies, al igual que los datos de calidad que se obtuvieron de la aplicación de la ecuación del coeficiente

de Dickson, además de los parámetros fisicoquímicos (pH y conductividad) de los cinco tratamientos (T0 a T4), se corrió el programa y se obtuvieron los resultados en decimales que fueron analizados porcentualmente.

De esta manera se analizó la influencia que tuvieron los parámetros fisicoquímicos sobre los resultados de los bioensayos con plántulas de ambas especies, teniendo en cuenta únicamente los coeficientes que superaron el 60% de influencia.

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1. Respuestas biológicas en semillas de *Tecoma stans* y *Alnus acuminata*

4.1.1. Respuestas germinativas e índices de toxicidad

- ***Tecoma stans* (Cholán)**

Tabla 8.

Porcentajes de germinación y crecimiento radicular e índices de toxicidad.

<u>TRATAMIENTO</u>	<u>GRS%</u>	<u>CRR%</u>	<u>IG%</u>	<u>IER</u>	<u>IGN</u>
1	92,3	76,9	71,0	-0,08	-0,23
2	92,3	80,8	74,6	-0,08	-0,19
3	96,2	84,6	81,4	-0,04	-0,15
4	107,7	88,5	95,3	0,1	-0,12

Nota: Porcentaje de germinación relativa (GRS%), crecimiento relativo radicular (CRR%) e índice de germinación (IG%), Índice toxicológico radicular (IER), índice toxicológico germinativo (IGN).

La germinación y el crecimiento radicular de la especie *Tecoma stans* tuvo resultados que van acorde a lo esperado en el estudio, lo que se puede evidenciar en la tabla 7, cuando los tratamientos 1 y 2, que su característica principal es la de ser los tratamientos con mayor concentración del pesticida organofosforado, estos presentaron los valores más bajos de germinación y crecimiento radicular, por el contrario, los tratamientos 3 y 4 que son los de concentraciones más bajas de pesticida organofosforado, mostraron los datos

más altos en germinación y crecimiento radicular, incluso se puede ver que en el tratamiento 4 la germinación relativa (GRS%) sobrepasa el 100% en contraste con el tratamiento testigo, que puede derivar en un apoyo al proceso germinativo por parte de tal concentración de pesticida organofosforado.

En la especie *Tecoma stans* los resultados de toxicidad evidencian una toxicidad baja, incluso llegando a favorecer el crecimiento radicular en el tratamiento 4 que es el de menor concentración de pesticida.

- ***Alnus acuminata* (Aliso)**

Tabla 9.
Porcentajes de germinación y crecimiento radicular.

TRATAMIENTO	GRS%	CRR%	IG%	IER	IGN
1	71,4	67,9	48,5	-0,29	-0,32
2	75,0	79,9	59,9	-0,25	-0,20
3	92,9	85,0	79,0	-0,07	-0,15
4	85,7	83,8	71,8	-0,1	-0,16

Nota: Porcentaje de germinación relativa (GRS%), crecimiento relativo radicular (CRR%) e índice de germinación (IG%), Índice toxicológico radicular (IER), índice toxicológico germinativo (IGN).

Los resultados de la especie *Alnus acuminata* corrieron de una manera medianamente esperada ya que en los tratamientos 1 y 2 fueron, como se había previsto, los que más influyeron negativamente en el crecimiento radicular como en la germinación de las semillas, no obstante, en los tratamientos 3 y 4 se tuvo un resultado diferente ya que en el tratamiento 3 que tiene una mayor concentración que el 4, este tuvo resultados un poco más positivos, lo que se podría esperar ya que ambas concentraciones son bajas y su acción sobre la especie puede ser insignificante.

La especie *Alnus acuminata* se ha visto toxicológicamente más afectada en comparación con el bioensayo con *Tecoma stans*, es el caso del tratamiento 1 que data como toxicidad media de la misma forma en el tratamiento 2 con respecto al crecimiento radicular, lo que indico una influencia directa sobre el

desarrollo de la especie una vez haya germinado.

4.1.2. Análisis de varianza

- *Tecoma stans* (Cholán)

Tabla 10.
Análisis de varianza para la germinación.

Variable	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	f	p-valor
Modelo	0,18	4	0,05	0,24	0,9145
Tratamiento	0,18	4	0,05	0,24	0,9145
Error	3,84	20	0,19		
Total	4,02	24			

Tabla 11.
Análisis Tukey para la germinación.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1	3,74	5	0,2	A
2	3,81	5	0,2	A
3	3,82	5	0,2	A
0	3,94	5	0,2	A
4	3,96	5	0,2	A

En el estudio no se encontraron diferencias significativas en cuanto a la germinación de semillas de la especie *Tecoma stans* con un p-valor de 0,9, siendo confirmado mediante el análisis Tukey que muestra un serial de únicamente un solo grupo denominado A.

Tabla 12.
Análisis de varianza para el crecimiento radicular.

Variable	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	f	p-valor
Modelo	0,27	4	0,07	0,51	0,7281
Tratamiento	0,27	4	0,07	0,51	0,7281
Error	2,6	20	0,1		
Total	2,9	24			

Tabla 13.
Análisis Tukey para el crecimiento radicular.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1	-1,0	5,0	0,2	A
2	-0,9	5,0	0,2	A
3	-0,9	5,0	0,2	A
4	-0,84	5	0,16	A
0	-0,7	5,0	0,2	A

El análisis del crecimiento radicular, como en el caso de la germinación no presento diferencias significativas, lo que significa que en la especie *Tecoma stans* en las primeras etapas de desarrollo no mostro alteraciones importantes frente a las concentraciones utilizadas.

- ***Alnus acuminata* (Aliso)**

Tabla 14.
Análisis de varianza para germinación.

Variable	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	f	p-valor
Modelo	0,46	4	0,12	2,06	0,1241
Tratamiento	0,46	4	0,12	2,06	0,1241
Error	1,12	20	0,06		
Total	1,58	24			

Tabla 15.
Análisis Tukey para germinación.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1	3,65	5	0,11	A
2	3,7	5	0,11	A
4	3,86	5	0,11	A
3	3,94	5	0,11	A
0	4,01	5	0,11	A

La germinación de semillas en la especie *Alnus acuminata* no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos lo que significa que en la etapa germinativa el contaminante no influye directamente sobre el proceso natural de tal especie.

Tabla 16.
Análisis de varianza para crecimiento radicular.

Variable	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	f	p-valor
Modelo	0,38	4,0	0,1	7,9	0,0005
Tratamiento	0,38	4,0	0,1	7,9	0,0005
Error	0,24	20,0	0,0		
Total	0,63	24			

Tabla 17.
Análisis Tukey para crecimiento radicular.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1	-1,15	5	0,05	A
2	-0,99	5	0,05	A B
4	-0,94	5	0,05	A B C
3	-0,93	5	0,05	B C
0	-0,76	5	0,05	C

En cuanto al crecimiento radicular, existieron diferencias significativas entre tratamientos con un p-valor de 0,0005 lo que significa que existieron diferencias significativas y que se vieron reflejadas en el análisis Tukey con la formación de tres grupos denominados A, B y C, donde el A y B agrupan a los 4 tratamientos problema y el C agrupó a dos de los tratamientos problema que fueron el 3 y 4 siendo los de menores concentraciones de pesticida y el tratamiento testigo (T0) donde se utilizó únicamente agua de llave reposada, el análisis por consiguiente fue que el contaminante fue capaz de influir en el desarrollo de la radícula de la especie *Alnus acuminata*.

4.2. Respuestas biológicas en plántulas de *Tecoma stans* y *Alnus acuminata*

4.2.1. Índice de Dickson

- *Tecoma stans* (Cholán)

Tabla 18.
Coeficiente de Dickson Cholán.

Tratamiento	Coeficiente de Dickson	Calidad
0	0,33	MEDIA
1	0,11	BAJA
2	0,15	BAJA
3	0,24	MEDIA
4	0,3	MEDIA

La calidad que mostró la especie *Tecoma stans* no fue alta en ningún tratamiento, incluso en el testigo, lo que permite inferir que los ambientes controlados pueden llegar afectar la calidad de las plántulas, en el tratamiento 1 y 2 que fueron los de concentraciones más altas de contaminante, se puede ver que tuvieron baja calidad, de esta manera se puede ver como las altas concentraciones de pesticida organofosforado afectaron la calidad de las plántulas de la especie *Tecoma stans*.

La tabla 18 permite determinar que los tratamientos 0, 3 y 4 tuvieron el mismo grado de afectación, pero con una perspectiva más profunda se puede analizar que el tratamiento 0 tuvo el índice de mayor valor 0,33 en comparación con los tratamientos 3 y 4 con índices de 0,24 y 0,3 respectivamente, concluyendo así, que las plántulas de mejor calidad se encontraban en el tratamiento testigo que se caracterizó por ser agua de llave reposada.

- *Alnus acuminata* (Aliso)

Tabla 19.
Coficiente de Dickson.

Tratamiento	Coficiente de Dickson	Calidad
0	0,4	MEDIA
1	0,14	BAJA
2	0,19	BAJA
3	0,28	MEDIA
4	0,29	MEDIA

En el caso de la especie *Alnus acuminata* los resultados fueron bastante similares a los de la especie *Tecoma stans* con la diferencia de que el tratamiento 0 tuvo una mejor calidad con un índice de 0,4. En general los demás resultados fueron bastante similares en ambas especies dando como calidades más bajas a los tratamientos 1 y 2, como fue esperado.

4.2.2. Análisis de varianza

- *Tecoma stans* (Cholán)

Tabla 20.
Análisis de varianza para tamaño.

Variable	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	f	p-valor
Modelo.	2230,88	4	557,72	54,27	<0,0001
Tratamiento	2230,88	4	557,72	54,27	<0,0001
Error	770,81	75	10,28		
Total	3001,69	79			

Tabla 21.
Análisis Tukey para tamaño.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1	19,81	16	0,8	A
2	22,25	16	0,8	A B
3	25,31	16	0,8	B
4	30,75	16	0,8	C
0	34,06	16	0,8	D

El tamaño de las plántulas fue uno de los parámetros que más se vio afectado en los bioensayos en la especie *Tecoma stans* con un p-valor menor a 0,0001, lo que muestra que hubo diferencias significativas entre los tratamientos, incluso formando 4 grupos en el análisis Tukey el cual dejó apartado el tratamiento 0 en el grupo D y agrupó los demás tratamientos en 3 grupos (A, B y C) donde el A reúne los tratamientos 1 y 2 que son los de mayor concentración de pesticida.

Tabla 22.
Análisis de varianza para el diámetro.

Variable	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	f	p-valor
Modelo	4,46	4	1,12	34,05	<0,0001
Tratamiento	4,46	4	1,12	34,05	<0,0001
Error	2,46	75	0,03		
Total	6,92	79			

Tabla 23.
Análisis Tukey para diámetro.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1	0,29	16	0,05	A
2	0,61	16	0,05	B
3	0,72	16	0,05	B C
4	0,83	16	0,05	C D
0	0,99	16	0,05	D

En el diámetro, las diferencias entre tratamientos fueron marcadas, lo que se puede evidenciar en el tratamiento 1, el de mayor concentración de pesticida, siendo este aislado en el grupo A. La diferencia más marcada se encuentra en los tratamientos 0 y 1 con una diferencia de 0,7 cm de diámetro en las plántulas de cada tratamiento.

Tabla 24.
Análisis de varianza para peso seco aéreo.

Variable	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	f	p-valor
Modelo	27,36	4	6,84	39,32	<0,0001
Tratamiento	27,36	4	6,84	39,32	<0,0001
Error	13,05	75	0,17		
Total	40,41	79			

Tabla 25.
Análisis Tukey para peso seco aéreo.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1	0,8	16	0,1	A
2	1,01	16	0,1	A
3	1,65	16	0,1	B
0	2,07	16	0,1	C
4	2,31	16	0,1	C

El peso seco de la parte aérea de las plántulas de la especie *Tecoma stans* tuvo diferencias significativas entre los tratamientos con mayor concentración de pesticida y los de menor concentración, incluso llegando a ser agrupados en un mismo grupo C al tratamiento 4 que contiene pesticida y al testigo que solo tenía agua de llave reposada.

Es claro que el pesticida afectó al follaje de las plántulas, al número de hojas y ramificaciones que se desarrollarían en ambientes naturales, lo que permite inferir que el pesticida afectó directamente al desarrollo normal natural de las plántulas de *Tecoma stans*.

Tabla 26.
Análisis de varianza para peso seco de raíz.

Variable	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	f	p-valor
Modelo	24,31	4	6,08	23,02	<0,0001
Tratamiento	24,31	4	6,08	23,02	<0,0001
Error	19,8	75	0,26		
Total	44,11	79			

Tabla 27.
Análisis Tukey para peso seco de raíz.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1	0,91	16	0,13	A
2	0,94	16	0,13	A
3	1,58	16	0,13	B
4	2	16	0,13	B C
0	2,28	16	0,13	C

Del mismo modo, los pesos secos de las raíces de las plántulas tuvieron diferencias importantes entre tratamientos, como fue esperado, los tratamientos con mayor influencia negativa fueron el 1 y 2, mientras que el 3 y 4 no tuvieron una clara influencia en la raíz de las plántulas.

Se puede decir que en este estudio, el contaminante fue capaz de afectar las raíces de las plántulas en concentraciones elevadas, lo que puede desencadenar en problemas para el correcto desarrollo de las demás partes de las plántulas ya que de la calidad de la raíz depende en gran cantidad de una plántula sana.

- ***Alnus acuminata* (Aliso)**

Tabla 28.
Análisis de varianza para tamaño.

Variable	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	f	p-valor
Modelo	8,48	4	2,12	6,44	0,0003
Tratamiento	8,48	4	2,12	6,44	0,0003
Error	17,45	53	0,33		
Total	25,93	57			

Tabla 29.
Análisis Tukey para tamaño.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
4	0,74	14	0,15	A
2	0,89	10	0,18	A
3	1,4	13	0,16	A B
1	1,42	9	0,19	A B
0	1,76	12	0,17	B

En la especie *Alnus acuminata*, el resultado que arrojó el análisis estadístico no fue el esperado ya que las diferencias significativas entre tratamientos se vieron afectadas en un orden tal que el tratamiento 4, que es el de menor concentración

de contaminante, fue el más afectado con un resultado de 0,74 cm.

Los tratamientos 1 y 0 se relacionaron mediante el grupo B en el análisis Tukey, lo que significa que es probable que el pesticida organofosforado en el tamaño de las plántulas en la especie *Alnus acuminata* no tenga un efecto negativo y no genera cambios significativos en concentraciones altas.

Tabla 30.
Análisis de varianza para el diámetro.

Variable	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	f	p-valor
Modelo	6,52	4	1,63	5,26	0,0016
Tratamiento	6,52	4	1,63	5,26	0,0016
Error	12,69	41	0,31		
Total	19,21	45			

Tabla 31.
Análisis Tukey para diámetro.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
3	-1,46	9	0,19	A
4	-1,2	8	0,2	A B
2	-1,15	8	0,2	A B
1	-1,13	6	0,23	A B
0	-0,48	15	0,14	B

En lo que respecta al diámetro de las plántulas, las diferencias no estuvieron altamente marcadas entre los tratamientos en general, a excepción de la relación entre el tratamiento 3 y el testigo (T0), que estuvieron separados por grupos diferentes, siendo estos dos tratamientos los únicos en no tener relación alguna.

Tabla 32.
Análisis de varianza para peso seco aéreo.

Variable	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	f	p-valor
Modelo	47,64	4	11,91	4,32	0,0034
Tratamiento	47,64	4	11,91	4,32	0,0034
Error	206,64	75	2,76		
Total	254,28	79			

Tabla 33.
Análisis Tukey para peso seco aéreo.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1	2,11	16	0,41	A
2	2,34	16	0,41	A
3	3,24	16	0,41	A B
4	3,57	16	0,41	A B
0	4,19	16	0,41	B

Los pesos en seco de la especie *Alnus acuminata* se vieron en cierto grado más afectados que los parámetros de diámetro y tamaño, en el caso de la parte aérea, el tratamiento testigo en el que se usó solamente agua de llave y los tratamientos 3 y 4, estuvieron agrupados en A y B, lo que representa que la calidad de la las hojas, ramas y tallo si se pueden ver afectadas por el pesticida organofosforado, en función de la capacidad de las plántulas para desarrollarse y permitir así que el follaje aumente su volumen.

Por otro lado, los tratamientos 1 y 2 tuvieron diferencia marcadas mayormente en comparación con los demás, con medias que no superan los 2,4 gramos, mientras que en los demás tratamientos las medias de peso seco aéreo de la plántula, superaron los 3,2 gramos.

Tabla 34.
Análisis Tukey para peso seco aéreo.

Variable	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	f	p-valor
Modelo	28,44	4	7,11	4,48	0,0027
Tratamiento	28,44	4	7,11	4,48	0,0027
Error	119,05	75	1,59		
Total	147,49	79			

Tabla 35.
Análisis Tukey para peso seco de raíz.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1	1,26	16	0,31	A
2	1,88	16	0,31	A B
3	2,24	16	0,31	A B
4	2,71	16	0,31	B
0	2,92	16	0,31	B

En la parte de la raíz, los resultados tuvieron diferencias significativas en lo que respecta a los tratamientos con concentraciones menores y el testigo sobre el tratamiento 1. Es posible sugerir que el pesticida organofosforado en concentraciones altas, es capaz de influir en el desarrollo normal de la plántula en función del enraizamiento que es un proceso vital en la vida de las plantas.

4.3. pH y conductividad en los tratamientos

Tabla 36.
Datos fisicoquímicos de los tratamientos.

Tratamiento	Conductividad (uS/cm)	ph
0	486	6,8
1	198	7,9
2	197	7,8
3	189	7,3
4	179	7,2

4.4. Correlación de Pearson

4.4.1. Semillas

- *Tecoma stans* (Cholán)

Tabla 37.
Correlación de Pearson.

	Germinación	Longitud Radicular	GR	CCR	G	ITR	ITG
Conductividad	0,81	0,07	0,02	0,05	0,01	0,03	0,07
pH	0,17	0,03	0,19	0,08	0,12	0,21	0,07

La conductividad influyó en un 81% a la germinación de la especie *Tecoma stans*, siendo este el dato más relevante. En cuanto al pH, este parámetro no influyó directamente sobre ningún parámetro tomado sobre las semillas.

Desde un punto de vista general, los parámetros tomados a los tratamientos problema (concentraciones de pesticida organofosforado) y el tratamiento testigo, no tuvieron un efecto considerable sobre el desarrollo de los bioensayos con semillas en la especie *Tecoma stans*.

- ***Alnus acuminata* (Aliso)**

Tabla 38.
Correlación de Pearson.

	Germinación	Longitud Radicular	GR	CCR	G	ITR	ITG
Conductividad	0,21	0,1	0,3	0,31	0,28	0,29	0,31
pH	0,01	0,04	0,08	0,21	0,09	0,07	0,21

Sobre los bioensayos en la especie *Alnus acuminata*, los parámetros de conductividad y pH no tuvieron efecto alguno sobre los parámetros de las plantulas.

4.4.2. Plántulas

- ***Tecoma stans* (Cholán)**

Tabla 39.
Correlación de Pearson.

	Diámetro	Altura	Peso Aéreo	Peso Raíz	coef. Dickson
Conductividad	0,20	0,20	0,51	0,26	0,31
pH	0,02	0,02	0,03	0,00	0,00

La correlación resultante entre los datos biológicos obtenidos de las plántulas de *Tecoma stans* y los parámetros de conductividad y pH de los tratamientos no arrojó resultados verdaderamente influyentes, lo que significa que los parámetros fisicoquímicos no interfirieron en el desarrollo de las plántulas.

- ***Alnus acuminata* (Aliso)**

Tabla 40.
Correlación de Pearson.

	Diámetro	Altura	Peso Aéreo	Peso Raíz	coef. Dickson
Conductividad	0,07	0,02	0,21	0,32	0,23
pH	0,07	0,14	0,00	0,02	0,00

De la misma manera en la especie *Alnus acuminata* no se evidenciaron porcentajes influyentes por parte de los parámetros físico químicos de los tratamientos sobre los parámetros tomados en las plántulas.

5. DISCUSIÓN

El presente estudio investigativo mostró que el Quizalofop no presenta efectos fitotóxicos en la germinación de *Alnus acuminata* y *Tecoma stans*, ya que el proceso germinativo de ambas especies se llevó a cabo con normalidad y no existieron diferencias significativas entre tratamientos, como lo estipula (Hervas, 2013) que muestra que la germinación no se vio afectada en *Solanum betaceum* cuando se aplicó un pesticida similar.

En el caso del crecimiento radicular, *Alnus acuminata* presentó efectos fitotóxicos como se muestra en las tablas 16 y 17, cualitativamente mostró una característica particular que fue el color café en la radícula, consecuencia que deriva de la aplicación de pesticida, como lo señala (Nureña, 2014), donde muestra el impacto negativo sobre la calidad radicular de *Rhapanus sativus* y *Beta vulgaris*. En otro caso similar, donde (Blanco, 2009), aplica carbamatos a la

especie *Vicia faba* (especie con semillas similares a *Alnus acuminata*) y esta muestra afectaciones en la primera etapa de desarrollo.

Las especies estudiadas no mostraron efectos fitotóxicos en germinación, por el contrario, el crecimiento radicular tuvo un impacto, afectando mayormente a *Alnus acuminata*, que presentó efectos fitotóxicos sobre su crecimiento radicular, que fueron de toxicidad baja a media en una relación directa a la concentración de Quizalofop, lo que señala (Rodríguez, 2014), cuando afirma el efecto negativo que tuvo agua contaminada con diferentes compuestos entre ellos clorados, sobre semillas de características similares a las especies usadas en este estudio.

La especie *Tecoma stans* se vio más afectada en cuanto al vigor de sus plántulas, en el caso del diámetro se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento 1 (mayor concentración de pesticida) y el testigo (T0), lo cual muestra una influencia de los tratamientos problema sobre el vigor de las plántulas de *Tecoma stans*, comparándose con el estudio realizado por (Donaldo, 2014), que sometió a plántulas de *Phaseolus vulgaris* a situaciones de estrés hídrico, demostrando que es posible que la calidad de las plántulas en función de su vigor se vea afectada.

Ambas especies en estudio tuvieron afectaciones en el peso aéreo de las plántulas, de baja calidad y cantidad de ramas y hojas, que derivaron en diferencias significativas en relación al tratamiento testigo (T0), lo que se puede explicar gracias a (Montico, 2015), que afirma que el follaje puede llegar a absorber un 25% del pesticida que sea usado, porcentaje considerable que puede desencadenar en una reducción de la cantidad de ramificaciones y hojas en las plántulas para posteriormente reducir la masa vegetal aérea de las mismas.

Una de las consecuencias del uso de pesticidas puede derivar en problemas a nivel del sistema radicular de las plántulas, los resultados de este estudio mostraron que *Tecoma stans* y *Alnus acuminata* se vieron afectadas en función

del crecimiento de la raíz, que se evidencia en las tablas 27 y 35, que muestran las diferencias significativas que hubo entre tratamientos con respecto a la masa radicular, en relación a la concentración de Quizalofop (a más concentración, menor masa radicular), en una comparación con el estudio de (Rodríguez, 2016), que permite ver la afectación que tuvo un herbicida orgánico sobre el crecimiento de la raíz en plantas de *Solanum lycopersicum*.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

La germinación de semillas en *Alnus acuminata* y *Tecoma stans* no se vio afectada por el Quizalofop en ninguna de las concentraciones.

El Quizalofop no afectó el desarrollo radicular de *Tecoma stans* en ninguna concentración. En tanto que en *Alnus acuminata* si se vio afectado, mostrando así un menor crecimiento radicular y mayor necrosis a medida que aumentaba la concentración del pesticida organofosforado.

La calidad de las plántulas de *Alnus acuminata* y *Tecoma stans* se vio afectada por la aplicación de Quizalofop. Los tratamientos que tuvieron las concentraciones más altas del pesticida organofosforado, fueron los que mostraron una calidad baja.

Los parámetros de peso aéreo y tamaño de las plántulas fueron los más afectados por la aplicación de Quizalofop, en ambas especies de estudio, mostrando una relación inversamente proporcional entre tamaño y peso aéreo contra las concentraciones de pesticida organofosforado. No existió una correlación entre el pH y la conductividad de los tratamientos con los parámetros biológicos de semillas y plántulas en ninguna de las especies de estudio.

6.2. Recomendaciones

Se recomienda ampliar las especies estudiadas para así, en un futuro poder tener una base de datos por especie.

Se recomienda realizar estudios toxicológicos en plantas nativas.

Se recomienda ampliar el espectro en las concentraciones de pesticida.

REFERENCIAS

- Adolfo, A., López, C., Aboites, R., Eréndira, H., y Herrera, R. (2017). Rentabilidad de la producción agrícola desde la perspectiva de los costos reales: municipios Pueblo Llano y Rangel del estado Mérida, Venezuela. *Visión Gerencial*, 2, 217–232. Recuperado el 17 de diciembre de 2018 de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=465552407013>
- Badii, M., y Varela, S. (2008). Insecticidas Organofosforados: Efectos sobre la Salud y el Ambiente. *Culcyt*, 28, 5–17. Recuperado el 02 de noviembre de 2018 de https://www.researchgate.net/publication/28249214_Insecticidas_Organofosforados_efectos_sobre_la_Salud_y_el_Ambiente
- Bedmar, F. (2011). Informe especial sobre los plaguicidas. ¿Qué son los plaguicidas?. *Ciencia Hoy*, 21(122), 9–16. Recuperado el 01 de enero de 2019 de <https://www.agro.uba.ar/users/semmarti/Usotierra/CH%20Plaguicidas%20fin.PDF>
- Blanco, E. L., Marquina, M., y Castro, Y. (2009). Efectos de carbamatos sobre la viabilidad de rizobios y la germinación de Vicia faba L. *ULA Ciencias*, 1, 1–2. Recuperado el 05 de noviembre de 2018 de https://www.researchgate.net/publication/326986029_Efectos_de_carbamatos_sobre_la_viabilidad_de_rizobios_y_la_germinacion_de_Vicia_faba_L
- Bórtoli, P. V., Verdenelli, R. A., Conforto, C., Vargas Gil, S., y Meriles, J. M. (2012). Efectos del herbicida glifosato sobre la estructura y el funcionamiento de comunidades microbianas de dos suelos de plantaciones de olivo. *Ecología Austral*, 22(1), 33–42. Recuperado el 18 de octubre de 2018 de https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/ecologiaaustral/ecologiaaustral_v022_n01_p033.pdf
- Bredow, E., y Wisniewski, C. (2009). *Potential of dispersion of tecomastans and chemical attributes of some soils of the paraná state*. *Cerne*, 15(1), 27–

34. Recuperado el 05 de noviembre de 2018 de <http://cerne.ufla.br/site/index.php/CERNE/article/view/214>
- Cano, C. G. (2014). Carestía E Inflación: Qué Esperar De La Política Agrícola Y Los Gravámenes a La Tierra Y El Carbono. *Revista Javeriana: Biodiversidad y Conservación*, 150, 12–25. Recuperado el 20 de diciembre de 2018 de <http://www.banrep.gov.co/es/borrador-836>
- Cavanaugh, M. M. (2017). Las pesticidas en Argentina: la tensión entre proteger o producir. *Honors Research Projects*, (568). Recuperado el 05 de mayo de 2019 de https://ideaexchange.uakron.edu/honors_research_projects/568
- Del Puerto, A., Suárez, S., y Palacio, D. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 38(2), 119–128. Recuperado el 03 de junio de 2019 de <https://doi.org/1561-3003>
- Devine, G., Eza, D., Ogusuku, E., y Furlong, M. (2008). Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 25(1), 74–100. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2008.251.1241>
- Díaz, A. P., y Fernández, P. (2002). Determinación del tamaño muestral para calcular la significación del coeficiente de correlación lineal. *FISTERRA*, 1, 1–6. Recuperado el 05 de enero de 2019 de <https://www.fisterra.com/gestor/upload/guias/pearson2.pdf>
- Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. (2010). Evaluación de tres tratamientos pregerminativos con cuatro tipos de sustratos para la propagación de pumamaqui. (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Recuperado el 14 de octubre de 2018 de <http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/716/1/33T0072.pdf>
- Fachelli, S., y Lopez, P. (2015). Metodología de la Investigación Social Cuantitativa. In *Universidad Autónoma de Barcelona*. <https://doi.org/10.1344/reyd2018.17.13>
- Fernández, D., Mancipe, L., y Fernández, D. (2010). Intoxicacion por Organofosforados. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

- UPTC, 18(49), 84–92. Recuperado el 20 de diciembre de 2018 de <http://www.scielo.org.co/pdf/med/v18n1/v18n1a09.pdf>
- FONAG. (2009). Plan De Manejo Integ Rado De Los Recursos Hídricos En La Cuenca Alta Del Río Guayllabamba. BID Banco Interamericano de Desarrollo Económico y FONAG Fondo Para La Protección Del Agua., Recuperado el 18 de enero de 2019 de <http://www.fonag.org.ec/aguafondo/pmrhg050110.pdf>.
- INEC. (2013). Uso de plaguicidas en la agricultura. *Ecuadorencifras*, p. 15. Recuperado el 15 de noviembre de 2018 de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/plaguicidas/Plaguicidas-2013/Documento_Tecnico-Uso_de_Plaguicidas_en_la_Agricultura_2013.pdf
- INIAP. (2011). Insecticidas de Uso agrícola en el Ecuador. INIAP 402, 8. Recuperado el 05 de enero de 2019 de <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1253/1/INIAP%20bolet%C3%ADn%20divulgativo%20401.pdf>
- Jadán, O., Cedillo, H., Pillacela, P., Guallpa, D., Gordillo, A., Zea, P., y Vaca, C. (2019). Regeneración de *Pinus patula* (Pinaceae) en ecosistemas naturales y plantaciones, en un gradiente altitudinal andino, Azuay, Ecuador. *Revista de Biología Tropical*, 67(1), 182–195. <https://doi.org/10.15517/rbt.v67i1.32940>
- Jar, A. M. (2014). Bienestar animal y el uso de animales de laboratorio en la experimentación científica Animal. Regulaciones internacionales que sirven de guía. *Revista Argentina de Micrología*, 46(2), 77–79. [https://doi.org/10.1016/S0325-7541\(14\)70051-3](https://doi.org/10.1016/S0325-7541(14)70051-3)
- Jaramillo, B., Palacio, F., & Pérez, I. (2016). Residuos de pesticidas organofosforados en frutas obtenidas de plazas de mercado y supermercados en Cartagena, Colombia. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 25(4), 39–46. Recuperado el 03 de junio de 2019 de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=123044145&lang=es&site=ehost-live>

- Jusidman, C. (2014). El derecho a la alimentación como derecho humano. *Salud Pública de Mexico*, 56(1), 86–91. Recuperado el 01 de junio de 2019 de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=96928744&lang=es&site=ehost-live>
- Khatak, S., Malik, D. K., y Dahiya, R. (2019). *Tecoma stans*: A noxious weed put to beneficial use. *International Journal of Chemical Studies*, 7(3), 296–299. Recuperado el 20 de diciembre de 2018 de <http://www.chemijournal.com/archives/?year=2019&vol=7&issue=3&ArticleId=5539&si=false>
- Martinez, A. M. (2006). Consecuencias ambientales de uso de pesticidas. *The Journal of Agricultural Science*, 21(122), 31-43. Recuperado el 02 de junio de 2019 de <http://dx.doi.org/10.1017/S0021859605005708>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2012). Sistema de Clasificación de ecosistemas del Ecuador Continental. *Subsecretaría de Patrimonio Natural*. Quito., 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Molina, J. A., Cardona, C. C., García, M., y Ortíz, A. M. (2016). Inseguridad alimentaria en la cordillera del Quindío 2014-2016: un obstáculo para el desarrollo humano. *Contexto*, 5, 33–44. <https://doi.org/10.18634/ctxj.5v.0i.650>
- Monteros, A., Gaethe, R., Lema, V., Salazar, C., Sanchez, R., y Llive, F. (2016). Panorama Agroeconómico Ecuador 2016. *Jel*, 15. Recuperado el 29 de mayo de 2019 de http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/panorama_agroeconomico_ecuador2016.pdf
- Montico, S., y Di Leo, N. (2015). Riesgo ambiental por pesticidas en una cuenca del sur de la provincia de santa fe, Argentina. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 31(2), 165–172. Recuperado el 03 de enero de 2019 de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992015000200006

- Morales, D., Dell' Amico, J., Jerez, E., Rodríguez, P., Álvarez, I., Díaz, Y., y Martín, R. (2014). Efecto del quitomax en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sometidas a dos regímenes de riego. *INCA*, 38, 119–128. Recuperado el 05 de noviembre de 2018 de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362017000200018&lng=es&nrm=iso
- Naranjo, A. (2017). *La Otra Guerra: La situación de los plaguicidas en El Ecuador* (1.ª ed.). Quito, Ecuador.
- Norden, N. (2014). Del Porqué La Regeneración Natural Es Tan Importante Para La Coexistencia De Especies En Los Bosques Tropicales. *Colombia Forestal*, 17(2), 247–261. Recuperado el 04 de junio de 2019 de <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2014.2.a08>
- Nureña, B., y Padilla, S. E. (2014). *Ecotoxicological effects of lead on the root growth of Raphanus sativus and Beta vulgaris under laboratory conditions*. *Sciéndo*, 16(1), 28–36. Recuperado el 26 de febrero de 2019 de http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/viewFile/626/pdf_2
- Obiolis, J. (1999). Plaguicidas organofosforados: aspectos generales y toxicocinética. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España. Recuperado el 15 de enero de 2019 de https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_512.pdf
- Oliva, M., y Rimachi, S. (2018). Enraizamiento de estaquillas de aliso *Alnus acuminata* H.B.K. a partir de árboles plus en el distrito de Molinopampa (Amazonas). *Agroproducción Sustentable*, 2(1), 14–20. <https://doi.org/10.25127/aps.20181.379>
- Organización Mundial de la Salud, y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). Manual sobre la elaboración y uso de las especificaciones de plaguicidas de la FAO y la OMS: Tercera revisión de la primera edición. Recuperado el 30 de mayo de 2019 de <http://www.fao.org/3/a-i5713s.pdf>

- Palacios, W. A., y Jaramillo, N. (2016). Árboles amenazados del Chocó ecuatoriano. *Avances En Ciencias e Ingeniería*, 8(14), 51–60. <https://doi.org/10.18272/aci.v8i1.508>
- Penagos, C., Restrepo, R., Delgado, D., Bautista, J., Valencia, F., Castaño, J., y Ortega, J. (2005). Guías silviculturales para el manejo de especies forestales con miras a la producción de madera en la zona andina colombiana: El Aliso o Cerezo (*Alnus acuminata* H.B.K. ssp. *acuminata*). *CENICAFÉ*, 1, 37. Bogotá. Recuperado el 17 de octubre de 2018 de <https://www.cenicafe.org/es/publications/aliso.pdf>
- Peñaherrera, L. (2013). Situación actual sobre el uso del glifosato en Ecuador. *INIA*, 10, 145–148. Recuperado el 17 de octubre de 2018 de https://www.researchgate.net/publication/304149389_Situacion_actual_sobre_el_uso_del_glifosato_en_Ecuador
- Pórfido, E. (2014). Los Plaguicidas en la República Argentina (1ª ed.; E. Butler, E. de Titto, P. Issaly, & R. Benítez, Eds.). Buenos Aires: Ministerio de Salud de La Nación. Recuperado el 15 de noviembre de 2018 de http://www.msal.gob.ar/images/stories/bes/graficos/0000000341cnt-14-Plaguicidas_Argentina.pdf
- Repetto, G., Álvarez, C., y Del Peso, A. (2014). Estrategias de identificación de planteamientos alternativos a la experimentación animal. *Revista de Toxicología*, 31(2), 108–114. Recuperado el 01 de junio de 2019 de <http://rev.aetox.es/wp/wp-content/uploads/hemeroteca/vol31-2/669-2540-1-PB.pdf>
- Rodríguez Dueñas, A., y Proaño Rivera, I. (2016). Quito siembra: agricultura urbana (ConQuito). Recuperado el 27 de mayo de 2019 de http://www.conquito.org.ec/wp-content/uploads/2016/11/QUITO_SIEMBRA_AGRICULTURA_URBAN_A_CONQUITO.pdf
- Rodríguez H., J., y Plaza, G. (2016). *Effect of hydroxy-carboxylic acids on the bio-regulation of stress caused by herbicides in tomato crops*. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 10(1), 66–79 <https://doi.org/10.17584/rcch.2016v10i1.4276>

- Rodríguez, A. J., Robles, C. A., Ruíz, R. A., López, E., Sedeño, J. E., y Rodríguez, A. (2014). *Seed germination and root elongation test of Lactuca sativa for biomonitoring water quality of the Chalma river. Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 30(3), 307–316. Recuperado el 14 de marzo de 2019 de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000300007
- Rueda, A., Benavides, J. D. D., Saenz, J. T., Muñoz, H. J., Prieto, J. Á., y Orozco, G. (2018). Calidad de planta producida en los viveros forestales de nayarit. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5(22), 58–73. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v5i22.350>
- Rueda, A., Benavides, J. D. D., Prieto, J. Á., Sáenz, J. T., Orozco, G., y Molina, A. (2018). Calidad De Planta Producida En Los Viveros Forestales De Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 3(14), 71–82. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v3i14.475>
- Sánchez, L., Marcela, G., Saavedra, A., Jimenez, P., Campos, C., Salcedo, T. C., Barreto De Escovar, L. (2009). EL ALISO (*Alnus acuminata* H.B.K.) como alternativa silvopastoril en el manejo sostenible de praderas en el trópico alto Colombiano (1ra ed.). Recuperado el 25 de mayo de 2019 de www.corpoica.org.co
- Universidad Politécnica Salesiana. (2011). Plantas Altoandinas del Ecuador. *Universidad Politécnica Salesiana*, 8, 54. Recuperado el 15 de octubre de 2018 de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6112/1/Plantas%20altoandinas%20del%20Ecuador.pdf>
- Universidad Técnica Estatal de Quevedo. (2013) Influencia de cuatro fungicidas sobre la germinación de granos de polen en tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.). (Tesis de pregrado). Universidad técnica estatal de quevedo . Recuperado el 15 de noviembre de 2018 de <http://biblioteca.uteq.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=2275>

- Williams, L. J., y Abdi, H. (2010). *Tukey's Honestly Significant Difference (HSD) Test*. In *Research Design* (pp. 2–6). Recuperado el 05 de enero de 2019 de https://www.researchgate.net/profile/Lynne_Williams/publication/237426041_Tukey's_Honestly_Signiflcant_Diference_HSD_Test/links/00463528e752ddb7f3000000.pdf
- Yucra, S., Gasco, M., Rubio, J., y Gonzales, G. F. (2008). Exposición ocupacional a plomo y pesticidas órganofosforados: efecto sobre la salud reproductiva masculina. *Medicina Experimentalis*, 25(4), 394–402. Recuperado el 15 de enero de 2019 de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-46342008000400009&script=sci_abstract
- Zárate Martín, M. A. (2015). Agricultura urbana, condición para el desarrollo sostenible y la mejora del paisaje. *Anales de Geografía de La Universidad Complutense*, 35(2), 167–194. https://doi.org/10.5209/rev_aguc.2015.v35.n2.50119

